МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ НАУК УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНЕ КОСМІЧНЕ АГЕНТСТВО УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ДП «АНТОНОВ»

МАТЕРІАЛИ

XI МІЖНАРОДНОЇ НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ "АВІА-2013"

21-23 травня

Том 1

КИЇВ 2013

Матеріали XI міжнародної науково-технічної конференції „АВІА-2013”. – Т.1. –К.: НАУ, 2013.

СПІВОРГАНІЗАТОРИ

- National Aviation Academy State “Azerbaijan Hava Yollari” Closed Join-Stock Company, Azerbaijan
- Georgian Aviation University, Georgia
- JSC “Civil Aviation Academy”, Kazakhstan
- Nanchang Hangkong University, China
- Vilnius Gediminas Technical University, Lithuania
- The State School of Higher Education in Chelm, Poland
- Moscow State Technical University of Civil Aviation, Russia
- The International University of Logistics and Transport in Wroclaw, Poland
- Polish – Ukrainian Research Institute, Poland-Ukraine

За науковий зміст викладеного матеріалу відповідають автори.

РОБОЧИЙ ОРГКОМІТЕТ

XI Міжнародної науково-технічної конференції **"АВІА-2013"**

Голова оргкомітету

Кулик М.С. — ректор Національного авіаційного університету

Заступник голови

Харченко В.П. — проректор університету з наукової роботи

Члени оргкомітету:

Азарсков В.М.	в.о. директора Інституту аерокосмічних систем управління
Васильєв В.М.	директор Інституту аеронавігації
Гудманян А.Г.	директор Гуманітарного інституту
Запорожець О.І.	в.о. директора Інституту екологічної безпеки
Зарубінська І.Б.	проректор з міжнародних зв'язків
Матвєєв В.В.	директор Інституту економіки та менеджменту
Сопілко І.М.	директор Юридичного інституту
Суслова Г.А.	заступник директора інституту ІСАО
Фоменко А.М.	директор Інституту міжнародних відносин
Філоненко С.Ф.	директор Інституту інформаційно-діагностичних систем
Чемакіна О.В.	в.о. директора Інституту аеропортів
Шмаров В.М.	директор Аерокосмічного інституту
Юдін О.К.	директор Інституту комп'ютерних інформаційних технологій

Секретаріат конференції:

Голова секретаріату

Зайцев Ю.В. — начальник відділу НТІ та ІВ

Члени секретаріату:

Газдюк Р.В.	співробітник відділу НТІ та ІВ
Шепель О.Ю.	співробітник відділу НТІ та ІВ
Рибалко О.Л.	співробітник відділу НТІ та ІВ
Ільченко В.М.	помічник проректора з наукової роботи
Корбут Л.А.	начальник відділу науково-методичного забезпечення діяльності

ПЕРЕЛІК І ЗМІСТ ТОМІВ

ТОМ 1
Секція 1. Вимірювання, контроль, діагностика
Секція 2. Інформаційна безпека
Секція 3. Спеціалізовані комп'ютерні системи та CALS-технології в авіації
Секція 4. Новітні інформаційні технології в авіації
Секція 5. Комп'ютерні системи
Секція 6. Математичне моделювання та чисельні методи

ТОМ 2
Секція 7. Системи зв'язку навігації та спостереження
Секція 8. Організація та обслуговування повітряного руху
Секція 9. Дистанційно-пілотовані літальні апарати
Секція 10. Радіоелектронні пристрої, системи та комплекси
Секція 11. Спеціальні телекомунікаційні системи
Секція 12. Авіаційна англійська мова та безпека польотів
Секція 13. Стан та перспективи розвитку авіоніки

ТОМ 3
Секція 14. Енергетичне устаткування
Секція 15. Сучасні триботехнології в авіаційному та загальному машинобудуванні
Секція 16. Сучасні аеропортові технології
Секція 17. Сучасні технології підтримки льотної придатності повітряних суден
Секція 18. Автоматизація та енергозбереження на транспорті
Секція 19. Аеродинаміка та безпека польотів
Секція 20. Втома і руйнування авіаційних конструкцій

ТОМ 4
Секція 21. Автоматизовані системи управління технологічними процесами
Секція 22. Керування складними системами
Секція 23. Моделювання в електротехніці, електроніці та світлотехніці
Секція 24. Електроніка
Секція 25. Міське, промислове, цивільне та транспортне будівництво
Секція 26. Технічна естетика, архітектура та дизайн
Секція 27. Дистанційні аерокосмічні дослідження

ТОМ 5
Секція 28. Хімічна технологія та інженерія
Секція 29. Біотехнологія в авіації
Секція 30. Землеустрій, картографія та кадастр
Секція 31. Авіаційна хіммотологія
Секція 32. Екологічна безпека

ТОМ 6
Секція 33. Економічні та управлінські бізнес-процеси розвитку авіаційних підприємств
Секція 34. Сучасна журналістика: соціальна місія і професія
Секція 35. Туризм
Секція 36. Інформаційно-правові засади міжнародних відносин
Секція 37. Міжнародні економічні відносини в умовах глобалізації
Секція 38. Міжнародно-правова регламентація повітряного простору
Секція 39. Мовна підготовка фахівців авіаційної галузі
Секція 40. Психологія безпечної експлуатації авіаційного транспорту
Секція 41. Людиновимірність авіації в глобалізованому світі

ЗМІСТ

Секція 1. Вимірювання, контроль, діагностика

О.В. Дергунов
АНАЛІЗ ШЛЯХІВ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИХРОСТРУМОВОГО КОНТРОЛЮ 1.1

В.С. Єременко, А.В. Переїденко
ЗАСТОСУВАННЯ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ ДЛЯ ВИЯВЛЕННЯ ТА КЛАСИФІКАЦІЇ ДЕФЕКТІВ СТІЛЬНИКОВИХ ПАНЕЛЕЙ ПРИ БАГАТОПАРАМЕТРОВОМУ НЕРУЙНІВНОМУ КОНТРОЛІ 1.5

І.М. Бистра, Ю.В. Куц, Ю.А. Олійник, В.К. Цапенко
АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ ФАЗОВОГО МЕТОДУ ВИЯВЛЕННЯ СИГНАЛІВ УЛЬТРАЗВУКОВОГО КОНТРОЛЮ 1.9

А. А. Гагарин, И.В. Мирошниченко
ШЕРОХОВАТОСТЬ КАК ГЕОМЕТРИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПОВЕРХНОСТЕЙ ИЗДЕЛИЙ АВИАЦИОННОЙ ТЕХНИКИ 1.13

В.С. Єременко, П.А. Шегедін, Є.Ф. Суслов, А.О. Єпіфанова
ІНФОРМАЦІЙНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СИСТЕМИ КОНТРОЛЮ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ СТРУМОПРИЙМАЧА ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ 1.17

Г.В. Соколовська, Л.М. Щербак
СИСТЕМИ ВИМІРЮВАНЬ ХАРАКТЕРИСТИК РАДІОСИГНАЛІВ 1.21

С.Ф. Филоненко, А.П. Космач
МОДЕЛИРОВАНИЕ АКУСТИЧЕСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ПРИ ИЗМЕНЕНИИ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПОВЕРХНОСТЕЙ ТРЕНИЯ ИЗ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ 1.25

Н.Б. Марченко, Л.М. Щербак
ЗАДАЧІ ЦИФРОВОЇ ОБРОБКИ ДВОВИМІРНИХ СИГНАЛІВ 1.30

О.В. Самойліченко, М.Л. Степаненко
АНАЛІЗ АЛЬТЕРНАТИВНИХ МЕТОДІВ ОЦІНЮВАННЯ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ ПРОБОВІДБОРУ СТАНДАРТНИХ ЗРАЗКІВ 1.34

С.Ф. Філоненко, Т.В. Німченко
КОНТРОЛЬ ПРОЦЕСІВ АЛМАЗНОГО МІКРОТОЧІННЯ АЛЮМІНІЄВИХ ДЗЕРКАЛ ЗА ДОПОМОГОЮ АКУСТО-ЕМІСІЙНОЇ СИСТЕМИ 1.38

М.А. Смирный, Я.Б. Тарасова
СВЕРХБЫСТРЫЙ АНАЛИЗ ВКЛЮЧЕНИЙ В АЛЮМИНИИ И ЕГО СПЛАВАХ. АНАЛИЗАТОР МЕТАЛЛОВ ARL 44600 СО СТНАДАРТНОЙ ОПЦИЕЙ SPERK-DAT. АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОТЧЕТ №41233 1.42

О.І. Мотлях, А.О. Потильчак
ІНСТРУМЕНТАЛЬНА ДЕТЕКЦІЯ ТА НОВІТНІ ТЕХНОЛОГІЇ В МЕХАНІЗМІ ЇЇ УДОСКОНАЛЕННЯ 1.45

Є.А. Реуцький, Л.М. Щербак
ЗАДАЧІ МОНІТОРИНГУ МЕТРОЛОГІЧНОЇ НАДІЙНОСТІ ЗАСОБІВ ВИМІРЮВАЛЬНОЇ ТЕХНІКИ 1.49

И.П. Белокур, Ю.О. Гордонная
ФОРМИРОВАНИЕ КОМПЕТЕНТНОСТИ ПЕРСОНАЛА ПО ТЕХНІЧЕСКОМУ КОНТРОЛЮ АВИАЦИОННОЙ ТЕХНИКИ 1.53

Д.П. Орнатський, Л.М. Щербак, В.А. Готович, О.В. Кармазін
СТРУКТУРА АВТОНОМНОГО ЗАСОБУ КОНТРОЛЮ ХАРАКТЕРИСТИК ЯКОСТІ ЕЛЕКТРОСПОЖИВАННЯ 1.57

В.М. Ільченко, Т.І. Ганєва
ОЦІНКА НАВАНТАЖЕННЯ, ЩО ДІЮТЬ НА РЕСОРИ В УМОВАХ ЕКСПЛУАТАЦІЇ 1.61

В.П. Квасніков, Т.І. Ганєва
МОДЕЛІ ОЦІНКИ ВИБОРУ ОСНОВНИХ ФУНКЦІОНАЛЬНИХ ПАРАМЕТРІВ РЕСОР 1.65

Ю.П. Лещенко
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ РОБОТОТЕХНІЧНІ СИСТЕМИ У ПРИЛАДОБУДУВАННІ 1.69

О.І. Осмоловський, В. В. Воєвода
АВТОМАТИЗАЦІЯ НАСОСНОЇ СТАНЦІЇ НА ОСНОВІ НЕЧІТКОЇ ЛОГІКИ З ВИКОРИСТАННЯМ ВЕЙВЛЕТ-ПЕРЕТВОРЕНЬ 1.73

М.В. Михалко, А.В. Рудик, В.А. Рудик
МЕТОД ВИМІРЮВАННЯ ШУМІВ ОПЕРАЦІЙНИХ ПІДСИЛЮВАЧІВ 1.77

М. М. Клепач, С.С. Міхнєв
ВИБІР ОПТИМАЛЬНОЇ СТРУКТУРИ ШТУЧНОЇ НЕЙРОННОЇ МЕРЕЖІ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ОКТАНОВОГО ЧИСЛА БЕНЗИНІВ 1.81

В.П. Квасніков, В.В. Горін, Вт.В. Горін, Вл.В. Горін
АБСОРБЦІЙНА ХОЛОДИЛЬНА МАШИНА З РЕГЕНЕРАЦІЄЮ ТЕПЛА 1.85

А. В. Журавлев, В.Г. Новосельский, А.В. Ференец
СИСТЕМА ДИАГНОСТИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ ЛЕГКИХ САМОЛЁТОВ 1.89

А.М. Пашаев, И.А. Искендеров, Э.А. Агаев
БЕСКОНТАКТНЫЙ МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЗАГРУЖЕННОСТИ ВОЗДУШНОГО СУДНА ПО ВЕРТИКАЛЬНОМУ ПЕРЕМЕЩЕНИЮ ФЮЗЕЛЯЖА 1.93

А.І. Поточний, І.В. Гладь, М.Й. Федорів
ДОСЛІДЖЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ЕЛЕКТРОСПОЖИВАННЯ КАР'ЄРНОГО ЕКСКАВАТОРА ЕКГ-5А 1.97

В. П. Квасніков, В.В.Кухарчук, В.Ф.Граняк
ФАЗОАМПЛІТУДНИЙ МЕТОД ТА ЗАСІБВИМІРЮВАННЯ ВОЛОГОСТІ ГЕТЕРОГЕННИХ ДИСПЕРСНИХ ДІЕЛЕКТРИКІВ 1.102

О.І. Рибін, А.В. Мовчанюк, Є. В. Гайдаєнко
ВИБІР ОПЕРАЦІЙНОГО ПІДСИЛЮВАЧА ДЛЯ ДЖЕРЕЛА СТРУМУ БАГАТОЧАСТОТНОГО ЕЛЕКТРОІМПЕДАНСНОГО ТОМОГРАФА 1.108

А.В. Никитин
БОРТОВАЯ СИСТЕМА ИЗМЕРЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ВЕТРА НА СТОЯНКЕ И ВЗЛЕТНО-ПОСАДОЧНЫХ РЕЖИМАХ 1.112

Е.С. Солдаткина
ОСОБЕННОСТИ И ХАРАКТЕРИСТИКИ ВИХРЕВОГО ДАТЧИКА АЭРОДИНАМИЧЕСКОГО УГЛА И ВОЗДУШНОЙ СКОРОСТИ 1.116

В.В. Солдаткин
СИСТЕМА ВОЗДУШНЫХ СИГНАЛОВ ВЕРТОЛЕТА НА ОСНОВЕ НЕПОДВИЖНОГО МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНОГО АЭРОМЕТРИЧЕСКОГО ПРИЕМНИКА 1.120

В.М. Солдаткин
СИСТЕМА ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ОДНОВИНТОВОГО ВЕРТОЛЕТА НА СТАРТОВЫХ И ВЗЛЕТНО-ПОСАДОЧНЫХ РЕЖИМАХ 1.125

Duzhak V., Derbaba V. Patsera S.
STATISTIC MODELING OF THE MEASUREMENT ERROR OF THE INVOLUTE DENT GEOMETRY 1.129

Р.Н. Хисамов, С.К. Киселев
ФОРМАЛИЗАЦИЯ И МОДЕЛИРОВАНИЕ ТРЕБОВАНИЙ К СИСТЕМАМ АВИОНИКИ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ РАЗРАБОТКИ 1.133

Секція 2. Інформаційна безпека

К.П. Ануфрієнко, А.Б. Бородуліна
ОБГРУНТУВАННЯ ДОЦІЛЬНОСТІ ВИБОРУ ФРЕЙМВОРКУ РЕАСН ДЛЯ РОЗРОБКИ СПЕЦІАЛІЗОВАНИХ ФАЗЗЕРІВ 2.1

А.І. Гізун
БАЗОВА АРХІТЕКТУРА ПІДСИСТЕМИ НЕЙТРАЛІЗАЦІЇ ВПЛИВУ КРИЗОВИХ СИТУАЦІЙ 2.5

С.В. Казмірчук, А.Ю. Гололобов, К.В. Нікітіна
ПРОГРАМНА СИСТЕМА ПІДТРИМКИ ПОБУДОВИ МОДЕЛІ ЗАГРОЗ 2.9

В.В. Волянська, В.О. Гнатюк
НОРМАТИВНЕ ТА ТЕХНІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ ІНЦИДЕНТАМИ ІНФОРМАЦІНОЇ БЕЗПЕКИ 2.13

Д. М. Грабінський
ПЕРЕВАГИ ТА НЕДОЛІКИ СУЧАСНИХ ПРОТОКОЛІВ РОЗПОДІЛУ КРИПТОГРАФІЧНИХ КЛЮЧІВ 2.17

І.В. Олешко
ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ДЖЕРЕЛ БІОМЕТРИЧНОЇ ІНФОРМАЦІЇ ТА МЕТОД ОЦІНКИ ЇХ ЕНТРОПІЇ 2.21

М.С. Колесник, К.С. Колесник, Ю.В. Лыков
ВЫБОР МЕТОДИКИ РАСЧЕТА ДАЛЬНОСТИ ДЕЙСТВИЯ РАДИОЗАКЛАДНЫХ УСТРОЙСТВ 2.25

Л.В. Рябова, Е.И. Подгорный
ОСОБЕННОСТИ АЛГОРИТМИЧЕСКИХ ПРОЦЕДУР “БИОМЕТРИЧЕСКАЯ ИДЕНТИФИКАЦИЯ” И “БИОМЕТРИЧЕСКАЯ АУТЕНТИФИКАЦИЯ“ 2.29

Т.В. Мелешко, О.О. Туз
МАСКУВАННЯ АУДІОСИГНАЛІВ ПСЕВДОВИПАДКОВИМИ ЗАВАДАМИ 2.33

Д. О. Навроцький
МАТРИЧНЕ ПРЕДСТАВЛЕННЯ ПОСЛІДОВНОСТІ ФІБОНАЧЧІ ДЛЯ КРИПТОГРАФІЇ ТА ІНФОРМАЦІЙНОЇ БЕЗПЕКИ 2.37

О.С.Карнацький, В.Г.Павлов
ОСОБЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ СТЕГАНОГРАФІЧНИХ МЕТОДІВ 2.41

S.O. Gnatyuk, V.M. Kinzeryavyy, T.O. Zhmurko
IMPROVEMENT OF PING-PONG PROTOCOL WITH MANY-QUBIT GHZ-STATES 2.45

Є.А. Мачуський, Я.А. Малецька
ЗАХИСТ ІНФОРМАЦІЇ ПРИ ПЕРЕДАЧІ СИСТЕМАМИ ЗВ'ЯЗКУ СТАНДАРТУ IEEE 802.16 — 2004: WiMAX 2.49

Н.М. Стегній
ЗАХИСТ ПЕРСОНАЛЬНИХ ДАНИХ В БАЗАХ КОЛЕКТИВНОГО КОРИСТУВАННЯ 2.53

Секція 3. Спеціалізовані комп'ютерні системи та CALS-технології в авіації

П.М. Павленко, П.М. Ратушний
МЕТОДИКА СИНТЕЗУ ПРОЕКТНИХ ВАРІАНТІВ КОНЦЕПТУАЛЬНОГО ПРОЕКТУВАННЯ СКЛАДНИХ ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ 3.1

М.Б. Гумен
МЕТОДИ КОМП'ЮТЕРНОЇ ОБРОБКИ ЗОБРАЖЕНЬ ТА ОБЛАСТІ ЇХ РАЦІОНАЛЬНОГО ЗАСТОСУВАННЯ 3.5

О.І. Пилипенко, А.В. Полуян, А.А. Бажан
3D МОДЕЛЮВАННЯ КІНЕМАТИКИ ЛАНЦЮГОВОЇ ПЕРЕДАЧІ ЗА ДОПОМОГОЮ ПРОГРАМНОГО КОМПЛЕКСУ SOLIDWORKS 3.10

В.В. Трейтяк, В.Ю. Кудряков
АНАЛІЗ ІНСТРУМЕНТАЛЬНИХ ЗАСОБІВ ФУНКЦІОНАЛЬНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ВИРОБНИЧИХ ПРОЦЕСІВ 3.14

Н.Є. Фролова, О.В. Козачок
ТЕХНОЛОГІЇ ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ ЖОРСТКИХ ДИСКІВ 3.19

С.В. Козьяков
МОДЕЛЬ КОМПЛЕКСУ ПОКАЗНИКІВ МОТИВАЦІЇ ІТ-ФАХІВЦІВ ПРОМИСЛОВИХ ПІДПРИЄМСТВ 3.23

А.О. Хлевний
ВИЗНАЧЕННЯ ОСНОВНИХ ПАРАМЕТРІВ ОЦІНКИ ЕФЕКТИВНОСТІ УПРАВЛІННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОЮ ПІДГОТОВКОЮ ВИРОБНИЦТВА 3.27

П.М. Павленко, К.С. Бабіч
УЗАГАЛЬНЕНА СТРУКТУРА МОДЕЛІ ДАНИХ ПРОЦЕСУ УПРАВЛІННЯ ТЕХНІЧНОЮ ПІДГОТОВКОЮ ВИРОБНИЦТВА 3.31

Л. А. Борковская, А.В. Борковский
МЕТОД АНАЛИЗА ИЗОБРАЖЕНИЙ ДЛЯ ОБНАРУЖЕНИЯ ОБЪЕКТОВ В ВИДЕОПОТОКЕ 3.35

В.А. Щвець, Тимченко Ю.В., Осіпова В.Є.
ВИПАДКОВІ ПРОЦЕСИ З ЗАДАНИМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ 3.39

О.О. Борисов, Т.М. Захарчук
КОМПЛЕКСНИЙ РОЗМІРНИЙ АНАЛІЗ НА ЕТАПАХ ЖИТТЄВОГО ЦИКЛУ ВИРОБУ 3.44

В.М.Чуприна
ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ АНАЛІЗУ ДИНАМІКИ СКЛАДНОЇ ТЕХНІЧНОЇ СИСТЕМИ ПО ЧАСТИНАХ ЗА МЕТОДОМ СКІНЧЕНИХ ЕЛЕМЕНТІВ 3.48

Ю.П. Лещенко
СТРУКТУРА І СКЛАД ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНОЇ СИСТЕМИ 3.53

А. Д. Сорокун, Т. В. Мелешко
ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯМЕРЕЖЕВОЇ ТЕХНОЛОГІЇ PLC 3.56

П.А. Дворніков
РЕАЛІЗАЦІЯ МЕХАНІЗМУ БЕЗПЕКИ В ОС WINDIWS XP 3.59

Е.Ю. Федоров, В.С. Терещук, А.В. Ференец
КОМПЛЕКС ОПТИМИЗАЦИОННО-РАСЧЕТНЫХ ПРОГРАММ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ 3.70

Секція 4. Новітні інформаційні технології в авіації

О.В. Чебанюк
АСПЕКТИ ВИКОРИСТАННЯ IDE MONODEVELOPER ДЛЯ ПЕРЕНОСИМОСТІ ПРОГРАМНОГО КОДУ МІЖ РІЗНИМИ ПЛАТФОРМАМИ 4.1

Ю.М. Рябокінь
(Національний авіаційний університет, Україна, м. Київ)
ВИЗНАЧЕННЯ ТА ФОРМАЛІЗОВАНЕ ПРЕДСТАВЛЕННЯ БАГАТОКРАТНО ВИКОРИСТОВУВАНИХ КОМПОНЕНТ ПУЛЬТІВ ІНСТРУКТОРА АВІАЦІЙНИХ ТРЕНАЖЕРІВ 4.5

Е.М. Сидоров
МЕТОД РЕІНЖЕНЕРІЇ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ 4.10

S.L. Kryvyi, O.M. Maksymets
PROGRAM POLYNOMIAL INVARIANTS GENERATION 4.14

І.В. Гученко, Н. М. Сидорова
МЕТОД ПРОЕКТУВАННЯ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ 4.18

I.S. Yasenova-Berestyuk, V.A. Lesyk
PRIVACY SAFETY IN THIRD PARTY SOCIAL NETWORKS APPLICATIONS 4.22

І.С. Ясенова-Берестюк, О.Д. Романов
МОДЕЛЮВАННЯ РОБОТИ МОБІЛЬНИХ ІНТЕРНЕТ-ГІДІВ 4.26

В.А. Хоменко, О.І. Марченко
ПОДХОД К ОРГАНИЗАЦИИ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ МЕЖДУ КОМПОНЕНТАМИ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ АВИАЦИОННЫХ ТРЕНАЖЕРОВ 4.30

Н.М. Глазунов
АЛГЕБРАИЧЕСКАЯ ЗАДАЧА ПОГРУЖЕНИЯ В ТЕОРЕТИЧЕСКОМ ПРОГРАММИРОВАНИИ 4.34

В.Г.Башинський, Ю.О. Камак, В.М. Феденько
МЕТОД КОМПЛЕКСНОЇ ОЦІНКИ ЗАХИЩЕНОСТІ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ ВІД КЕРОВАНИХ РАКЕТ З ІНФРАЧЕРВОНИМ КОНТУРОМ НАВЕДЕННЯ 4.39

Секція 5. Комп'ютерні системи

О.О. Бєляков
АЛГОРИТМИ ВИЛУЧЕННЯ ЗНАНЬ З НАВЧАЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ, ЩО ПРЕДСТАВЛЕНІ ПРИРОДНЬОЮ МОВОЮ 5.1

С.М. Станко, А.Ю. Бовсунівський
ОЦІНКА НЕОБХІДНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ БАГАТОПОТОЧНОСТІ В C# 5.5

Б.М. Нестеренко, А.А. Говтвяниця
СИСТЕМА ОБЛІКУ ПЕРЕВЕЗЕНЬ ТОВАРІВ З ВИКОРИСТАННЯМ МОБІЛЬНИХ ТЕХНОЛОГІЙ 5.9

А. А. Жолдаков, Р.М. Скакун
РЕАЛИЗАЦИЯ АЛГОРИТМА ПРИОРИТЕТНОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ И МЕТОДА ЛИНЕЙНОЙ ЗАВИСИМОСТИ ДЛЯ ПРОГРАММИРОВАНИЯ РОБОТОВ СО СЛОЖНОЙ КИНЕМАТИКОЙ 5.13

О.В. Панфьоров, О.С. Васильєв
ОПТИМІЗАЦІЯ РОЗТАШУВАННЯ УЛЬТРАЗВУКОВИХ СЕНСОРІВ HC-SR04 5.17

Є.Б. Артамонов, А.О. Длужевський
ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОГРАМНИХ ШЛЯХІВ ОПТИМІЗАЦІЇ РОБОТИ АПАРАТНО ОБЧИСЛЮВАЛЬНОЇ ПЛАТФОРМИ ARDUINO 5.22

Коцюр А.Б., Савченко М.С.
АНАЛІЗ ВИКОРИСТАННЯ КОМП'ЮТЕРНИХ ТЕХНОЛОГІЙ В ОСВІТІ 5.27

O.M.Glazok
ESTIMATION OF COMPUTATIONAL WORKLOAD ON THE RESOURCES OF UNMANNED AVIATION COMPLEX IN THE PROCESS OF AERODYNAMIC PROBLEMS SOLVING 5.32

Mohammad Nouri Duraid
ANALYSIS OF METHOD DEFENDS FROM DDOS ATTACK 5.36

О.М. Глазок, канд. техн. наук (Національний авіаційний університет, м.Київ)
БЛОК ЧИСЕЛЬНОГО МОДЕЛЮВАННЯ АЕРОДИНАМІЧНИХ ПРОЦЕСІВ У СКЛАДІ БОРТОВОЇ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ЛІТАЛЬНИМ АПАРАТОМ 5.40

Литвинов В.В., Мацуєва К.А.
АРХІТЕКТУРА СЛУЖБИ БЕЗПЕКИ І МОДЕЛЬ КОНТРОЛЮ ДОСТУПУ ДЛЯ ХМАРНИХ ОБЧИСЛЕНЬ. 5.44

С.В. Журавель, О.П. Мартинова
МОДУЛЬ ВЗАЄМОДІЇ 1С: БУХГАЛТЕРІЇ І ГЛОБАЛЬНОЇ СИСТЕМИ БРОНЮВАННЯ «AMADEUS» 5.51

Д.І. Стребуль
АЛГОРИТМИ ДІАГНОСТИКИ РОБОТИ ПЕРИФЕРІЙНИХ ПРИСТРОЇВ У СКЛАДІ СИСТЕМИ НА БАЗІ AMX-КОНТРОЛЕРА 5.55

Є.Б. Артамонов
ПРОБЛЕМИ СТВОРЕННЯ ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ ВЕДЕННЯ, ЗБЕРЕЖЕННЯ І ОБРОБКИ ЗМІСТОВНИХ МОДУЛІВ ДИСЦИПЛІН 5.59

Г.Н. Кременецкий
АППАРАТНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ МЕТОДА РАСПРЕДЕЛЕНИЯ НАГРУЗКИ 5.63

В. А. Рябоконь, В. В. Клобуков, Ю. В. Максименко
ВІРТУАЛІЗАЦІЯ РОБОЧИХ СТАНЦІЙ НА БАЗІ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ З ВІДКРИТИМ ПРОГРАМНИМ КОДОМ 5.67

В.А. Рябоконь, О.С. Зиков,С.О. Єрмак, Л.П. Клобукова
ДЕЯКІ ПРИНЦИПИ ПОБУДОВИ СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ СИСТЕМАМИ ВІРТУАЛІЗАЦІЇ НА БАЗІ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ З ВІДКРИТИМ ПРОГРАМНИМ КОДОМ 5.71

В.В. Клобуков, С.І. Волхонський, С.О. Єрмак, О.С.Зиков, Д.В. Самофалов
ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ СУЧАСНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ (ТЕХНОЛОГІЧНИХ) ПЛАТФОРМ ДЛЯ СТВОРЕННЯ СИСТЕМ ЕЛЕКТРОННОГО ДОКУМЕНТООБІГУ 5.75

В.А. Рябоконь, О.С. Зиков, В.В. Клобуков, Ю.В. Максименко
ТЕХНІЧНІ АСПЕКТИ РОЗВИТКУ БЕЗДРОТОВИХ ШИРОКОПОЛОСНИХ МЕРЕЖ ПЕРЕДАЧІ ДАНИХ НА БАЗІ СТАНДАРТУ IEEE802.11. 5.79

Секція 6. Математичне моделювання та чисельні методи

В.П. Денисюк, Л.В. Рибачук
ПРО ОДИН МЕТОД ЛІНІЙНОГО ПІДСУМОВУВАННЯ ТРИГОНОМЕТРИЧНИХ РЯДІВ ФУР'Є 6.1

В.П. Денисюк, Л.В. Рибачук
ПОЛІНОМІАЛЬНІ ВЕЙВЛЕТИ З ФІНІТНИМ НОСІЄМ 6.5

П.П. Барышовец
О КОНЕЧНЫХ ГРУППАХ, БЛИЗКИХ К ВПОЛНЕ ФАКТОРИЗУЕМЫМ 6.9

О.В. Карупу
ПРО ВЛАСТИВОСТІ КОНФОРМНИХ ГОМЕОМОРФІЗМІВ ОДНОЗВ'ЯЗНИХ ОБЛАСТЕЙ 6.13

О.Д. Глухов
КВАЗІВИПАДКОВІ ЕКСПАНДЕРИ 6.17

Я.Г. Ляшенко
КОНЦЕНТРАЦІЯ НАПРУЖЕНЬ ГІРСЬКОГО МАСИВУ У ГЕОЛОГІЧНИХ СЕРЕДОВИЩАХ НЕОДНОРІДНОЇ СТРУКТУРИ 6.21

Є.Ю. Толбатов
МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ДИНАМІКИ ТРУБЧАСТИХ СПІРАЛЕЙ ТЕПЛООБМІННИХ АПАРАТІВ З ВНУТРІШНІМИ НЕОДНОРІДНИМИ ПОТОКАМИ РІДИНИ 6.25

В.І. Мамчук, В.Г.Демидко
АНАЛІЗ МОДЕЛЮВАННЯ ПРИМЕЖЕВИХ СТРУМЕНІВ НА ПЛАСТИНАХ, ЯКІ КОЛИВАЮТЬСЯ 6.29

В.В. Митюков
УНИВЕРСАЛЬНОЕ ПРОГРАММНОЕ РЕШЕНИЕ ДЛЯ ЗАДАЧ ДИФФЕРЕНЦИРОВАНИЯ И ИНТЕГРИРОВАНИЯ ОДНОМЕРНЫХ ДИСКРЕТНЫХ МНОЖЕСТВ 6.33

А.А. Тюгашев, А.Ю. Богатов
ИСЧИСЛЕНИЕ УПРАВЛЯЮЩИХ АЛГОРИТМОВ РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ 6.37

Н.Н. Христенко
ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА МОНТЕ-КАРЛО ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ВЕРОЯТНОСТИ РАЗРУШЕНИЯ СЛОИСТЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ 6.41

О.М. Бердник
МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ГІДРАВЛІЧНОГО ОПОРУ В КРУГОВИХ КАНАЛАХ ІЗ ПРОНИКНИМ ШАРОМ ПЕРЕШКОД В ОКОЛІ ОСІ 6.45

М.В. Чорненко, В.М. Кущ
ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ ОБЩЕГО АНАЛИЗА КРОВИ 6.49

В.В. Гуменников
МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ПРОДОЛЬНОЙ НАМОТКИ ДЕТАЛЕЙ ИЗ КОМПОЗИТОВ 6.52

И.В. Лялюхина
МЕТОДИКА ПРОЕКТИРОВАНИЯ КОМПОЗИТНЫХ ЛОНЖЕРОНОВ ПРИ НЕСКОЛЬКИХ РАСЧЕТНЫХ СЛУЧАЯХ НАГРУЖЕНИЯ 6.56

В. И. Челпаченко
ОПТИМАЛЬНЫЙ ЛИНЕЙНЫЙ ПРОГНОЗ РЕГУЛЯРНОСТИ ПОЛЕТОВ НА ОСНОВЕ СКОЛЬЗЯЩИХ РЯДОВ ФУРЬЕ 6.60

П.Ф. Жук, А.О. Мусіна
ОПЕРАТОР ПЕРЕХОДУ МЕТОДУ НАЙШВИДШОГО СПУСКУ 6.65

С.О. Глоба
ПОБУДОВА МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ТЕМПЕРАТУРНИХ СТАНІВ КВАНТОВИХ ГРАТКОВИХ СИСТЕМ 6.69

И.К. Сенченков, М.В.Баняс, Л.С. Братица
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОБОСНОВАНИЕ МЕТОДА РАСЧЕТА ОСТАТОЧНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ В ЦИЛИНДРЕ ПРИ МНОГОСЛОЙНОЙ БОКОВОЙ НАПЛАВКЕ 6.73

С.Н. Кутищев, О.Б. Рудаков
ВОССТАНОВЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ЛОКАЛЬНЫХ ИСТОЧНИКОВ РАССЕЯНИЯ ПОЛОСТИ СЛОЖНОЙ ФОРМЫ ПО ДИАГРАММЕ ОБРАТНОГО РАССЕЯНИЯ 6.77

В.А. Касьянов, К. Шафран
О НЕКОТОРЫХ ГИБРИДНЫХ МОДЕЛЯХ СУБЪЕКТИВНОГО АНАЛИЗА В ТЕОРИИ АКТИВНЫХ СИСТЕМ 6.81

Н.Н. Серяков
МЕТОД РАСЧЁТА ВЫНУЖДЕННЫХ КОЛЕБАНИЙ БАНДАЖИРОВАННЫХ ЛОПАТОК ТУРБИНЫ 6.86

Г.А. Шаповал
МОДЕЛЬ ДОСЛІДЖЕННЯ ІНДЕКСУ ГЕОМАГНІТНОЇ АКТИВНОСТІ DST З ВИКОРИСТАННЯМ МЕТОДУ ГУСЕНІ 6.90

П.В. Лукьянов
МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ КВАЗИКОМПАКТНОГО ВИХРЕИСТОЧНИКА И ВИХРЕСТОКА 6.94

П.В. Лукьянов
ЧИСЛЕННАЯ МОДЕЛЬ ДИНАМИКИ КОМПАКТНОГО ВИХРЯ В ОБЛАСТИ С КРИВОЛИНЕЙНОЙ ТОПОГРАФИЕЙ ДНА 6.97

Petro V. Lukianov,
SOUND – VISCOUS FLOW SEPARATION MODEL 6.101

Petro V. Lukianov
SOUND GENERATED AERODYNAMICALLY IN VISCOUS HEAT CONDUCTING MEDIUM: ANALYSIS OF EXISTING MODELS 6.106

М.А. Саченко, Є.О. Шквар
АНАЛІЗ ЗАСТОСОВНОСТІ ДИФЕРЕНЦІАЛЬНИХ МОДЕЛЕЙ ТУРБУЛЕНТНОСТІ ПРИ МОДЕЛЮВАННІ ОБТІКАННЯ ДЕФОРМІВНОЇ ПЛАСТИНИ 6.110

В.В. Зілінка, Є.О. Шквар
ЧИСЕЛЬНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТУРБУЛЕНТНОГО ОБТІКАННЯ ДВОГРАННОГО КУТА 6.114

В.В. Кравченко, Є.О. Шквар
ОРЕБРЕНІ ПОВЕРХНІ, ПРОБЛЕМИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ЇХ ЗАСТОСУВАННЯ В АЕРОГІДРОДИНАМІЦІ 6.118

І.А. Макаров, Є.О. Шквар
МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ЗАПУСКУ РАКЕТИ-НОСІЯ З БОРТУ ЛІТАКА 6.122

К.В. Двірничук, В.А. Стоян, Я.В. Крисак
ПРО МАТЕМАТИЧНІ ОСНОВИ КОМП'ЮТЕРНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ДИНАМІКИ ТОВСТИХ ПРУЖНИХ ПЛИТ 6.126

УДК 620.192.46 (043.2)

О.В. Дергунов, аспірант
(Національний Авіаційний Університет, Україна, м. Київ)

АНАЛІЗ ШЛЯХІВ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИХРОСТРУМОВОГО КОНТРОЛЮ

Розглянуто питання підвищення ефективності вихрострумового контролю. Представлені різні типи сенсорів магнітного поля, що можуть бути використані у складі вихрострумових перетворювачів. Обґрунтовано використання новітніх методів аналізу сигналів контролю.

Одним з основних завдань діагностики технічного стану авіаційної техніки є виявлення прихованих тріщин в елементах конструкцій планера літака в місцях з'єднання вузлів та деталей. Ця задача вирішується методами неруйнівного контролю і набуває ще більшої актуальності в умовах переходу до експлуатації авіаційної техніки за технічним станом. Прагнення підвищення надійності і ефективності контролю стимулює процес удосконалення відомих і розробки нових методів, засобів та методик неруйнівного контролю. Вихрострумовий контроль (ВСК) займає чинне місце в системі неруйнівного контролю виробів авіаційної техніки вже понад 50 років. Він ґрунтується на аналізі взаємодії електромагнітного поля (ЕМП) із струмопровідними матеріалами.

Незважаючи на принципову надійність цього виду контролю, його практична реалізація потребує значного часу, а інтерпретацію сигналів контролю повинен здійснювати фахівець високої кваліфікації. Існуючі засоби ВСК забезпечують обмежену глибину діагностики що обумовлено скін-ефектом. Одним з обмежень використання ВСК є мала глибина проникнення вихрових струмів у об'єкт контролю (ОК), яка для простої електромагнітної хвилі визначається як

$$Z_{\delta} = \frac{1}{\sqrt{\pi f \gamma \mu}},$$

де γ, μ – відповідно питома електропровідність та абсолютна магнітна проникність матеріалу, f – частота хвилі. Отже зі збільшенням частоти, проникаюча здатність електромагнітного поля зменшуються, що знижує надійність або навіть унеможливлює виявлення тріщин, що не мають виходу на поверхню контрольованого об'єкту. Отже ефективність контролю залежить як від достовірності виявлення дефектів, так і від глибини контрольованої зони ОК. В свою чергу достовірність залежить від чутливості первинних датчиків магнітного поля, методів обробки сигналів контролю та загальної завадозахищеності ВСП.

Таким чином постає мета дослідження: для будь-якого подальшого удосконалення методів та засобів вихрострумового контролю необхідно провести огляд шляхів підвищення його ефективності, а саме, проаналізувати дослідження в області підвищення глибини проникнення поля вихрових

струмів та розглянути новітні методи обробки сигналів контролю, враховуючи їх нестаціонарний характер.

Відомо [1] декілька шляхів збільшення глибини проникнення поля вихрових струмів в провідний об'єкт контролю:

- зменшення частоти збуджуючого сигналу;
- використання спеціальних вихрострумових перетворювачів (ВСП), високочутливих до глибоко проникаючого електромагнітного поля.
- підвищення потужності електромагнітного поля, за рахунок використання одиничних прямокутних чи гармонічних імпульсів високого струму для збудження вихрових струмів;

Зменшення частоти збуджуючого сигналу, приводить до нової суперечності: при використанні індуктивної котушки в якості датчика магнітного поля її чутливість обернено пропорційна частоті електромагнітного поля. Тобто підвищуючи глибину проникнення поля за рахунок зниження його частоти, знижується чутливість приймача. Часткове чи повне подолання цієї суперечності пов'язане з вдосконаленням ВСП на індуктивних котушках, використанням в складі ВСП датчиків поля інших типів, наприклад перетворювачів Холла та Гауса (магніторезисторів) або надпровідних квантових інтерферометрів (SQUID).

Чутливість індуктивних котушок, що використовують в якості сенсорів низькочастотного електромагнітного поля, може бути забезпечена наступними способами [1]:

- збільшенням діаметру котушки (що обмежено необхідною роздільною здатністю сенсора);
- збільшенням кількості витків в котушці (до 8000 витків дротом діаметру 20 мкм);
- надточним диференціальним включенням котушок;
- екранування від шумів зовнішнього ЕМП.

Такі ВСП мають переваги: високу лінійність, високу гнучкість конфігурації сенсорів, адаптивність до апаратури контролю. Найбільш критичним недоліком цих ВСП є складність їх виробництва та низький рівень повторюваності, що призводить до зростання їх ціни.

Окремою групою розглядаються усі інші сенсори магнітного поля, в першу чергу завдяки тому, що їхня чутливість у загальному випадку не залежить від частоти магнітного поля.

Датчики Холла у складі ВСП виявляють магнітне поле вихрових струмів за електрорушійною силою Холла. Остання пропорційна робочому струму I, що протікає через перетворювач - пластину провідника, та магнітній індукції B, що діє перпендикулярно площині пластини:

$$V_H = \frac{R_h}{d} IB,$$

де, R_h –постійна Холла, d – товщина перетворювача. Їх використовують у діапазоні індукції магнітного поля близько 1 мТл.

Датчики Холла знайшли використання [2] в диференційних ВСП для контроля клепаних з'єднань в авіації. Їхнім головним недоліком є високий

рівень власного шуму, що підвищує вимоги до цифрової обробки вимірювальних даних.

Надпровідні квантові інтерферометри (SQUID) –датчики магнітного поля високої чутливості для вимірювання надслабких магнітних полів. Їх використання у ВСК досліджувалося починаючи з 1980х років [2]. Недоліком цих датчиків є необхідність кріогенного охолодження для підтримання наднизького рівня власного шуму (1фТл/ √Гц), що суттєво звужує коло вирішуваних задач. Складна технічна реалізація та висока ціна систем з такими датчиками, обмежують їх використання у промисловості.

Значний інтерес представляють **магніторезистивні датчики**. При своїй достатньо високій чутливості такі датчики мають невисоку вартість та відносну простоту. Разом з цим їм притаманні і певні недоліки: обмежений динамічний діапазон лінійної ділянки характеристики перетворення, втрата інформації про напрям поля через її V-подібну форму, її гістерезис, необхідність додаткової постійної складової магнітного поля для роботи на лінійній ділянці характеристики. Приклад характеристики перетворення магніторезистора AAH002-02 виробництва NVE corp за напруги живлення 5В наведено на рис. 1.

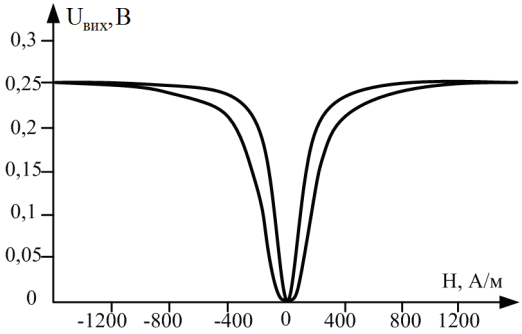


Рис. 1 Характеристика перетворення магніторезистора AAH002-02

Як видно з рисунку 1, для коректного використанням магніторезистора і вимірювання змінного магнітного поля його необхідно вивести на лінійну ділянку характеристики. Зазвичай це роблять за допомогою постійного магніту або котушки з постійним струмом збудження, що створює постійне магнітне поле зміщення.

На сьогодні все більше поширюється використання **імпульсного методу вихрострумового контролю** (ІВСК). Це дозволяє підвищити глибину контролю та отримати додаткову інформацію про дефект. На відміну від гармонічного коливання, трикутні, пилкоподібні та прямокутні коливання струму збудження мають ширший частотний діапазон, що забезпечує підвищення інформативності імпульсного вихрострумового методу контролю. Такий режим роботи ВСП використовують для виявлення та опису прихованих корозій та тріщин [2]. Параметри сигналів різних частот можуть бути використані для оцінки глибини дефекту. Крім того, можливості щодо

класифікації дефектів при використанні ІВСК значно вищі ніж для традиційного методу.

Сучасні інформаційно-вимірювальні технології в сукупності з цифровими методами обробки сигналів створюють підґрунтя для розробки нових підходів до розв'язку задач неруйнівного контролю. При використанні ІВСК вимірювальні сигнали можуть містити нестаціонарні складові. Тому використання класичних методів їх дослідженні приводить до втрати певної частини інформації та підвищує імовірність прийняття невірного рішення, що знижує загальну достовірність контролю. Методи спектрального аналізу сигналів, що ґрунтуються на перетворенні Фур'є не дозволяють коректно інтерпретувати нелінійні процеси із нестаціонарними складовими, що характерно для системи «ВСК-ОК». В першу чергу це обумовлено значною кількістю хибних гармонік (компонент розкладу Фур'є які не мають фізичного змісту та є лише математичною абстракцією), постійним апріорним базисом розкладу та, найголовніше – представлення амплітуд та частот кожної компоненти розкладу як константи.

Сучасні методи аналізу сигналів позбавлені багатьох з цих недоліків. До таких методів в першу чергу відносяться вже широко відомий та вживаний Вейвлет-аналіз, та перетворення Гільберта-Хуанга. Останнє знаходить все більше застосувань в різних галузях науки та техніки, в тому числі в неруйнівному контролі [3]. Це перетворення використовує апостеріорний базис розкладу, який будується на основі самого досліджуваного сигналу тому такий розклад точніше відображає особливості сигналу, динаміку зміни його параметрів та характеристик. Амплітуда та частота компонент носять змінний характер, що створює підґрунтя для розробки нових критеріїв пошуку дефектів на основі комплексного аналізу сигналів контролю в амплітудно-частотно-часовій області.

Висновки

Виконаний аналіз шляхів підвищення ефективності вихрострумового контролю дозволив зробити висновок про перспективність використання у складі ВСП магніторезистивних датчиків. Підвищення достовірності контролю забезпечуються використанням імпульсного режиму роботи ВСП та застосуванням перетворенням Гільберта-Хуанга для обробки сигналів контролю.

Список літератури

1. Mook G., Uchanin V., Hesse O. Deep Penetrating Eddy Currents and Probes// ECNDT 2006 - Tu.3.6.2, - 14 p.

2. García-Martín J., Gómez-Gil J., Vázquez-Sánchez E. Non-Destructive Techniques Based on Eddy Current Testing// Sensors 2011, 11, ISSN 1424-8220, p. 25-65

3. Norden E. Huang. Hilbert-Huang transform and its Applications// World Scientific Publishing Co. Pte.Ltd, 2005 – 324p.

УДК 621.114.32

В.С. Єременко, к.т.н., проф., А.В. Переїденко, аспірант
(Національний авіаційний університет, Україна, м. Київ)

ЗАСТОСУВАННЯ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ ДЛЯ ВИЯВЛЕННЯ ТА КЛАСИФІКАЦІЇ ДЕФЕКТІВ СТІЛЬНИКОВИХ ПАНЕЛЕЙ ПРИ БАГАТОПАРАМЕТРОВОМУ НЕРУЙНІВНОМУ КОНТРОЛІ

Приведено результати використання нейронних мереж сімейства ART для вирішення задач неруйнівного контролю виробів з композиційних матеріалів.

При побудові інформаційно-вимірювальних систем, що використовуються для неруйнівного контролю виробів з композиційних матеріалів, необхідно застосовувати такі методи та алгоритми, які дозволяють ефективно виконувати обробку даних в багатовимірному просторі діагностичних ознак, накопичувати отриману інформацію про можливі дефекти, виводити закономірності зміни значень параметрів інформаційних сигналів в залежності від ступеня пошкодженості об'єкта контролю, розширювати базу класів дефектів і уточнювати її в процесі роботи без повного перенавчання системи. Тому дослідження, розробка і впровадження нових більш ефективних методів обробки сигналів і прийняття рішень є актуальною задачею.

Використання підходу, заснованого на прийнятті рішення щодо зміни множини параметрів, дозволяє підвищити ефективність контролю, однак вимагає спеціальних алгоритмів побудови вирішальних правил [1]. Найбільш прийнятними підходами при багатопараметровому контролі є методи розпізнавання образів на основі розділяючих гіперплощин [2] або штучних нейронних мереж [3,4]. Використання гіперплощин є порівняно простим підходом побудови вирішальних правил при багатопараметровому контролі, але тільки в тих випадках, коли кількість областей діагнозу незначна, а самі вони є лінійно роздільними, розташованими на значній відстані в просторі ознак і не перетинаються між собою.

На жаль, при вирішенні багатьох задач доводиться мати справу зі складними, лінійно нероздільними множинами діагностичних ознак, отриманих на обмеженій кількості зразків, на основі яких виконується побудова класифікатора. При цьому неможливо провести таку класифікацію, при якій буде досягнуто лінійне розділення об'єктів, що в свою чергу може призвести до зниження достовірності проведеного неруйнівного контролю та неправильної класифікації. Вирішити поставлену задачу в такому випадку можна із застосуванням штучних нейронних мереж. Мережі з прямим зв'язком є універсальним та ефективним засобом апроксимації функцій, оскільки дозволяють побудувати велике число регресійних моделей (які використовуються при вирішенні задач класифікації статистичними методами), що дозволяє використовувати їх для класифікації об'єктів в багатовимірному просторі діагностичних ознак.

В задачах неруйнівного контролю, навчена нейронна мережа не тільки може розпізнавати (класифікувати) отримані під час контролю сигнали, а й

зберігає інформацію про закономірності та взаємозв'язки характеристик інформаційного сигналу та стану об'єкта контролю, що дає можливість правильно класифікувати інформаційні сигнали, які відповідають можливим дефектам.

Вибір типу нейронної мережі є дуже важливим етапом при розробці нейромережевого інформаційного забезпечення системи неруйнівного контролю. Застосування нейронної мережі для вирішення задачі, яка не може бути вирішена з використанням вибраного типу мережі, призведе до неправильних результатів і недостовірного контролю.

Нейронні мережі, що застосовуються в системах неруйнівного контролю композиційних матеріалів повинні забезпечувати наступні функції: навчатися без вчителя, вирішувати задачі кластерного аналізу та класифікації образів.

Спираючись на результати проведених досліджень [3-8], можна відзначити, що при вирішенні задач неруйнівного контролю виробів з композиційних матеріалів основним вимогам найбільш повно задовольняють нейронні мережі адаптивної резонансної теорії (ART). Тому для розробки і експериментальних досліджень класифікатора у складі системи неруйнівного контролю композиційних матеріалів були використані нейронні мережі ART-2 і Fuzzy-ART [5-8].

Мережі ART являють собою векторний класифікатор. Вхідний вектор інформативних ознак класифікується в залежності від того, на який із записаних в пам'яті мережі еталонних образів він схожий. Рішення щодо класифікації вхідного вектора мережа ART виражає у вигляді збудження одного з нейронів шару розпізнавання [5,6]. Якщо вхідний вектор не відповідає жодному із записаних образів, створюється нова категорія (виділяється новий нейрон і запам'ятовується новий вектор), яка відповідає вхідному вектору. Якщо вхідний вектор схожий на один із раніше записаних в пам'ять векторів за певним критерієм подібності, еталонний вектор в пам'яті нейронної мережі буде коригуватися (вчитися) під впливом нового вхідного вектора таким чином, щоб стати більш схожим на даний вхідний вектор.

Збережений еталонний образ не буде змінюватися, якщо поточний вхідний вектор не виявиться схожим на нього. Таким чином вирішується дилема стабільності-пластичності, що притаманна для нейронних мереж інших типів. Новий образ може створювати додаткові класифікаційні категорії, проте він не може змінити або затерти існуючу пам'ять. Алгоритми, за якими працюють розроблені ART-мережі більш докладно описані в [5,6,8].

Діагностика дефектів у виробах з композиційних матеріалів при обробці сигналів нейронними мережами ART-2 і Fuzzy-ART відбувається на основі аналізу змін форми реєстрованих сигналів, формуючи в пам'яті нейронної мережі образ або образи інформаційних сигналів, які характеризують бездефектні ділянки і ділянки з різним ступенем пошкодженості об'єкта контролю, і зіставляючи реєстровані сигнали зі сформованими в пам'яті образами (еталонами).

Для проведення експериментальних досліджень були використані зразки стільникових панелей [8], надані ДП «АНТОНОВ», які застосовуються при виробництві літаків моделей «Ан», а саме:

– два зразка (Зр-1 і Зр-2) стільникових композиційних панелей крила літаків типу Ан-70 з матеріалу ЭЛУР-П-0,1 на ВК 41 і стільниковим заповнювачем ПСП-1-2,5-45 товщиною 10 мм зі штучно закладеними дефектами типу відшарування обшивки від заповнювача із внутрішньої сторони обшивки площею 5 $см^2$ (дефект 1 та дефект 2) і 2 $см^2$ (дефект 3). Контроль даних дефектів проводився з боку зовнішньої бездефектної обшивки;

– один зразок (Зр-3) композиційної панелі типу склейки листа алюмінієвого сплаву і герметика «віксінт», які використовуються на літаку Ан-140 зі штучно закладеними дефектами типу відшарування герметика із внутрішньої сторони обшивки площею 5 $см^2$ (дефект 1), 2 $см^2$ (дефект 2) і 1 $см^2$ (дефект 3). Контроль даних дефектів проводився з боку зовнішньої бездефектної сторони.

Авторами використовувалася спеціально розроблена система [8] для виявлення дефектів композиційних матеріалів методом низькошвидкісного удару [9]. Система була випробувана для виявлення дефектів у описаних зразках композиційних матеріалів. Області контрольованих дефектів були розділені на точки з відстанню між кожною точкою рівною 2 мм. Сканування зазначених зразків проводили з кроком 2 мм в області дефекту та з кроком 5 мм за межами дефекту. У процесі дослідження для кожного з 3-х зразків на кожен крок сканування ділянок з дефектами та без дефекту було отримано по 100 реалізацій імпульсів ударної взаємодії.

Під час контролю на вхід класифікатора у випадковому порядку подавався один з отриманих сигналів. Після цього він видалявся з вибірки і на вхід подавався новий сигнал з вибірки. Дана процедура повторювалася до тих пір, поки всі сигнали з вибірки не були пред'явлені класифікатору. Таким чином, нейронна мережа в процесі роботи автоматично формувала власну базу класів. Сформувавши базу класів, для дослідження достовірності класифікації системі було пред'явлено по 100 нових сигналів на кожну ділянку досліджуваних зразків. Після пред'явлення всієї контрольної вибірки сигналів було проаналізовано отримані результати із застосуванням розробленого класифікатора (рис. 1).

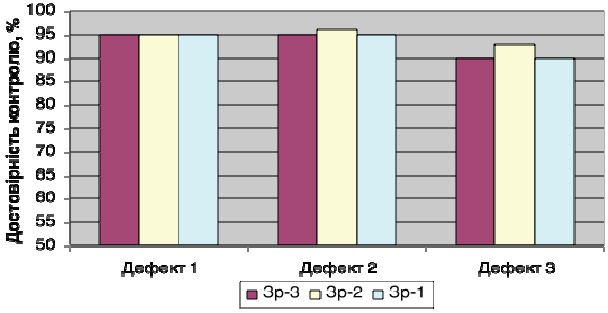


Рис. 1 – Достовірність контролю зразків стільникових панелей Зр-1, Зр-2 і Зр-3

З представленого рисунку видно, що при застосуванні описаного класифікатора у складі системи неруйнівного контролю на основі нейронних мереж ART-2 і Fuzzy-ART достовірність контролю становить більше 90%.

Висновки

В результаті проведених досліджень було встановлено, що при неруйнівному контролі композиційних матеріалів методом низькошвидкісного удару із використанням класифікатора на основі нейронних мереж адаптивної резонансної теорії (ART-2 і Fuzzy-ART) можна успішно виявляти підповерхневі дефекти стільникових композиційних панелей, а також дефекти, які розташовані зі зворотного боку обшивки площею більше 2 $см^2$ при товщині стільникового панелі 8-12 мм. Достовірність контролю становить близько 90-95%. Застосування нейронної мережі Fuzzy-ART для вирішення описаної задачі забезпечує кращі показники достовірності контролю, ніж застосування мережі ART-2.

Список літератури

1. Еременко В.С. Исследование дефектов в сотовых панелях низкочастотными акустическими методами / В.С. Еременко, О.А. Гилева, В.Я. Дереча, Е.Ф. Суслов, Е.О. Пиколенко // Научни известия. – 2011. – №1. – С. 49-51.

2. Єременко В.С. Побудова вирішальних правил при багатопараметровому неруйнівному контролі / В.С. Єременко, О.О. Гільова, А.В. Переїденко, Є.Ф. Суслов // «Современные методы и средства НК и ТД»: матеріали 18-ї міжнародної конференції, 5-9 жовтня 2010р.: тези доп. – Ялта, 2010. – С. 78-81.

3. Переїденко А.В. Застосування нейромережевих технологій у системах неруйнівного контролю / А.В. Переїденко, В.С. Єременко, О.В. Монченко // Техническая диагностика и неразрушающий контроль. – 2012. – №1. – С. 35-41.

4. Переїденко А.В. Нейромережева система діагностики виробів авіаційного призначення / А.В. Переїденко, В.С. Єременко, В.О. Роганьков // Вісник Національного авіаційного університету. – 2011. – №2(47). – С. 88-95.

5. Переїденко А.В. Класифікатор стану виробів з композиційних матеріалів на основі нейронної мережі адаптивної резонансної теорії / А.В. Переїденко, В.С. Єременко, П.А. Шегедін // Вісник Національного авіаційного університету. – 2012. – №1(50). – С. 92-100.

6. Перееденко А.В. Классификация дефектов сотовых панелей с помощью нейронной сети ART-2 / А.В. Перееденко, Ю.В. Куц, В.С. Еременко, П.А.Шегедин // «Дефектоскопия 2012»: материалы XXVII Международной конференции, 11-15 июня 2012г.: тезисы докл. – София, 2012. – С. 435-440.

7 . Pereidenko A.V. System Of Standartless Diagnostic Of Cell Panels Based On Fuzzy-ART Neural Network / A.V. Pereidenko, V.S. Eremenko, V.O. Rogankov // " MRRS-2011": Proceedings of the Third Microwaves, Radar and Remote Sensing Symposium, 25-27 August 2011: proceedings. – Kyiv, 2011. – p. 181-183.

8. Pereidenko A.V. Software of Information-Measurement System for Standardless Diagnostic of Composite Materials / A.V. Pereidenko, V.S. Eremenko // Software Engineering. – 2012. – v.2, №3. – p. 65-76.

9. Еременко В.С. Обнаружение ударных повреждений сотовых панелей методом низкоскоростного удара / В.С. Еременко, В.М. Мокийчук, А.М. Овсянкин // Техническая диагностика и неразрушающий контроль. – 2007. –№1. – С. 24-27.

УДК 519.24

І.М. Бистра, аспірант (НАУ, Україна, Київ)
Ю.В. Куц, д.т.н., проф. (НАУ, Україна, Київ)
Ю.А. Олійник, аспірант (НАУ, Україна, Київ)
В.К. Цапенко, к.т.н., доцент (НТУУ «КПІ», Україна, Київ)

АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ ФАЗОВОГО МЕТОДУ ВИЯВЛЕННЯ СИГНАЛІВ УЛЬТРАЗВУКОВОГО КОНТРОЛЮ

Розглянуто ефективність фазового методу виявлення сигналів ультразвукового контролю. Показано, що застосування статистичної обробки фазових характеристик сигналів дозволяє підвищити вірогідність ультразвукового контролю нових конструкційних матеріалів зі значним загасанням ультразвукових коливань.

Вступ. Необхідність дослідження властивостей нових конструкційних матеріалів, зокрема композитів, вимагає пошуку нових і удосконалення відомих методів і засобів їх контролю. Це стосується і методів ультразвукового неруйнівного контролю (УНК) композиційних матеріалів. Останні характеризуються значною неоднорідністю, анізотропією, та загасанням ультразвукових хвиль, що обумовлює високий рівень шумів на фоні яких спостерігаються сигнали УНК. Визначення інформаційних параметрів сигналів УНК за таких умов значно ускладнюється і потребує застосування спеціальних методів обробки сигналів.

Найчастіше в УНК використовують методи обробки сигналів, що базуються на аналізі їх амплітудних характеристик. Такі методи доцільно застосовувати у випадках, коли відношення сигнал/шум (С/Ш) значно перевищує одиницю. В роботах [1, 2] розглянуто використання методів статистичної фазометрії для розв'язку задачі виявлення сигналів УНК на фоні шумів співставних за рівнем з сигналами УНК. Ефективність такої обробки була підтверджена результатами моделювання [3].

Метою даної роботи є експериментальне дослідження ефективності застосування фазових характеристик сигналів (ФХС) в сукупності з їх статистичною обробкою для розв'язку задачі виявлення сигналів УНК за низького відношення С/Ш.

Постановка задачі. Виконується ультразвуковий контроль об'єкта лунаімпульсним методом. Зондуючий сигнал являє собою радіоімпульс виду: $u_З(t) = U(t)\sin(2\pi ft)$, $t \in [0,\ T_A]$, де $U(t)$ – обвідна сигналу; f – частота несучого сигналу; t – поточний час; T_A – тривалість радіоімпульсу, $T_A > f^{-1}$. Цей електричний сигнал трансформується в ультразвукові коливання, які вводяться в об'єкт контролю з плоскопаралельними сторонами.

Аналізу підлягає сигнал, який являє собою адитивну суміш корисного сигналу УНК у вигляді періодичної (період повтору $T_П$) послідовності відбитих (донних) радіоімпульсів і реалізації гауссівського шуму $\xi(t)$ виду

$$u_{Д}(t) = \sum_{i=1}^{k} k_{EAT,i} \cdot u_{З}(t - \tau - (i-1)T_{П}) + \xi(t), \quad (1)$$

де k_{EATi} – коефіцієнти електроакустичного тракту для i-того донного імпульсу, $i = \overline{1,k}$, τ – затримка першого донного імпульсу відносно зондуючого, $\xi(t)$ - гауссівський шум.

Сигнал (1) представлений вибіркою $\{u_{Д}[j],\ j = \overline{1,N}\}$, де N - обсяг вибірки, значення якої отримані в дискретні моменти часу $jT_{Д}$, $j = \overline{1,[T_A/T_{Д}]}$, $T_{Д}$ – період дискретизації. Відношення С/Ш для i-го донного імпульсу визначається величиною $U_{\max,i}/\sigma_{ш}$, де $U_{\max,i}$ – максимальне значення обвідної i-того донного імпульсу, $\sigma_{ш}$ – середньоквадратичне значення шуму.

Необхідно експериментальним шляхом оцінити ефективність фазового методу виявлення донних імпульсів, методика якого ґрунтується на статистичній обробці ФХС [1,2].

Розв'язок поставленої задачі. Реалізація фазового методу обробки сигналів УНК [2] передбачає виконання дискретного перетворення Гільберта вибірки $u_{Д}[j]$, отримання її гільберт-образу $\hat{u}[j] = \mathbf{З}_{Д}[u_{Д}[j]]$, де $\mathbf{З}_{Д}$ – оператор дискретного перетворення Гільберта, обчислення дробової частини дискретної ФХС $\varphi[j]$ (в межах інтервалу $[0,2\pi)$) і її подальшої статистичної обробки. Згідно [2] виявлення донних імпульсів відбувається за вибірковою результуючою довжиною вектора $r[j]$, який приймає значення на інтервалі $(0, 1]$. Статистика r визначається для різниці $\Delta\varphi[j]$ дискретної ФХС і дискретних значень фази гармонічного коливання частотою f

$$\Delta\varphi[j] = \left(\varphi[j] - (2\pi f j T_{Д})\right) (\mathrm{mod}\ 2\pi),\ j = \overline{1,N},\ N = \frac{T_A}{T_{Д}}, \quad (2)$$

де $a(\mathrm{mod} 2\pi)$ – операція отримання лишку від ділення числа a на 2π.

Визначення поточних значень статистики $r[j, M_W]$ здійснюється із застосуванням віконної обробки вибірки $\Delta\varphi[j],\ j = \overline{1,N}$ в ковзному режимі прямокутним вікном з апертурою M_W. Ознакою наявності радіосигналу є перевищення статистикою $r[j, M_W]$ певного порогового значення.

Для кількісної оцінки ефективності фазової статистичної обробки в задачах виявлення радіосигналів з гармонічною несучою на фоні шуму у порівнянні з амплітудним методом необхідно обґрунтувати показник ефективності. Особливістю фазового методу є те, що він ґрунтується на формуванні і аналізі статистики r, яка визначається за неенергетичною характеристикою сигналу – ФХС, отже, і r є неенергетичною. За такої умови вбачається доцільним оцінити відношення С/Ш після фазової обробки як відношення максимального значення статистики $r[j, M_W]_{\max,i}$ для i-го

донного сигналу до середньо квадратичного відхилення цієї статистики $\sigma_r[j, M_W]$ на ділянках, що не містять донних імпульсів. Тоді ефективність E можна оцінити за збільшенням відношення С/Ш після обробки сигналу, як

$$E = \left(\frac{C}{Ш}\right)_{вих} \Big/ \left(\frac{C}{Ш}\right)_{вх} = \frac{r[j, M_W]_{\max, i}}{\sigma_r[j, M_W]} \Big/ \frac{A[j]_{\max, i}}{\sigma_ш}, \quad (3)$$

$$\sigma_r[j, M_W] = \sqrt{-2 \ln r[j, M_W]}. \quad (4)$$

Результати експерименту. Для формування сигналу використовувався генератор сигналів заданої форми АНР-3122, виробництва компанії «Актаком», (Російська Федерація). Електричний сигнал подавався на п'єзоелектричний перетворювач суміщеного типу з робочою частотою 2,5 МГц, який встановлювався на стандартний зразок з товщиною 17,8 мм. Для попередньої обробки сигналів УЗК використовувався одноканальний дефектоскоп USPC 3100 LA виробництва компанії «Socomate», (Франція).

В якості зондуючого сигналу використовувався радіоімпульсний сигнал виду (1), з наступними характеристиками та параметрами: обвідна сигналу $U(t)$ подібна до гауссівської, максимальне амплітудне значення обвідної 5 В, частота $f = 2{,}3$ МГц. Дискретизація сигналів в дефектоскопі виконувалася з частотою $f_Д = 50$ МГц, в результаті отримувалась вибірка значень обсягом $N = 15000$. Середньоквадратичне значення шуму $\sigma_ш$ становило ~ 0,019 В.

Отримані в ході експерименту дані представлені на рис.1: а) графік сигналу УНК; б) обвідна сигналу УНК; в) графік статистики $r[j, M_W]$.

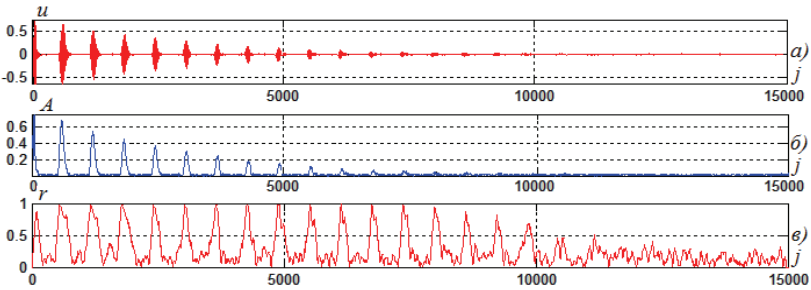


Рис.1. Графіки: а) експериментальний сигнал $u_Д[j]$; б) обвідна сигналу $A[j]$; в) статистика $r[j, M_W]$

З рис.1,а,б видно, що аналізований сигнал являє собою послідовність донних радіоімпульсів в суміші з гауссівським шумом, які загасають за експоненціальним законом. Значення $U_{\max, i}$ для перших дев'яти відгуків становили 0,68 В, 0,54 В, 0,44 В, 0,36 В, 0,30 В, 0,24 В, 0,19 В, 0,15 В, 0,11 В. Співставний аналіз обвідної (рис.1,б) і статистики $r[j, M_W]$ (рис.1,в)) дозволяє зробити висновок про те, що запропонований і досліджений метод фазової статистичної обробки сигналів УНК є більш ефективним оскільки

забезпечує можливість виявлення більшої кількості донних імпульсів. Дійсно, обвідна донних імпульсів починаючи з i=14 практично не дозволяє вирізнити наступні імпульси на фоні шуму. Натомість графік статистики $r\left[j, M_W\right]$ свідчить про те, що в даному експерименті впевнено виявляються 18 донних імпульсів. Для i=18 імпульсу відношення С/Ш становить ~1.

На рис.2,а показано графіки відношень С/Ш для вхідного сигналу (колами) і статистики r (квадратиками), а також графік запропонованої оцінки ефективності E (рис.2,б) розглянутого фазового способу виявлення сигналів УНК, яка визначається за формулою (3).

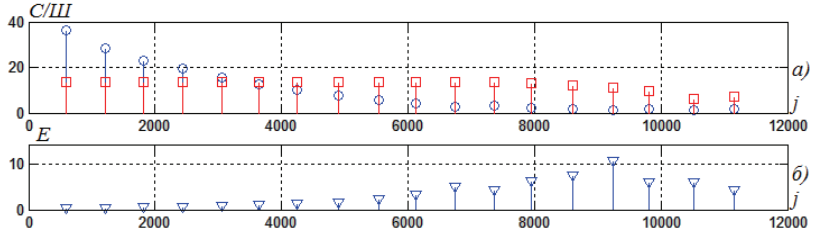


Рис.2. Ефективність виявлення донних сигналів

З рис.2,в видно, що статистична обробка фазових характеристик сигналів в УНК для низьких відношень С/Ш, дає кращий результат в порівнянні з амплітудними методами, що кількісно підтверджено оцінкою ефективності фазового методу обробки даних за виразом (3).

Висновки. Запропоновано оцінювати відношення С/Ш після фазової статистичної обробки, як відношення статистики r – вибіркової результуючої довжини вектора, на ділянках фазової характеристики за наявності і відсутності сигналів УНК. Експериментально підтверджено ефективність статистичної обробки фазових характеристик сигналів УНК в задачах їх виявлення на фоні значного шуму. Експериментальні дослідження підтвердили також, що граничне значення відношення С/Ш за яких зберігається можливість виявлення донних імпульсів залежить від ширини вікна аналізу статистики r, співвідношення частоти сигналу і періоду дискретизації і може бути зменшене за рахунок їх раціонального вибору.

Список літератури

1.*Куц Ю.В.* Статистична фазометрія / Ю.В. Куц, Л.М. Щербак. – Тернопіль: Тернопільський державний технічний університет, 2009р. – 383 с.

2.Патент України на корисну модель № 35057. Спосіб ультразвукового вимірювання товщини виробів / Ю.В. Куц, В.С. Єременко, О.В. Монченко, І.М. Лапіга. – Опубл. 26.08.2008, Бюл. №16, 2008.

3.*Куц Ю.В.* Фазовый способ ультразвукового измерения толщины изделий / Куц Ю.В., Быстрый С.А., Лапига И.Н., Монченко О.В. // 19th National scientific symposium «Metrology and Metrology Assurance 2009» (september 10-14, 2009). – Proceedings of the symposium, Sozopol, Bulgaria, 2009. – p.192-197.

УДК 621.38; 536.5

А. А. Гагарин к.т.н., доц.,
И.В. Мирошниченко, старший преподаватель
(Национальный технический университет Украины
"Киевский политехнический інститут")

ШЕРОХОВАТОСТЬ КАК ГЕОМЕТРИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПОВЕРХНОСТЕЙ ИЗДЕЛИЙ АВИАЦИОННОЙ ТЕХНИКИ

В число стандартных нормированных статистических высотных и шаговых параметров шероховатости поверхностей и параметра относительной опорной длины профиля включен ненормируемый параметр DIR, характеризующего направление следов обработки, оказывающих влияние на прочность авиационных изделий и погрешности измерения их характеристик при продувке в аэродинамических трубах.

Сокращение времени проектирования изделий авиационной и космической промышленности (Aviation Problem area – APRAR) позволяет применение CALS-технологий непрерывной информационной поддержки (Continues Acquisition and Life cycle Support – CALS), одной из составляющих которых является разработка многоканальных и многофункциональных систем обработки экспериментальных данных (СОЭД), в том числе и шероховатости [1].

Качество поверхности изделий APRAR обусловливается как свойствами материалов, так и методами их обработки. Геометрические характеристики поверхности: отклонение формы (макрогеометрия); волнистость; шероховатость (микрогеометрия) взаимосвязаны и поэтому, для отделения шероховатости поверхности от отклонения формы и волнистости, её рассматривают [2] в пределах ограниченного участка l, называемого базовой длиной, а требования к шероховатости устанавливаются исходя из функционального назначения изделий, независимо от способа получения поверхности или её обработки.

Шероховатость является одной из геометрических характеристик поверхности деталей и оказывает влияние на износ трущихся поверхностей, зарождение трещин усталости, смятие, коррозионное, эрозионное и кавитационные разрушения и др. Трение и износ деталей в значительной степени связаны с макронеровностями, волнистостью и микронеровностями, а также с направлением штрихов (следов) обработки, характеризуемых ненормируемым параметром DIR.

Параметр DIR в APRAR позволяет формализовать зависимости между шероховатостью и эксплуатационными показателями: аэродинамическим и жидкостным трением; износом при скольжении и качении; контактной жесткости; прочностью прессовых и клеевых соединений; отражательной способностью в оптическом и радиотехническом диапазоне; износостойкость при переменных нагрузках; коррозионной стойкость и адгезии различных покрытий, влияние шероховатости на точность аэродинамических измерений при продувке изделий в аэродинамических трубах и т. д.

При взаимном перемещении контактирующих поверхностей, имеющих микронеровности (шероховатость), в первоначальный момент происходит срез, отламывание и пластический сдвиг вершин неровностей. Зависимость износа от времени работы трущихся поверхностей следующая: за время приработки T_1 сравнительно быстро происходит начальное изнашивание, которое при правильном режиме смазывания изнашивание за время T_2 протекает медленно из-за образования так называемой равновесной шероховатости, определяющей срок службы детали до начала катастрофического изнашивания. При меньших начальных шероховатостях T_1 уменьшается, а относительное время T_2/T_1 работы изделия будет увеличиваться.

От величины шероховатости поверхности зависит прочность деталей, так как их разрушение, особенно при переменных нагрузках, в значительной степени объясняется возникновением концентраторов напряжений – усталостных поверхностных трещин материала. Отделочная обработка деталей (доводка, полирование и т.п.) обеспечивает значительное повышение предела их усталостной прочности. Уменьшение шероховатости поверхности существенно улучшает антикоррозионную стойкость деталей, что играет немаловажную роль и в сопряжениях, отвечающих условиям плотности, герметичности, теплопроводности. Это имеет особое значение в том случае, когда для поверхностей изделий APRAR не могут быть использованы защитные покрытия (диэлектрические обтекатели локационных станций, оптические детали, обтекатели головок ракет и др.). С уменьшением шероховатости улучшается отражение электромагнитных, ультразвуковых и световых волн; сокращаются потери электромагнитной энергии в волноводных трактах и резонирующих системах и т. д.

Высокой точности всегда соответствует малая шероховатость, так как уменьшение шероховатости поверхности вносит большую определённость в характер сопряжения. По стандартам [2], а также ISO и DIN, шероховатость реальной поверхности оценивается по значениям отклонений высот ординат *y* профиля шероховатости от средней линии *m* профиля шероховатости (чаще поперечного), получаемого путем сечения плоскостью по нормали в пределах *l – базовой длины*.

Для оценки шероховатости поверхностей стандарт [2] устанавливает три высотных параметра *Ra, Rz* и *Rmax*; два шаговых (S_i, S_{mi}) и t_p − параметр относительной опорной длины профиля. Высотные параметры вычисляются как статистические характеристики $Ra = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\left|y\right|$ и $Rz = \frac{\sum_{i=1}^{5}\left|ypmi\right| + \sum_{i=1}^{5}\left|yvmi\right|}{5}$, где *Ra* − среднее арифметическое значение абсолютных отклонений всех неровностей *y* профиля *n* выбранных точек на базовой длине *l* и *Rz* − сумма средних абсолютных значений высот пяти наибольших выступов *ypmi* и глубин *yvmi* пяти наибольших впадин профиля в пределах базовой длины *l*. Параметр S_i характеризует взаимное расположение (расстояние) характерных точек неровностей (максимумов *Rmax*) профиля, S_{mi} − точек пересечения профиля со средней линией *m* (нулей профиля). Параметр t_p характеризует

высоту и форму неровностей профиля, аналогичен функции распределения выбросов случайных процессов над порогом и позволяет судить о фактической площади контакта поверхностей на заданном уровне p, т.к. содержит наибольшую информацию о высотных свойствах профиля.

При назначении параметров шероховатости поверхностей необходимо устанавливать способ (или последовательность способов) получения или обработки поверхности, если они являются единственными для обеспечения её заданного качества, иначе значительно увеличивается стоимость обработки. В некоторых случаях повышение требований к шероховатости может оказаться не только нерентабельным, но и недопустимым по условиям эксплуатации. Для таких поверхностей следует нормировать оптимальную шероховатость, которая должна быть близкой к технологической шероховатости методов обработки.

На практике применяются три варианта нормирования шероховатости:

1) Наибольшим числовым значением стандартных параметров шероховатости, *Ra*, *Rz*, *Rmax*, S_i, S_{mi} и по наименьшему предельному значению параметра t_p [2], в основном применительно к деталям изделий. Параметры *Rz* и *Rmax* нормируют в случаях, когда необходимо ограничить полную высоту неровностей профиля, а также тогда, когда прямой контроль параметра *Ra* не представляется возможным, например, поверхностей, имеющих как большие размеры и сложную конфигурацию (изделия APRAR), так и малые размеры (режущие кромки инструментов, детали приборов и т.п.).

2) Диапазоном значений стандартных параметров шероховатости. Например, для функционирования изделия APRAR иногда недопустима слишком гладкая поверхность некоторых его деталей, обеспечивающих адгезию пластин клееного термостойкого покрытия изделий APRAR.

3) Номинальным значением стандартных параметров шероховатости. Применяется, в основном, для образцов сравнения шероховатости поверхности.

Основным во всех случаях является нормирование параметров шероховатости по высоте, причем предпочтительно нормирование *Ra*, который более информативно, чем *Rz,* вычисляемый по десяти точкам неровностей y профиля, характеризует неровности профиля, так как вычисляется по многим значениям ординат y многим n точкам (или достаточному числу n выбранных точек) базовой длины l профиля шероховатости [3].

Использование неформализуемого параметра DIR позволяет уменьшить погрешность классификации математических моделей (ММ), состоящей в несоответствии реальных процессов приписываемой им ММ. К таким процессам, например, относится износ поверхности в случаях, связанных с направлением относительного скольжения сопряженных деталей или с направлением движения струи жидкости или газа по поверхности детали (или всего изделия), характерных для APRAR. Износ уменьшается и достигает минимума при совпадении направления скольжения либо движения струй газов или жидкостей с направлением неровностей на поверхностях деталей, что должно учитываться при проектировании изделий APRAR для обеспечения

виброустойчивости и прочности при циклических нагрузках.

Если точность сопряжения и метод обработки не позволяют определить требования к шероховатости, её назначение производится: 1) по прототипу (метод прецедентов); 2) расчетным методом и 3) экспериментально. Выбор значений параметров (*Ra*, *Rz*, *Rmax*, t_p, S_m, *S*) и назначение DIR должны производиться с учетом эксплуатационные свойства поверхности (ЭСП), приведенных в таблице.

Эксплуатационные свойства поверхности (ЭСП)	Параметры шероховатости и характеристики ЭСП
Износоустойчивость при трении	*Ra* (*Rz*), t_p, DIR
Виброустойчивость	*Ra* (*Rz*), t_p, DIR
Контактная жесткость	*Ra* (*Rz*), t_p, DIR
Прочность соединения	*Ra* (*Rz*), S_m, DIR
Прочность при циклических нагрузках	*Ra* (*Rz*), t_p, DIR
Герметичность соединений	*Rmax*, *Ra* (*Rz*), t_p, DIR
Сопротивление на СВЧ	*Rmax*, S_m, *S*, DIR
Измерение характеристик изделий при продувке в аэродинамических трубах	*Ra*, S_m, *S*, *Rmax*, (*Rz*), DIR

Выводы. В APRAR использование ненормируемого параметра DIR, в дополнение к стандартным нормируемым параметрам, имеет особое значение, так как позволяет уменьшить погрешность классификации математических моделей многих функциональных свойств изделий: износоустойчивости при всех видах трения; прочности и контактную жесткости конструкций и соединений из композитных материалов, особенно при циклических нагрузках; виброустойчивости при работе в газообразных, жидких средах и в плазме (аэродинамика, гидравлика, физические исследования); прочности и герметичности термостойких покрытий и соединений при воздействии различных излучений, поверхностного электрического сопротивления при радиолокационном СВЧ-облучении, а также при измерениях характеристик изделий APRAR при их продувке в аэродинамических трубах, особенно на сверхзвуковых скоростях.

Список литературы

1. Марчук М. О. Проблематика розробки інформаційних технологій контролю якості шорсткості поверхні / І. В. Мірошниченко // Науковий журнал Технологічні комплекси № 1, 2 (5, 6) 2012, Луцький національний техніч. університет. С. 57-61

2. ГОСТ 2789-73 “Шероховатость поверхности. Параметры и характеристики”

3. Детлинг В.С. Система измерения шероховатости поверхностей / И. В. Мирошниченко // V Международная научно-техническая конференция “Гиротехнологии, навигация и управление движением” – Сборник докладов, Киев 21-22 апреля 2005 г. – С. 356-360

УДК 621.336.2 (043.2)

Єременко В. С. к.т.н., проф., Шегедін П.А., аспірант, Суслов Є.Ф., аспірант,
Єпіфанова А. О., студентка
(Національний авіаційний університет, Україна, м. Київ)

ІНФОРМАЦІЙНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СИСТЕМИ КОНТРОЛЮ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ СТРУМОПРИЙМАЧА ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ

В статі наведено особливості побудови інформаційно-вимірювальної системи для відеореєстрації та розпізнавання об'єктів. Описано програмне забезпечення системи машинного зору для контролю технічного стану струмоприймача залізничного транспорту та класифікації ділянок колії за рівнем якості контактної мережі живлення.

Діагностика та контроль технічного стану об'єктів залізничного транспорту є невід'ємним атрибутом його функціонування, адже завдяки всебічному контрою досягається необхідний рівень надійності, безпеки та стабільності перевезень вантажів та пасажирів. Необхідно здійснювати постійний контроль тягово-рухомого складу, колії та систем електроживлення. Важливою задачею є забезпечення якісного зняття струму для передачі електричної енергії з контактної мережі в тягово-рухомий склад. Існують підвищені вимоги до якості динамічної взаємодії струмоприймача і контактної мережі, оскільки будь-які порушення в системі струмознімання можуть призвести до різкого зменшення терміну служби або пошкодження мережі чи пантографу. При взаємодії струмоприймача і контактної мережі в контакті виникають значні сили, викликані в процесі експлуатації відхиленнями від норми параметрів системи струмознімання, а також кліматичними умовами.

У зв'язку з переходом залізничного транспорту на підвищену швидкість руху, для підвищення якості струмознімання необхідно здійснювати безперервний безконтактний відеоконтроль стану струмоприймача та контактної мережі. Встановлення пристрою відеоконтролю не вимагає внесення змін у конструкцію струмоприймача, система придатна для роботи з великою кількістю різних типів струмоприймачів, пристрій не вимагає значних енерговитрат і може живитися від бортової мережі тягово-рухомого складу. Висока електробезпека системи контролю забезпечується за рахунок безконтактного способу вимірювання. Візуальний аналіз дозволяє визначити причини аварій (обрив контактного проводу, пошкодження пантографа), але часто досить складно відстежити ділянки виходу контактного проводу за межі контактної частини пантографа, а також скласти профіль контактного кабелю на певній ділянці шляху. Тому розробка спеціальної інформаційно-вимірювальної системи, що дозволяє автоматично розпізнавати контактний кабель, пантограф, фіксувати координати пантографу відносно кабеля живлення і отримувати інші характеристики системи струмознімання є актуальної завданням.

Структурна схема розробленої інформаційно-діагностичної системи контролю пантографу та контактної мережі на основі машинного зору представлена на рис. 1. Апаратна частина системи складається з спеціального відеореєстратора та персонального комп'ютера з відповідним програмним забезпеченням. Програмна частина виконана у вигляді відносно незалежних модулів, що передбачає можливість доповнення та удосконалення системи шляхом зміни параметрів конкретних модулів без необхідності перебудови загального програмного кодую. Для налаштування системи можна скористатися як алгоритмом автоматизованого налаштування так і ручного.

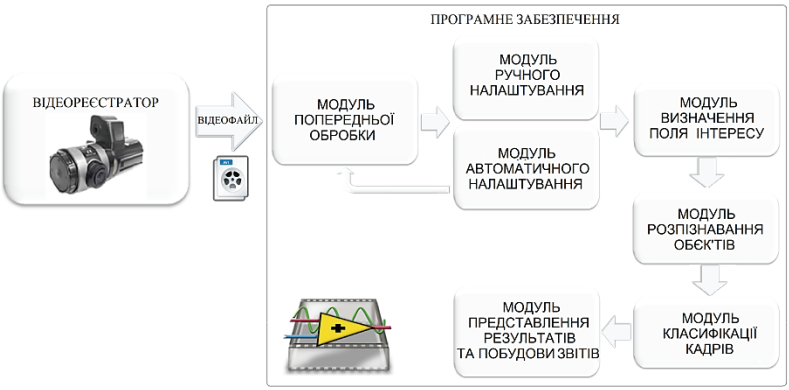


Рис. 1. – Структурна схема системи контролю якості взаємодії пантографу та контактної мережі живлення.

Програмне забезпечення системи складається з наступних модулів:

- Модуль попередньої оброки. В даному модулі здійснюється базове налаштування алгоритму та проводиться підготовка зображень що поступають у вигляді набору кадрів від відеореєстратора. Здійснюється адаптивна бінаризація зображень та фільтрація неінформативних кадрів.
- Модуль ручного налаштування – відповідає за налаштування основних параметрів зображень, а саме контрастність, яскравість та інші характеристики. За допомогою ручного налаштування оператор може підібрати найбільш оптимальні параметри для розпізнавання активної частини пантографу та контактного кабелю мережі живлення. Дані параметри варіюються в залежності від погодніх умов запису відео, кута падіння світла та загальної освітленості кадрів.
- Модуль автоматичного налаштування – здійснює вибір оптимальних значень параметрів зображень на основі автоматичної перевірки якості розпізнавання об'єктів на вибіркових кадрах, що рівномірно відбираються з усього відео файлу. При зміні таких параметрів, як кут падіння сонячного світла та рівень інтегральної освітленості можуть змінитися і оптимальні значення параметрів налаштування зображень, тому доцільно використання короткі відеореалізації, отримані шляхом розбиття вихідного відеофайла на частини.

- Модуль визначення поля інтересу. В даному модулі здійснюється вибір меж поля аналізу з усього зображення та вибір алгоритму розпізнавання контактного кабелю та активної ділянки пантографу.
- Модуль розпізнавання об’єктів – реалізує вибраний в попередньому модулі алгоритм машинного зору.
- Модуль класифікації кадрів – дозволяє класифікувати кадри за вибраним критерієм, а саме положенням контактного кабелю відносно певних зон активної частини пантографу. Дана класифікація дозволяє виділити кадри, а відповідно і ділянки колії, на яких контактний кабель перебував в центральній зоні чи в зонах близьких до краю струмоприймача.
- Модуль представлення результатів та побудови звітів – здійснює візуалізацію розрахованих параметрів та індикацію розпізнаних об’єктів.

Програмне забезпечення даної системи розроблене в середовищі графічного програмування Labview та набору модулів NI Vision Development Module. До складу пакету Vision Development Module входить велика кількість бібліотек функцій і додатків, що дозволяють організувати захоплення і обробку зображень, що фіксуються цифровими камерами. Модуль включає в себе інтерактивну оболонку NI Vision Assistant, призначену для розробки прототипів додатків без програмування й потужну бібліотеку з більш ніж 200 функцій обробки зображень IMAQ Vision. Можливість спільного використання NI Vision Assistant та IMAQ Vision дозволяє скоротити терміни створення систем машинного зору**.**

При обробці відео використовується метод адаптивної бінаризації. Бінаризація, тобто переведення зображення в монохромне, де присутні тільки два типи пікселів (темні і світлі), дозволяє спростити процедуру розпізнавання, зменшити кількість випадкових спрацьовувань обумовлених артефактами декодування та ін. У розробленій програмі використовується метод адаптивної бінарізації, що використовується при неоднорідному освітленні об'єктів. Адаптивна бінаризація використовується для обробки напівтонових зображень поганої якості, на яких за нерівномірного фону звичайна бінаризація із застосуванням простого порогового критерію дає погані результати. При виконанні адаптивної бінаризації програмне забезпечення аналізує характеристики яскравості областей зображення. Алгоритми адаптивної бінаризації зображень базуються на використанні локальної або глобальної гістограми зображення. Підхід, заснований на використанні гістограми яскравості пікселів, є одним з найбільш відомих і, безумовно, найбільш простим.

Взагальному, алгоритм обробки складається з наступних етапів:

•отримання та відкриття зображення з камери;

• попередня обробка та бінаризація зображення, яка відбувається за допомогою функції Local Threshold VI, що проводить обробку зображення виходячи із заданих налаштувань. Після даних операцій, значення кожного пікселя дорівнює «0» (фон) або «1» (об'єкт);

• у виділеній області інтересу знаходяться всі можливі прямі лінії за допомогою функції Findstraightedges VI, яка визначає лінії як безліч точок на межі переходу від фону до об'єкта; Серед поперечних ліній відбувається

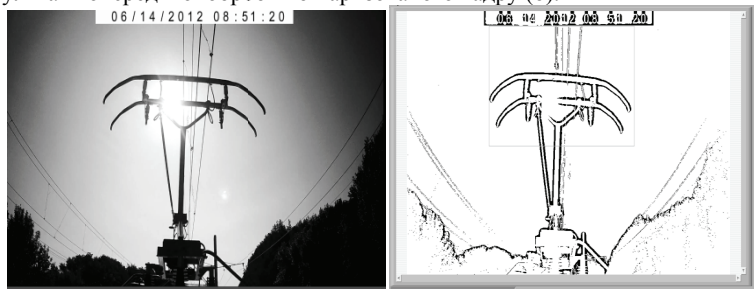
пошук та ідентифікація поверхні пантографу, повздовжні – відповідають кабелям мережі живлення.

• розпізнавання контактного проводу як найбільш широкої прямої лінії і знаходження його координат;

• знаходження координати точки контакту дроту і пантографа;

• побудова профілю контактного проводу на графіку та класифікація кадрів за положенням точки дотику контактного кабелю та струмоприймача.

На рис.2 зображено вихідне зображення з відео реєстратора та результат попередньої обробки бінаризованого кадру (б).



(а) (б)

Рис. 2. – (а)зображення з відео реєстратора, (б) результат попередньої обробки бінаризованого кадру.

Висновки

Візуальний спосіб відстеження стану струмоприймача дозволяє однозначно визначити причину його несправності. Запропонована система дозволяє виявляти вихід контактного проводу за допустимі межі активної частини струмоприймача, що дає можливість запобігти пошкодженню контактної мережі та пантографу. Принципи побудови даної системи передбачають можливість доповнення її новими модулями для часткової зміни функціональності системи, що дозволить використовувати систему в режимі реального часу з можливістю сигналізації виходу певних параметрів за допустимі межі.

В майбутньому планується доповнити дану систему GPS модулем та відповідним програмним забезпеченням, що дозволить прив’язати кадри до географічних координат та особливостей колії (пряма ділянка чи крива, підйом чи спуск) та швидкість руху досліджуваного об’єкту. Це дозволить сформулювати рекомендації щодо удосконалення стану контактної мережі або швидкісних режимів руху об’єкту на конкретних ділянках колії для забезпечення максимального рівня безпеки та якості струмознімання.

Перевагою даної системи відносно існуючих є можливість здійснення комплексного контролю якості струмознімання, що досягається шляхом неперервного контролю положення пантографу відносно контактної мережі в процесі експлуатації тягово-рухомого складу.

УДК 621.37

Г.В. Соколовська, к.т.н. НАУ (НАУ, Україна, м.Київ)
Л.М. Щербак, д.т.н., професор (НАУ, Україна, м. Київ)

СИСТЕМИ ВИМІРЮВАНЬ ХАРАКТЕРИСТИК РАДІОСИГНАЛІВ

Запропонована класифікація систем вимірювань характеристик радіосигналів, базуючись на їх функціональному призначенні. Наведені типові структурні схеми запропонованих видів систем і основні задачі вимірювань характеристик радіосигналів.

Вступ. Радіосистеми в класі систем передачі та обробки інформації займають особливе місце. Для роботи радіосистем різних призначень використовують майже весь діапазон радіохвиль від метрових до міліметрових, а самі радіосигнали поділяють на вузькосмугові, широкосмугові та шумові.

Характеристика радіосигналів є функцією, у загальному випадку, часу і просторових координат, а в більшості практичних випадків при фіксованих просторових координатах є функціями часу. Термін «характеристика радіосигналів» є більш загальним у порівнянні з терміном «параметр радіосигналів», тому що «характеристика радіосигналів» є більш фізично обгрунтованим на практиці і має статистичний характер. Так, наприклад, при реальних вимірюваннях частота несучої радіосигналу протягом певного інтервалу часу не завжди є постійною величиною із-за дії різних, включаючи випадкові фактори, і тому має функціональну, а в більшій мірі стохастичну залежність від часу.

Постановка завдання. Базуючись на функціональних призначеннях радіосистем при вирішенні різнопланових задач, запропонувати класифікацію систем вимірювання характеристик радіосигналів. Згідно з класифікацією навести структурні схеми таких систем і визначити типові задачі вимірювань характеристик радіосигналів.

Радіотехнічні системи (РТС) відносяться до класу інформаційно-управляючих технічних систем, які виконують виявлення, передачу, обробку, управління та радіопротидію інформації за допомогою радіохвиль. Класифікацію РТС можна проводити за різними ознаками, включаючи предметну область використання радіосигналів. За нею їх можна ділити на системи передачі, виявлення, обробки, радіопротидії інформації, а також на системи радіоуправління та захисту. В свою чергу, кожна з цих груп має свій різновид, який відрізняється функціональним призначенням системи. Відомі типи радіотехнічних систем за функціональним призначенням представлені на рис. 1.

У загальній постановці задач кожна РТС проводить вимірювання характеристик радіосигналів, тому при вирішенні актуальних і важливих задач вимірювання характеристик радіосигналів наведені типи радіотехнічних систем за їх функціональним призначенням запропоновано класифікувати так:

- спеціальні системи вимірювань характеристик радіосигналів як самостійні системи – у вузькому сенсі;

- як підсистеми вимірювань характеристик радіосигналів більш складних радіотехнічних систем різного призначення – у широкому сенсі.



Рис. 1. Відомі види РТС за їх функціональним призначенням

До систем вимірювання характеристик радіосигналів у вузькому сенсі можна віднести такі системи, як системи радіоконтролю, системи електромагнітною сумісності тощо.

У широкому сенсі до систем вимірювань характеристик радіосигналів можна віднести любу радіотехнічну систему, яка має складову підсистему моніторингу, контролю, діагностики тощо.

Коротко зупинимось на кожному запропонованому виду систем.

Для забезпечення управління радіочастотним ресурсом здійснюється радіоконтроль - процес вимірювань, обробки, збереження та аналізу даних про характеристики випромінювань радіоелектронних засобів та інших джерел радіовипромінювань.

Системи електромагнітної сумісності в основному працюють при просторовому зосередженні радіоелектронних систем різного призначення, наприклад, на кораблях, літаках, космічних апаратах, здійснюють контроль, діагностику, моніторинг для забезпечення виконання радіосистемами своїх функцій.

Структурна схема спеціальної системи вимірювання характеристик радіосигналів у вузькому сенсі наведена на рис. 2.

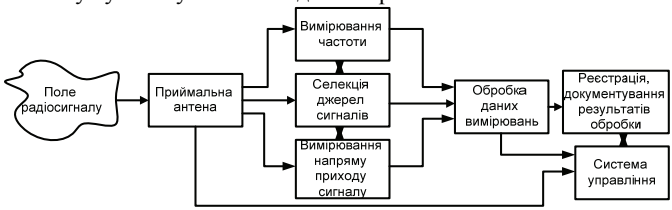


Рис. 2. Спрощена структурна схема спеціальної системи вимірювання характеристик радіосигналів у вузькому сенсі

Як видно з рис. 2, спеціальні системи вимірювань характеристик радіосигналів включають наступні підсистеми: антенну; пошуку джерела радіовипромінювань по частоті; просторовій селекції; пеленгування або позиціонування джерел радіовипромінювань; аналізу, розпізнавання радіовипромінювань та їх джерел; реєстрації й документування.

Треба замітити, що в якості антени в більшості випадків використовують адаптивну антенну решітку, що дає можливість забезпечити розв'язок наступних двох задач:

• просторова фільтрація адаптивної антенної решітки є необхідною ланкою (модулем, підсистемою) загальної системи забезпечення завадостійкості прийому радіосигналів при дії завад;

• вимірювання просторового (азимутального) напряму джерела радіосигналів з високими точносними характеристиками.

Приклад програмного забезпечення спеціальної системи вимірювання характеристик радіосигналів представлений на рис. 3.

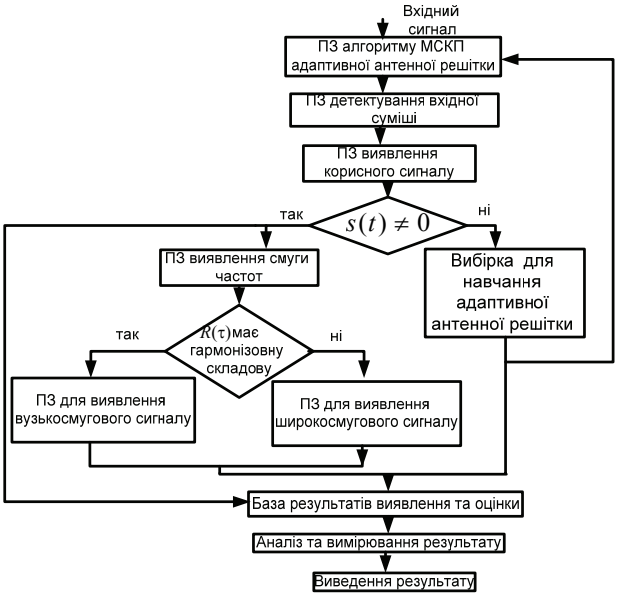


Рис. 3. Приклад програмного забезпечення спеціальної системи вимірювань характеристик радіосигналів

З рис. 3 видно, що вхідний сигнал спочатку проходить через адаптивну антенну решітку, потім проходить алгоритм виявлення сигналу з отриманої суміші сигнал/завада. Після цього проходить обробка та вимірювання характеристик радіосигналів.

Система вимірювань характеристик радіосигналів у широкому сенсі є підсистемою більш складної РТС. Необхідно відмітити, що, система вимірювання характеристик радіосигналів у широкому сенсі в першу чергу

забезпечує вирішення основних задач РТС різного призначення на основі розв'язку задач вимірювань характеристик відповідних радіосигналів, аналізу їх динаміки і формування сигналів управління.

Структурну схему підсистеми вимірювань характеристик радіосигналів для системи передачі інформації представлено на рис. 4.

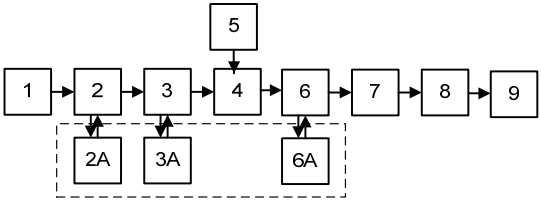


Рис. 4. Структурна схема підсистеми вимірювань характеристик радіосигналів для системи передачі інформації у широкому сенсі

На схемі рис. 4 використані наступні позначення модулів та об'єктів РТС:

1 – інформація для передачі; 2 – формування інформаційного сигналу у виді електричного струму або напруги тракту передачі; 2А – вимірювання характеристик інформаційного сигналу; 3 – формування і передача радіосигналу; 3А – вимірювання характеристик радіосигналу тракту передачі; 4 – канал передачі радіосигналів; 5 –джерело завад; 6 – приймальний тракт радіосигналів; 6А – вимірювання характеристик радіосигналів тракту приймання; 7 – обробка результатів; 8 – база даних і результатів вимірювань, досліджень функціонування РТС; 9 – інформація для користувача системою.

На схемі рис. 4 всі блоки та модулі системи вимірювань характеристик радіосигналів позначені буквою А.

Висновки. Базуючись на функціональних призначеннях радіосистем при вирішенні різнопланових задач, запропоновано класифікацію систем вимірювання характеристик радіосигналів. Згідно з класифікацією наведені структурні схеми систем вимірювань у широкому та вузькому сенсах і визначені типові задачі вимірювань характеристик радіосигналів.

Список літератури

1. Бендат Дж., Пирсол А. Прикладной анализ случайных данных: Пер. с англ. – М.: Мир, 1989. – 540 с., ил.

2. Казаринов Ю.М. Радиотехнические системы: Учеб. для вузов по спец. «Радиотехника» / Ю.П. Гришин, В.П. Ипатов, Ю.М. Казаринов и др.; Под ред. Ю.М. Казаринова. – М.: Высш. шк., 1990. – 496 с., ил.

3. Куликов Е.И. Методы измерения случайных процессов. – М.: Радио и связь, 1986. – 272 с., ил.

4. Фалькович С.Е. Оценка параметров сигнала. – М.: Сов. радио, 1979. – 336 с.

УДК 620.179:534.6

С.Ф. Филоненко (д.т.н., проф., НАУ, Киев, Украина)
А.П. Космач (м.н.с., НАУ, Киев, Украина)

МОДЕЛИРОВАНИЕ АКУСТИЧЕСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ПРИ ИЗМЕНЕНИИ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПОВЕРХНОСТЕЙ ТРЕНИЯ ИЗ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

Проведено моделирование амплитуды и энергии результирующих сигналов акустической эмиссии при трении композиционных материалов. Определено закономерности изменения амплитудных и энергетических параметров сигналов при изменении твердости поверхностей из композиционных материалов, а также их дисперсности по прочностных свойствах.

Композиционные материалы (КМ) и покрытия на их основе находят все большее применение в узлах трения. Повышенная износостойкость поверхностей трения из КМ приводит к уменьшению интенсивности износа узла трения, а также увеличивает срок его эксплуатации. В тоже время, специфика строения КМ обуславливает специфику разрушения их поверхностных слоев с формированием сложных продуктов износа. Данные процессы возникают на микроуровне, а фиксация их зарождения является особенно важным при разработке методов контроля и диагностики узлов трения из КМ.

Одним из методов, который обладает высокой чувствительностью к субмикро и микропроцессам разрушения материалов, включая и их поверхностных слов, является метод акустической эмиссии (АЭ). Следует отметить, что данный метод используется как для традиционных, так и для КМ. Однако существенные сложности, которые связаны как с процессами формирования акустического излучения, так и с интерпретацией полученной информации существенно ограничиваю использование метода АЭ в контроле и диагностике узлов трения из КМ.

С этой точки зрения особое значение имеет теоретические исследования процессов акустического излучения, в частности определение и описание закономерностей изменения параметров сигналов АЭ при развитии процессов протекающие на поверхностях фрикционного контакта. При этом важной задачей является определение воздействия разных факторов на развитие процессов разрушения КМ и, соответственно, формируемые сигналы АЭ.

К одним из таких факторов относят склонность КМ к хрупкому разрушению, а также дисперсность свойств КМ (поверхностных слоев КМ) по прочности. Безусловно, что изменение или вариация данных физико-механических характеристик КМ будет влиять на развитие процессов трения и износа, и, как следствие, на характер и параметры акустического излучения. Такие исследования, позволяющие согласовать теоретические и экспериментальные результаты с возможностью их интерпретации, являются основой в разработке методов контроля и диагностики узлов трения из КМ.

Была разработана модель [1], описывающая результирующий сигнал АЭ, который формируется при трении поверхностей из КМ. Это позволяет получить закономерности изменения параметров сигналов АЭ при изменении влияющих факторов, таких как скорость изменения нагрузки, физико-механических характеристик КМ, размеров его элементов, дисперсности свойств по прочности и др. При этом рассматриваются элементарные выступы на поверхностях фрикционного контакта, разрушение которых происходит под действием поперечной силы при смене площадок контактного взаимодействия.

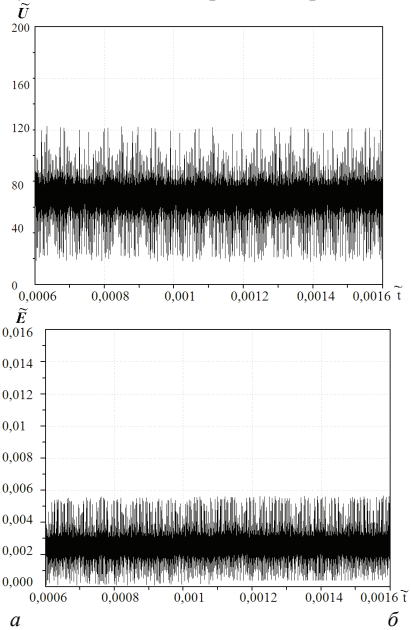
Следует отметить, что в разработанную модель входит параметр υ_0, который чувствителен к физико-химической природе и структуре твердого тела КМ, а также параметр r, который характеризует неоднородность прочностных свойств поверхностей фрикционного контакта. Безусловно, что определение влияния данных характеристик поверхностных слоев пары трения из КМ на закономерности изменения амплитудных и энергетических параметров формируемых результирующих сигналов АЭ является актуальным и важным.

При моделировании все параметры, которые входят в выражение для формируемого сигнала АЭ, представлены в относительных единицах. Были приняты следующие начальные значения параметров модели $\tilde{r}$, $\tilde{g}$ и $\tilde{\alpha}$: $\tilde{r}$ =10000; $\tilde{g}$ =0,1; $\tilde{\alpha}$ =200. Величина $\Delta\tilde{t}_j$ равнялась $\Delta\tilde{t}_j$ =1,1×10^{-6}. Значение $\tilde{\delta}$ изменялось в диапазоне величин от 0 до 5×10^{-7} произвольным образом. Время $\tilde{t}_0$ начала разрушения элементов КМ и пороговое напряжение $\tilde{\sigma}_0$ разрушения примем равными: $\tilde{t}_0$ =0,0006; $\tilde{\sigma}_0$ =0,101941909. Значение $\tilde{t}_0$ и $\tilde{\sigma}_0$ были определены по диаграмме изменения эквивалентных напряжений во времени для принятых параметров и заданной скорости нагружения КМ, согласно [2]. Результаты проведенного моделирования амплитуды $\tilde{U}$ и энергии $\tilde{E}$ результирующего сигнала АЭ для принятых значений параметров показаны на рис. 1 в относительных единицах.

Результаты моделирования показывают, что результирующий сигнал АЭ является непрерывным сигналом с сильно изрезанной формой, который характеризуется средним значением амплитуды и энергии, а так же величиной их разброса.

С целью определения влияния склонности поверхностей трения к хрупкому разрушению было проведено моделирование сигналов АЭ при изменении значений параметра $\tilde{\upsilon}_0$ в относительных единицах в пределах от 0,4×10^6 до 1×10^6 с приращением $\Delta\tilde{\upsilon}_0$ =0,2×10^6. Увеличение значения $\tilde{\upsilon}_0$ означает увеличением склонности КМ к хрупкому разрушению. Для определения влияния дисперсности прочностных свойств фрикционного контакта было проведено моделирование сигналов АЭ при изменении

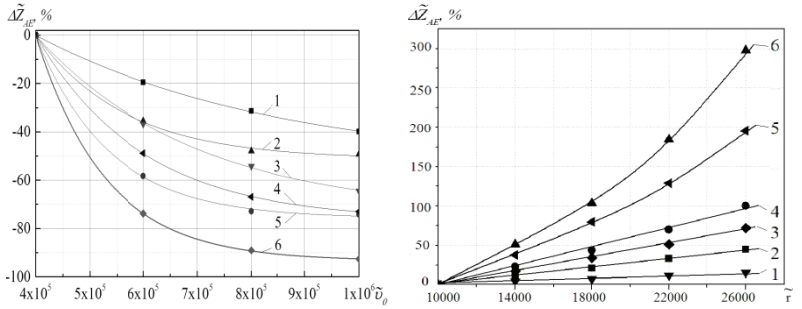
значений параметра r в относительных единицах. Его значение изменялось в диапазоне от $\tilde{r}=10^4$ до $\tilde{r}=2{,}6\cdot10^4$ с шагом приращения $\Delta\tilde{r}=4000$. Увеличение значения $\tilde{r}$ означает уменьшение дисперсности прочностных свойств КМ.



а *б*

Рис.1. Графики изменения амплитуды (*а*) и энергии (*б*) результирующих сигналов акустической эмиссии во времени, в относительных единицах для принятых условий моделирования. Параметры моделирования: $\tilde{r}=10^4$, $\tilde{\upsilon}_0=10^6$; $\tilde{\alpha}=200$; $\tilde{g}=0{,}1$; $\tilde{\sigma}_0=0{,}1019$

Обработка полученных результатов в виде зависимостей изменения процентного прироста среднего уровня амплитуды, его стандартного отклонения и дисперсии, среднего уровня энергии, его стандартного отклонения и дисперсии результирующих сигналов АЭ при возрастании значений параметров $\tilde{\upsilon}_0$ и $\tilde{r}$, по отношению к их начальных значения представлены на рис. 2.



а *б*

Рис. 2. Графики изменения процентного прироста среднего уровня амплитуды $\bar{\tilde{U}}$ (1), его стандартного отклонения $s_{\bar{\tilde{U}}}$ (2) и дисперсии $s^2_{\bar{\tilde{U}}}$ (5), среднего уровня энергии $\bar{\tilde{E}}$ (3), его стандартного отклонения $s_{\bar{\tilde{E}}}$ (4) и дисперсии $s^2_{\bar{\tilde{E}}_c}$ (6) при изменении значений параметра $\tilde{\upsilon}_0$ (*а*) и значений параметра $\tilde{r}$ (*б*) по отношению к их начальным значениям

При определении амплитудных и энергетических параметров сигналов АЭ $\Delta\tilde{Z}_{AE}$ длина выборки, а также интервал дискретизации оставались неизменными и, соответственно, составляли t_d=1×10^{-7} и N=5000 значений расчетных амплитуд.

Из рис. 2 видно, что наибольшее приращение при изменении значений параметра $\tilde{\upsilon}_0$, а также значений параметра $\tilde{r}$ имеет дисперсия среднего уровня энергии результирующего сигнала АЭ. При этом зависимости изменения дисперсии среднего уровня энергии результирующих сигнал АЭ имеют не линейный характер.

Выводы

Результаты моделирования показали, что результирующий сигнал АЭ, который формируется при трении поверхностей из КМ, является непрерывным сигналом с сильно изрезанной формой. При этом его можно характеризовать средним уровнем амплитуды и энергии, а также величинами их разброса. Моделированием показано, что при постоянных условиях нагружения с увеличением склонности материала к хрупкому разрушению происходит падение среднего уровня амплитуды и энергии результирующего сигнала АЭ и величин их разброса.

Из результатов обработки данных моделирования определено, что изменение амплитудных и энергетических параметров сигналов АЭ происходит нелинейно. При этом наибольшее приращение в параметрах анализируемых сигналов АЭ имеет дисперсия среднего уровня энергии результирующего сигнала АЭ. Уменьшение дисперсности свойств поверхностей КМ по прочности приводит к возрастанию амплитудно-

энергетических параметров результирующий сигнал АЭ. Из результатов обработки данных моделирования определено, что наибольшее приращение в анализируемых параметрах сигналов АЭ также имеет дисперсия среднего уровня энергии результирующего сигнала АЭ. При этом изменение данного энергетического параметра сигнала АЭ происходит нелинейно при изменении исследуемых физико-механических характеристик КМ.

При проведении экспериментальных исследований стоит ожидать наибольшей чувствительности дисперсии энергии формируемого сигнала АЭ к изменению физико-механических характеристик поверхностей фрикционного контакта из КМ.

Списокс литературы

1. Філоненко С.Ф. Модель сигналу аустичної емісії при терті поверхонь композиційних матеріалів / С.Ф. Філоненко, Т.М. Косицька, О.П. Космач // Нукоємні технології. – 2010. – №2(6). – С. 30–38.
2. Філоненко С.Ф. Вплив швидкості навантаження на амплітудні та енергетичні параметри сигналів акустичної емісії при руйнуванні композиційних матеріалів поперечною силою / С.Ф. Філоненко, Т.М. Косицька, О.П. Космач // Технологические системы. – 2012. – №1(58). – С. 46–51.

УДК 519.21

Н.Б. Марченко, к.т.н.,
Л.М. Щербак, д.т.н., проф.
(Національний Авіаційний Університет, Україна, м. Київ)

ЗАДАЧІ ЦИФРОВОЇ ОБРОБКИ ДВОВИМІРНИХ СИГНАЛІВ

Розглянуто методи обробки двовимірних цифрових сигналів та їх застосування в області інформаційно-вимірювальних технологій.

Вступ. За останні роки коло прикладних завдань, що вирішуються за допомогою цифрової обробки сигналів (ЦОС), істотно розширилося і включає: системи радіолокації, радіонавігації, телебачення, радіозв'язку; системи обробки інформації від бортових пристроїв та приладів; комплекси цифрової обробки телеметричної інформації; системи автоматичного та автоматизованого керування; цифрові комплекси технічної діагностики; комплекси автоматизації виробничих процесів [1]. Метою обробки цифрових сигналів є розв'язок двох задач: визначення реальних параметрів сигналу, на який діють завади як внутрішні (системні), так і зовнішні, та оцінка впливу характеристик діючих завад на параметри сигналу. Значна частина ЦОС відноситься до обробки одновимірних сигналів, ЦОС двовимірних та тривимірних сигналів, використовується значно рідше. На сьогоднішній день в області інформаційно-вимірювальних технологій та обробки двовимірних сигналів використовується теорія систем та статистичних методів обробки двовимірних сигналів, розвиток якої стимулюють важливі практичні задачі.

Задачі аналізу, синтезу та обробки сигналів, що залежать від кількох аргументів, пов'язані з розвитком інформаційних технологій. Під багатовимірними розуміють сигнали, що залежать від кількох координат, просторових та часової, це двовимірні, тривимірні та чотиривимірні сигнали. Ефективним засобом перетворення таких сигналів є застосування так званих багатовимірних багатошвидкісних систем. З їх допомогою сигнал може бути представлений у вигляді, зручнішому для розв'язку прикладних задач, таких як підвищення якості, стиснення, зменшення впливу шумів, виявлення та розпізнавання, оцінювання, класифікація тощо [2].

Удосконалення методів цифрової обробки двовимірних сигналів особливо важливо для інформаційно-вимірювальних систем рухомих об'єктів (транспорту, аерокосмічних комплексів, їх вимірювачів бортових даних, пристроїв автоматики і телемеханіки). Застосування цифрової обчислювальної техніки для передачі, зберігання та обробки аналогових двовимірних сигналів вимагає їх представлення в дискретних точках відліку (дискретизація за часом) у вигляді числових значень (квантування за рівнем). Дискретне подання

сигналів в порівнянні з аналоговим забезпечує більш значну завадостійкість, а ЦОС дає більш високу точність аналізу сигналів і синтезу систем корекції та фільтрації.

Зауважимо, що значна доля багатовимірних сигналів розглядалася в якості одновимірних, шляхом представлення у вигляді прямого добутку одновимірних функцій координат, але це не відповідає природі реальних сигналів, які є багатовимірними.

Постановка завдання. Розглянути алгоритм синтезу двовимірного часового сигналу у вигляді, що задовольняє вимогам його подальшого використання (вихідний сигнал ЦОС має бути неперервним, забезпечувати адекватне сприйняття, допускати фіксацію його значень в довільні моменти часу). Провести аналіз існуючих алгоритмів стиснення двовимірних сигналів. Розглянути метод швидких дискретних перетворень, заснованих на розкладі двовимірних сигналів по ортогональним поліномам.

Серед задач, пов'язаних з обробкою двовимірних сигналів, виділимо наступні напрямки [4,5].

Задачі двовимірної цифрової фільтрації. Серед методів, що використовуються при цифровій обробці двовимірних сигналів, пріоритетним є цифрова фільтрація. Це випливає з наступних причин: наявність ефективних і відносно простих методів побудови фільтрів; розвитком в області технології мікросхем з високим ступенем інтеграції для помножувачів, суматорів та запам'ятовуючих пристроїв з підвищеною максимальною робочою частотою; успіхами в розробці технічних засобів та програмного забезпечення ЕОМ, особливо з появою мікропроцесорів та мікро-ЕОМ. Значний інтерес представляють фільтри просторових сигналів та сигналів, що залежать від часової та просторових координат. Такі фільтри використовують для телевізійного обладнання, супутникового зв'язку та систем передачі двовимірних сигналів через кабельні мережі. Зауважимо, що традиційна теорія фільтрів, розроблена для часових сигналів, не може бути використана для просторових фільтрів. В той час як комп'ютерна цифрова обробка успішно застосовується для просторової фільтрації сигналів там, де не потрібна велика швидкість обробки.

Задачі зображення. Цифрова обробка зображень набуває стрімкого розвитку. Це визначається тим, що обробка зображень - це обробка двовимірних сигналів, а більшість сигналів у природному середовищі є багатовимірними.

Зображення з математичної точки зору - двовимірний сигнал, що несе величезну кількість інформації. Для конкретних задач обробки зображень можна застосовувати ефективні способи обробки з урахуванням особливостей і обмежень цієї конкретної задачі. Але якщо говорити про обробку зображень

для розв’язку широкого класу задач, то необхідно виділити набір стандартних операцій, з яких можна будувати алгоритми для розв’язку довільних задач. До їх числа відносяться лінійні перетворення, двовимірна згортка і двовимірне дискретне перетворення Фур'є. При обробці зображень широке використання знаходять і нелінійні перетворення. Особливість зображень полягає в тому, що окремі елементи зображення знаходяться в певному зв'язку з сусідніми елементами. Тому більшість алгоритмів перетворення зображень носить локальний характер, тобто обробляють зображення за групами елементів, розташованих в околі навколо даного.

Задачі підвищення якості сигналу. Покращення якості сигналу направлено на таку зміну вихідного сигналу, при якому підвищується ефективність наступних етапів вилучення інформації оператором або автоматичною системою цифрової обробки сигналів. Алгоритми підвищення якості можна умовно розділити на дві групи: ті, що працюють на основі лінійної фільтрації та нелінійні рангові алгоритми.

Покращення якості сигналу направлено на таку зміну вихідного сигналу, при якому підвищується ефективність наступних етапів вилучення інформації оператором або автоматичною системою цифрової обробки сигналів. Алгоритми підвищення якості можна умовно розділити на дві групи: ті, що працюють на основі лінійної фільтрації та нелінійні рангові алгоритми.

Задачі стиснення Передача та зберігання даних потребує великих економічних та технічних витрат. Частина даних, які необхідно передавати каналами зв’язку та зберігати, має не компактне подання, що змушує витрачати в рази більше місця для їх зберігання та набагато ширшу смугу частот для їх передачі, ніж потрібно насправді. Тому стиснення даних – є актуальним напрямком в області інформаційно-вимірювальних технологій. Отже, важливою задачею є розробка і реалізація нових методів і алгоритмів стиснення, що забезпечують максимальний ступінь компресії з одночасною мінімізацією рівня спотворень даних у відновленій інформаційній структурі.

Очевидно, що сучасні алгоритми стиснення повинні бути оптимізовані не тільки в плані зменшення обчислювальних витрат, але і в статистичному сенсі, з урахуванням імовірнісного характеру завад і критеріїв якості функціонування. На даний момент для інформаційного стиснення сигналів використовуються два принципово різних підходи:

1) стиснення без втрат;

2) стиснення з регульованими втратами.

Перший підхід не може дати істотного стиснення інформаційного потоку.

Для стиснення інформаційних сигналів доцільним є спосіб кодування джерела сигналу з регульованими втратами. У рамках цього підходу

застосовуються різні лінійні ортогональні перетворення: дискретне косинусне перетворення і його модифікації; «wavelet» - перетворення; розкладання по базису розривних кусково-постійних функцій (Уолша, Хаара, S-перетворення).

Задачі виявлення та розпізнавання. Сигнал зазвичай задаються цифровою функцією $f(i, j)$ у вигляді двовимірного масиву. В загальному випадку сигнал може бути отримано в будь-якому діапазоні довжин хвиль. ЦОС здійснюється з метою виявлення певної інформації, що прихована в цих сигналах [3]. Характер виявлення та розпізнавання сигналу залежать від конкретної області застосування. Висока інформативність сигналів та труднощі при обробці, викликані великою розмірністю, визначили значимість питання виявлення та розпізнавання сигналів, що залежать від кількох аргументів.

Висновки

У роботі розглянуті основні задачі двовимірної цифрової обробки сигналів, алгоритм синтезу двовимірного часового сигналу у вигляді, що задовольняє вимогам його подальшого використання. Описано технологію стиснення сигналів, яка може бути використана для підвищення ступеня стиснення інформаційного потоку даних без внесення спотворень у відновлювану інформаційну структуру. Розглянуто метод стиснення сигналів з втратами на основі розкладів за ортогональними поліномами.

Список літератури

1. Марпл мл. С.Л. Цифровой спектральный анализ и его приложения / С.Л. Марпл мл.; пер. с англ. О.И. Хабарова, Г.А. Сидоровой, под ред. И.С. Рыжака. М.: Мир, 1990. - 584 с.

2. Рабинер, Л. Теория и применение цифровой обработки сигналов/ Рабинер Л., Гоулд Б. – М.: Мир, 1978. – 848 с.

3.Ахмед Н. Ортогональные преобразования при обработке цифровых сигналов: Пер. с англ. / Ахмед Н., Рао К.Р., Под ред. И.Б.Фоменко. – М.: Связь, 1980. – 248 с.

4. Гольденберг, Л.М. Цифровая обработка сигналов: Справочник /Л.М.Гольденберг, Б.Д.Матюшкин, М.Н.Поляк. – М.: Радио и связь, 1985. – 312 с.

5. Ярославский, Л.П. Цифровая обработка сигналов в оптике и голографии: Введение в цифровую оптику. – М.: Радио и связь, 1987. – 296 с.

УДК 53.088:620.11 (043.2)

Самойліченко О.В., к.т.н., Степаненко М.Л., студент
(Національний авіаційний університет, Київ, Україна)

АНАЛІЗ АЛЬТЕРНАТИВНИХ МЕТОДІВ ОЦІНЮВАННЯ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ ПРОБОВІДБОРУ СТАНДАРТНИХ ЗРАЗКІВ

Розглянуто порівняння статистичних методів, які використовуються при оцінюванні невизначеності відбору проб. Обґрунтовано використання в загальному випадку класичного дисперсійного аналізу. Розглянуто критерії для попередньої оцінки впливу факторів на невизначеність за різних апріорних значень. Показано приклад застосування одного критерію.

Вступ. Наявність ефективних процедур оцінювання невизначеностей виступає запорукою отримання достовірних оцінок результатів випробувань, які виникають на всіх етапах процесу випробування.

Початкові етапи оцінювання невизначеності передбачають опис досліджуваної величини а також ефектів і помилок, які будуть викликати невизначеність кінцевого результату.

Зазвичай недостатня увага до пробовідбору пояснюється тим, що хімічний аналіз здійснюється в акредитованих лабораторіях відповідно до стандартизованих або атестованих методик на необхідному обладнанні. Пробовідбір в свою чергу здійснюється відділом технічного контролю, який не має необхідного оснащення для його проведення і відповідної технічної документації.

Залежно від речовин та матеріалів, задач аналізу (визначення середнього значення, розподілу компонентів), вимог щодо достовірності тощо існують різні методика пробовідбору

Головною вимогою до проби є її репрезентативність – вміст досліджуваного матеріалу повинен бути однаковим як в пробі, та і в усьому досліджуваному об’єкті. Лише у випадку, коли матеріал проби достатньо однорідний (рідина або газ), який взятий в довільному місці, відображає властивості всього матеріалу.

Оскільки пробовідбір за визначенням передбачає опрацювання обмеженого обсягу спостережень у зв’язку з збільшенням вартості при збільшенні обсягів, а статистичні методи та критерії, які при цьому застосовуються не завжди забезпечують необхідну потужність, постає ще одне питання встановлення достовірності отриманих оцінок за умови, коли обсяг повторних спостережень обмежений.

Основна частина. В [1] описано два можливі підходи до оцінювання невизначеності пробовідбору: модельний та емпіричний.

Модельний підхід передбачає виявлення всіх наявних джерел невизначеності, кількісне описання внеску кожного з джерел невизначеності на результат та їх об’єднання у вигляді бюджету невизначеності за певною моделлю з наступним оцінюванням сумарної стандартної невизначеності.

Емпіричний підхід до оцінювання невизначеності грунтується на

оцінках відтворюваності в рамках внутрішніх або міжлабораторних випробувань. Він не передбачає оцінювання всіх складових невизначеності пробовідбору, для його застосування використовується апарат дисперсійного аналізу, який легко піддається автоматизації.

Виходячи з етапів аналітичного випробування, при емпіричному підході як домінуючі беруться до уваги джерела невизначеності, які виникають під час пробовідбору та випробування (аналізу).

В [1] пропонується використовувати робастний дисперсійний аналіз в якості альтернативи класичному дисперсійному аналізу для тих випадків, коли в результатах випробувань є значення, що різко відрізняються від середнього і вони класифікуються як аномальні, що не відображають загальну статистику сукупності.

По друге, в [1] вказано, що робастні методи на варто застосовувати там, де екстремальні значення виступають як частина типової сукупності відібраних проб, а також якщо не враховується негауссовість розподілу. Отже, застосування робастного дисперсійного аналізу значно звужене наведеними обмеженнями.

Оскільки класичний дисперсійний аналіз найбільш зручний та регламентований в рекомендаціях [1] метод оцінювання випадкових впливів, а його робастний аналог не завжди може бути застосований, пропонуються також альтернативні методи визначення неоднорідності стандартних зв'язків, викликані від пробовідбору.

Однофакторний дисперсійний аналіз має невелику інформативність, яка зростає при одночасному вивченні впливу декількох факторів. Його використовують, коли ми аналізуємо вплив фактора A на k рівнях. На кожному рівні A_i проведені n спостережень $(x_{i1}, x_{i2}, \ldots, x_{in})$. Отже, на всіх k рівнях фактора A проведено kn спостережень. Тому доцільніше використовувати двофакторний аналіз.

Нехай ми маємо таблицю дисперсійного аналізу двофакторної моделі з неповними даними з k рівнями фактора A $(i = 1,2 \ldots k)$ та m рівнями фактора B $(j = 1,2 \ldots m)$. На практиці часто можуть бути випадки, коли частина потрібних значень може по тим чи іншим причинам буди відсутньою: наприклад, коли в експерименті не всі поєднання факторів A_i та B_j можуть бути реалізовані.

Для того, щоб з достатньою ймовірністю встановити наявність впливу факторі, можливе використовувати одночасно декількох критеріїв для попередньої оцінки впливу факторів на невизначеність. Якщо більшість критеріїв покаже, що вплив наявний, то за більшістю і можна зробити висновок. Зокрема, якщо неповні дані, то використовується непараметричний дисперсійний аналіз з заміною відсутніх даних середніми спостереженнями або середніми рангами, які вираховуються по деякій множині спостережень. Однак це призводить до помилок. Такі критерії, як критерій Прінтіса, Мака-Скіллінгса, Лемана-Мана перевіряють достовірність гіпотези про вплив

факторів на поведінку результатів експерименту. Вони дають нам відповідь на питання, значимий чи не значимий вплив факторів на спостереження. Іншим методом, альтернативним до класичного дисперсійного аналізу, є аналіз з використанням розмахів, у якому в якості статистики для виявлення значимості впливу використовується «стьюденизований» розмах.

Далі наведено приклад використання аналізу з домогою розмахів.

До опрацювання надійшли дані визначення досліджуваної характеристики об'єкта, представлені в табл. 1. Дослідженню підлягали три об'єкти, з кожного було відібрано по три під-проби, на яких було проведено по чотири випробування властивості, що досліджувалася. Довірча ймовірність $\lambda = 0{,}95$.

Табл.1

Результати визначення досліджуваної характеристики.

B	A								
	A_1			A_2			A_3		
B_1	1,2	1,4	1,3	1,8	1,7	1,5	1,6	1,7	1,8
B_2	2,1	1,8	1,8	1,7	2,0	1,8	2,2	1,9	1,7
B_3	1,5	1,7	1,9	2,2	2,0	1,8	1,9	1,8	1,6
B_4	1,6	1,5	1,8	1,9	1,7	1,6	1,8	1,6	1,5

Замінимо у клітинках таблиці серії значень їх середнім, отримаємо наступну табл.2

Табл.2

Додаткова таблиця

B	A		
	A_1	A_2	A_3
B_1	1,30	1,66	1,70
B_2	1,93	1,83	1,93
B_3	1,7	2,00	1,76
B_4	1,63	1,73	1,63

Маємо $k = 3$, $m = 4$. Для таких значень знаходимо масштабний коефіцієнт $c = 1{,}54$ та кількість еквівалентних степів вільності $f = 5{,}4$.

Знаходимо середні значення по стовпцям (при рівні a_i фактора A) і дорівнюють: $\bar{x}_1 = 1{,}64$; $\bar{x}_2 = 1{,}805$; $\bar{x}_3 = 1{,}755$.

Отже, $\max\limits_{1 \le i \le 3} \bar{x}_i - \min\limits_{1 \le i \le 3} \bar{x}_i = \bar{x}_1 - \bar{x}_3 = 0{,}165$. Вирахуємо, $m = 4$ різниці $\Delta x_{ij} = x_{ij} - \bar{x}_i$ для всіх $j = 1, 2, \ldots, m$. Таблиця цих різниць для нашого випадку має вигляд (табл.3).

Табл. 3

Таблиця різниць

B	A			w_j
	A_1	A_2	A_3	
B_1	-0,340	-0,145	-0,055	0,285
B_2	0,290	0,025	0,175	0,265
B_3	0,060	0,195	0,005	0,190
B_4	-0,010	-0,075	-0,125	0,115

Для кожного j значення $\max\limits_{1\le i\le 3}\Delta\bar{x}_{ij} - \min\limits_{1\le i\le 3}\Delta\bar{x}_{ij}$ приведені в останньому стовбці таблиці. Далі знаходимо $\overline{w} = 0{,}214$;

$$q = \frac{c\sqrt{m}(\max\limits_{1\le i\le k}\bar{x}_i - \min\limits_{1\le i\le k}\bar{x}_i)}{\overline{w}} = 1{,}54\cdot\sqrt{4}\cdot\frac{0{,}165}{0.214} = 2{,}378\,.$$

З таблиці, по нашим значенням для $m = 4$, $f = 5{,}4$ та при $\lambda = 0{,}95$ знаходимо $q_{0.95}(4;5;4) = 5.2$. Так як $q = 2.378 \le q_{0.95}(4;5;4) = 5.2$, то цей критерій не виявив вплив факторів A та B на процес, який ми спостерігаємо. Але з допомогою даного критерію виявити вплив взаємодії факторів A та B неможливо, але його можна використовувати для попередньої оцінки невизначеності від прововідбору стандартних зразків.

Висновки

Оцінювання невизначеності пробовідбору є важливим етапом випробувань, який дозволяє, окрім іншого, отримати інформацію про ступінь однорідності досліджуваного матеріалу за різними факторами.

Для випадків, коли є достатні докази того, що систематичні впливи незначні можна використовувати емпіричний підхід, що ґрунтується на процедурі класичного дисперсійного аналізу. Робастний дисперсійний аналіз варто застосовувати лише при відповідності вихідних даних його призначенню. У вигляді альтернативних методів проаналізовані двофакторні непараметричні методи для неповних даних. Наведено приклад двуфакторного аналізу з використанням розмахів.

Список літератури

1. Measurement uncertainty arising from sampling: a guide to methods and approaches. – Official publication. – Eurachem/EURALAB/CITAC/NORDTEST, 2007. – 102 p. – Guide.

2. Кобзарь А.И. Прикладная математическая статистика. Для инженеров и научных сотрудников. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2006. –816 с, – ISBN5-9221-0707-0.

УДК 620.179:534.6

С.Ф. Філоненко, д.т.н., проф., Т.В. Німченко, к.т.н.
(Національний авіаційний університет, м. Київ, Україна)

КОНТРОЛЬ ПРОЦЕСІВ АЛМАЗНОГО МІКРОТОЧІННЯ АЛЮМІНІЄВИХ ДЗЕРКАЛ ЗА ДОПОМОГОЮ АКУСТО-ЕМІСІЙНОЇ СИСТЕМИ

Розглянуто концепцію та структуру побудови акусто-емісійних систем, які застосовуються під час алмазного мікроточіння алюмінієвих дзеркал. Показано, що застосування технології LabCard дозволило провести перерозподіл функцій між апаратними та програмними засобами системи.

Металеві дзеркала знаходять найбільш широке застосування в лазерних технологічних установках, які призначені для різки, зварки та інших технологічних процесів. Для їх виготовлення останнім часом широко застосовується метод лезової обробки – алмазне точіння (АТ або „мікроточіння" – АМТ), як метод автоматизованої обробки поверхонь металооптики алмазними монокристалічними різцями на спеціалізованих високоточних верстатах.

Застосування АМТ дозволяє підвищити якість поверхневого шару та покращити металографічний стан дзеркала, а оптичні поверхні мають більш високий поріг руйнування. При цьому, вимоги до виготовлення металевих поверхонь дуже високі і складають: відхилення форми N=2 інтерференційних кілець (N=0,55 мкм) на діаметрі пробного скла, місцева похибка ΔN=0,3 інтерференційних кілець, середня квадратична величина шорсткості не менше 20 нм, відхилення сферичної поверхні від номіналу менше 1%, коефіцієнт дзеркального відбиття більше 0,97, місцева теплова деформація поверхні при експлуатації не менше 100 годин [1].

Як видно, з вище наведеного, виготовлення металевих дзеркал методом АМТ є дорогостоячим та потребує постійного та довготривалого контролю, щоб своєчасно виявити пошкодження дзеркальної поверхні в процесі обробки. Одним з таких методів є акусто-емісійний метод контролю, який є високочутливим до фізико-структурних змін, які відбуваються в матеріалі.

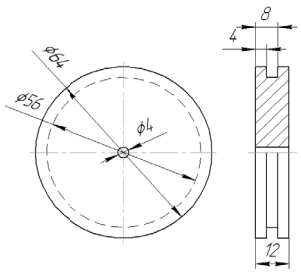
З підвищенням вимог до виготовлення металевих дзеркал, одночасно, зростають вимоги і до акусто-емісійної вимірювальної апаратури, яка потребує вдосконалення та адаптації до процесів алмазного мікроточіння, яке планується проводити на верстаті типу МО1405.

Загальний вигляд верстату наведено на рис.1, *а.* Для проведення досліджень було виготовлено спеціальні зразки з алюмінію, їх зовнішній вигляд та розміри наведено на рис. 1, *б* [2].

Верстат МО 1045 має наступні характеристики: – габарит виробу, мм: до 600; – форма обробленої поверхні: плоскість, сфера, асферика; – радіус кривизни, мм: ±30…∞; – асферизація, мкм: 300; – похибка форми, мкм: 0,15; – шорсткість, R_{max}, нм: 20.

Для проведення досліджень на верстаті МО1405 було застосовано акусто-емісійну систему для проведення як короткотривалих так і довготривалих випробувань, яка складалася з двох основних частин (рис.2): електронної частини та персонального комп'ютера (ПК) з інструментальними засобами технології LabCard.





а) *б)*

Рис. 1. Загальний вигляд верстату для АМТ модель МО1405 та розміри дослідних зразків

В основі концепції побудови акусто-емісійної системи, яка використовується для АМТ, лежить формування розподілених структур з різноманітними принципами зберігання сигналів АЕ і методами їх обробки, що визначається відмінністю розв'язуваних завдань (короткочасні та тривалі випробування) [3].

Електронна частина акусто-емісійної частини вирішує дві основні задачі [3, 4]. По-перше, перетворення пружних зміщень, які виникають при протіканні фізико-хімічних процесів в поверхневих шарах матеріалів, в електричний сигнал за допомогою датчика акустичної емісії (АЕ). По-друге, підсилення сигналів з виходу датчика АЕ за допомогою підсилювача сигналів АЕ до рівня, який є достатнім для проведення подальшої обробки.

Друга частина АЕ системи призначена для перетворення сигналів АЕ в цифрові коди, проведення їх обробки та представлення результатів аналізу. В акусто-емісійній системі здійснюється безпосередня обробка вхідної інформації з виводом результатів на екран монітору. Так як всі елементи внутрішньої частини є програмно доступними, то керування режимами їх роботи виконується за допомогою гнучких алгоритмів. Їх модифікація не потребує зміни внутрішньої частини системи, а призводить тільки до модифікації програмних математичних комплексів.

Методика обробки сигналів АЕ отриманих під час АМТ полягає у наступному. Сигнали АЕ з виходу датчика, підсилюються попереднім підсилювачем АЕ, а далі реєструються та оброблюються аусто-емісійною системою (АЕС). АЕС побудовано на базі ПК. Вихід підсилювача з'єднується із входом порту введення- виведення (ПВВ), який встановлено на шину АЕС. В якості ПВВ використовується ПВВ типу ADA-1292. При цьому керування АЕС забезпечується програмним математичним забезпеченням. Програмне математичне забезпечення АЕС дозволяє також зберігати вихідні сигнали АЕ,

отримані під час АМТ, які реєструються в реальному масштабі часу, оброблювати та аналізувати основні їх параметри (амплітуду, тривалість переднього фронту, тривалість, енергію, потужність, площу під обвідною сигналу АЕ, усереднену амплітуду, усереднену енергію, сумарну енергію, накопичення усередненої та сумарної енергій), а також транслювати результати обробки у формати математичних додатків, орієнтованих під Windows. Результати обробки отриманих даних подаються в цифровому та графічному вигляді.

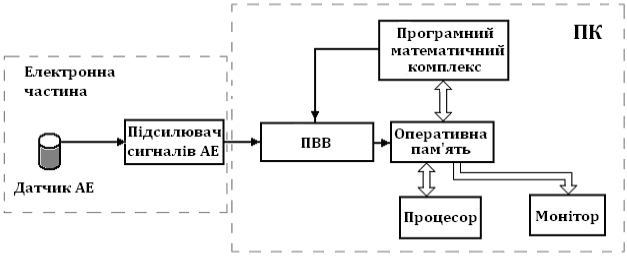
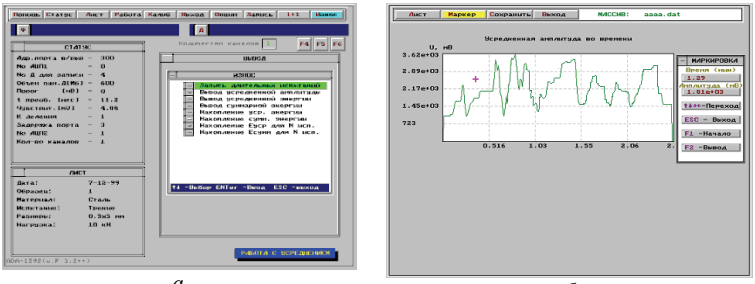


Рис. 2. Структура акусто-емісійної системи, яка застосовується під час алмазного мікроточіння. ПВВ – порт введення-виведення даних.

По завершенні обробки реєстрованої інформації проводиться формування необхідних масивів даних за результатами проведеного експерименту. Результати обробки зберігаються на жорсткому диску у вигляді логічних файлових структур. Це дозволяє проводити необхідну вторинну обробку реєстрованої інформації. При цьому вторинна обробка може проводитися в любий час, після завершення випробувань.

На рис.3 показані фрагменти роботи програмного забезпечення акусто-емісійної системи, яка використовується під час АМТ.



а *б*

Рис. 3. Фрагменти роботи програмного забезпечення акусто- емісійної системи, яка використовується під час АМТ: *а* – загальний інтерфейсу керування акусто- емісійною системою; *б* – результат роботи програми по формуванню міні інтерфейсу керування для аналізу усередненої амплітуди сигналів у часі

На рис. 3, *а* наведений загальний інтерфейс керування діагностичним комплексом. На рис. 3, *б* показаний міні інтерфейс керування для аналізу

результату реєстрації та обробки усередненої амплітуди сигналів АЕ в часі при випробуванні під час АМТ алюмінієвої заготовки. При цьому в загальному інтерфейсі керування (рис. 3, *а*) сформовані панелі інструментів, які забезпечують виконання однотипних операцій контролю та керування системою при проведенні короткочасних і тривалих випробувань під час АМТ. У той час, реалізується незалежний виклик операцій, відповідно до концепції побудови розподілених систем.

Наявність єдиних базових елементів внутрішньої частини акусто-емісійної системи, яка використовується під час АМТ, дозволяє формувати єдину логіку управління, як при проведенні довготривалих так і при короткотривалих випробуваннях.

Висновки

Розроблена концепція побудови акусто-емісійної системи використовується для АМТ, в основі якої лежить формування розподілених структур з різноманітними принципами зберігання сигналів АЕ і методами їх обробки. Використання засобів технології Labcard дозволяє розподілити функції між елементами систем з мінімізацією електронних і максимальним використанням гнучких програмних засобів. Наявність єдиного програмно доступного обладнання внутрішньої частини системи забезпечує можливість формувати типові алгоритми керування, в основі яких лежить формування та передача інформаційних потоків. У той же час, наявність єдиного обладнання внутрішньої частини систем і пріоритетність програмного забезпечення дозволяють реалізувати в єдиній системі процедури короткочасних і тривалих випробувань, тобто створити єдиний інтерфейс керування з розподіленою реалізацією процедур короткочасних і тривалих випробувань, які є необхідними під час проведення операцій АМТ.

Список літератури

1. *Грубый С. В.* Моделирование процесса алмазного точения крупногабаритных поверхностей зеркал [Электронный ресурс] / *С. В. Грубый* // Наука и образование. – 2011. – №10. – Режим доступа к журн.: http://technomag.edu.ru/pdf/out/243000.pdf.

2. *Девин Л.Н.* Применение токовихревой дефектоскопии для оценки состояния поверхности после алмазного микроточения металлических зеркал / *Л.Н. Девин, А.Г. Сулима, А.А. Осадчий, В.Н. Нечипоренко* // Современные проблемы производства и ремонта в промышленности и на транспорте: материалы 11-го междунар. научн.-техн. семинара, 21-25 февраля 2011 г., г. Свалява. – К. : АТМ Украины, 2011. – С. 82–84.

3. *Филоненко С.Ф.* Акустическая эмиссия. Измерение, контроль, диагностика.- К.:Изд-во КМУГА, 1999.-305 с.

4. *Німченко Т. В.* Моделювання апаратури ІВС для реєстрації неперервної акустичної емісії / *Т. В. Німченко, А. П. Стахова* // Електроніка та системи управління. – 2007. – №4. – С. 112–115.

УДК 543.07

М.А. Смирный, к.х.н. Я.Б. Тарасова
(Представительство «Термо Техно ЛЛС», Киев)

СВЕРХБЫСТРЫЙ АНАЛИЗ ВКЛЮЧЕНИЙ В АЛЮМИНИИ И ЕГО СПЛАВАХ. АНАЛИЗАТОР МЕТАЛЛОВ ARL 44600 СО СТНАДАРТНОЙ ОПЦИЕЙ SPERK-DAT. АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОТЧЕТ №41233

Последние достижения оптико-эмиссионной спектроскопии, инструментально оформленные в спектрометрах Thermo Fisher ARL Products, открывают возможность получения одного универсального инструмента для контроля содержания в стали растворенных газов, неметаллических включений и частичной замене дорогостоящих методов газового анализа и металлографии.

Оптико-эмиссионная спектрометрия – это быстрый, легкий в использовании и рентабельный аналитический метод, используемый для элементного анализа металлов и их сплавов. Анализатор металлов Thermo Scientific ARL 4460 – это высокоэффективный оптико-эмиссионный спектрометр, обеспечивающий наибольшую точность и воспроизводимость в процессе элементного анализа алюминия от следовых концентраций до десятков процентов. Опция Spark-DAT значительно расширяет его возможности, позволяя, в дополнение к анализу концентрации элементов, проводить сверхбыстрый анализ включений. В металлургической промышленности спектрометр ARL 4460 с опцией Spark-DAT широко используется для сбора информации о включениях, во время процесса обработки металла.

Разработки и усовершенствования увеличивают его привлекательность для алюминиевой промышленности, где включения также создают существенные трудности. В алюминии и его сплавах включения оказывают влияние, например, на его текучесть, газовую пористость, обрабатываемость, внешний вид и технические свойства, поэтому анализ включений в жидком алюминии очень важен. Анализ Spark-DAT предлагает интересные возможности, в частности,



замена или упрощение традиционных техник оценки включений.

Преимущества:

Преимущества использования спектрометра ARL 4460 с опцией Spark-DAT представлены ниже:

• Радикальное уменьшение затрат на анализ включений.

Спектрометр способен проводить анализ включений в дополнение к анализу концентраций элементов

• Чрезвычайно малые затраты времени на проведение анализа включений и соответствующую подготовку пробы. Проба и ее подготовка такие же, как для стандартных оптико-эмиссионных анализов

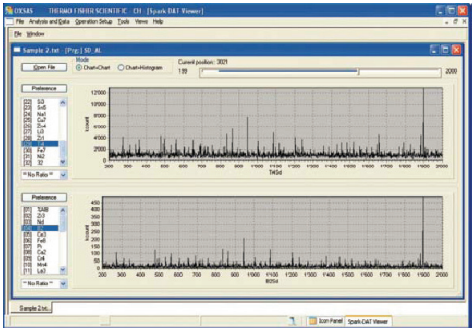
• По сравнению со стандартным оптико-эмиссионным спектрометром, на проведение работ не требуется дополнительных инвестиций и затрат времени. Эксплуатация, сервис и подготовка пробы для анализа включений остаются теми же.

• Быстродействие спектрометра с опцией Spark-DAT позволяет проанализировать более 30 проб в час на содержание элементов и включений. Анализ включений может быть проведен для любых проб, анализируемых оптико-эмиссионными спектрометрами.

• Исключительные возможности для контроля производства в режиме реального времени с использованием информации, полученной в ходе анализа включений

Включения, измеряемые при помощи опции Spark-DAT.

При помощи спектрометра ARL 4460 с опцией Spark-DAT, в алюминии и его сплавах могут прямо или косвенно вестись наблюдения за различными типами эндогенных (внутренних) и экзогенных (наружных) включений и компонентов: оксиды (Al2O MgO, CaO, FeO, MnO, SiO2), шпинели (MgAl2O4), карбиды (TiC, Al4C3), бориды (TiB2), нитриды (AlN), соли (MgCl2, NaCl, KCl, CaCl2), графит, интерметаллические соединения (Cr-Mn-Fe…), и различные другие компоненты (AlP, Mg3P2, сульфиды, AlB2, Al4C4B…). Определение типа включения ограничено в основном чувствительностью используемых аналитических линий, размером и формой включения и уровнем концентрации элементов включения как растворимых элементов в матрице: более высокая чувствительность линии и более низкое содержание растворимых элементов позволяют обнаружить более мелкие включения. Низкая чувствительность линии кислорода и присутствие алюминия как элемента матрицы объясняют сложности в достижении точного наблюдения за Al2O3. Например, в пробе алюминия с содержанием 100 ppm



Ti, минимальная определяемая величина ESD составляет около 0,8 мкм, в то время как с содержанием в 0,3% минимальный определяемый ESD – 1,5 мкм. Новые алгоритмы Корпорация Thermo Fisher Scientific продолжает разрабатывать новые и улучшать существующие алгоритмы. Они доступны для существующих пользователей совместно с обновлениями OXSAS.

Выводы

Опция Spark-DAT для анализаторов металлов ARL 4460 увеличивает эксплуатационную адаптируемость оптико-эмиссионного спектрометра. От повседневного использования до исследований, методы Spark-DAT предлагают быстрые, легкие и выгодные решения для анализа включений в алюминиевой промышленности. Методы, основанные на Spark-DAT, являются самыми быстрыми среди существующих на сегодняшний день методов анализов включений. Опция Spark-DAT делает возможным осуществление сверхбыстрого подсчета включений в режиме реального времени, определение их типа и качественное определение размеров в период времени от нескольких секунд до двух минут, делая её высокоэффективной при контроле включений в процессе производства алюминия. Анализ включений может быть проведен совместно со стандартным анализом концентраций элементов. Подготовка пробы и рабочей поверхности, так же как поддержание работы прибора и расходные материалы и детали те же, что и у стандартных оптико-эмиссионных приборов. Это свидетельствует о крайне низких эксплуатационных расходах по сравнению с другими техниками анализа включений, которым необходимы определенные инструменты. В дополнение, возможность получать информацию об элементном анализе и содержании включений с оптико-эмиссионным анализатором значительно уменьшает инвестиции и эксплуатационные затраты.

УДК 343.9 (045)

Мотлях О.І., к.ю.н., доцент, професор кафедри,
Потильчак А.О., асистент
(Національний авіаційний університет, Україна)

ІНСТРУМЕНТАЛЬНА ДЕТЕКЦІЯ ТА НОВІТНІ ТЕХНОЛОГІЇ В МЕХАНІЗМІ ЇЇ УДОСКОНАЛЕННЯ

У статті досліджується питання щодо нових підходів удосконалення інструментальної детекції із застосуванням поліграфа. Розглядаються альтернативні варіанти заміни традиційних контактних датчиків, за допомогою яких здійснюється фіксація фізіологічних показників людини в ході проведення тестової перевірки, безконтактними датчиками, вмонтованими в різні предмети побутового призначення.

Підходи до вивчення цього питання лежать в площині знань різних галузей наукового пізнання. Оскільки, саме процес становлення та розвитку емпіричних наук, зокрема: медицини, біології, психології дав можливість розширення меж інструментальної «детекції брехні» за допомогою технічних засобів. Тому, подальші кроки наукових здобутків у цих та інших сферах дадуть позитивний імпульс удосконаленню діючих та виробленню нових підходів інструментальної детекції із застосуванням поліграфа.

Залежно від способу виявлення та фіксації психофізіологічних реакції людського організму, науково-технічні прилади поділяють на три групи:

- першою групою є техніка, в якій знання іншої людини, що проводить дослідження особи на виявлення в них неправди за допомогою комп'ютерної техніки, є визначальними для встановлення інструментальної детекції. Тобто, особа наділена певними повноваженнями, проводить таке тестування, оцінює правдивість наданої інформації з використанням методу вербального і не вербального спілкування;

- до другої групи можна віднести комп'ютерну техніку, яка на підставі вимірювання різних фізіологічних параметрів під час опитування оцінює правдивість свідчень особи, що проходить тестування на «детекцію брехні».

- до третьої групи належить техніка, яка реєструє безпосередньо зміни, які відбуваються в мозку опитуваного [1].

Все це може бути віднесено до одного технічного засобу поліграфа, який опрацьовує інструментальний психофізіологічний метод вербальної інформації опитуваного перетворюючи дані в не вербальні канали фіксації і забезпечує збереження отриманої інформації технічними приладами. Дослідження за допомогою апаратно-програмного приладу являють собою процедуру застосування знань у галузі поліграфології у поєднанні з технічним комп'ютерним забезпеченням та спеціальними знаннями осіб, які мають відповідні навички роботи на такому обладнанні. Метою проведення зазначених досліджень є:

- наявність або відсутність в пам'яті людини інформації, пов'язаної з подією злочину;

- формування (аналіз і виявлення) фізіологічних процесів пам'яті людини, які впливають на сприйняття, запам'ятовування та відтворення криміналістично-значущої інформації.

Одним із способів отримання таких даних є застосування в ході експертної перевірки наявних стимулів (подразників), які викликають появу психофізіологічних реакцій людського організму. Використання поліграфа дозволяє об'єктивно відобразити суб'єктивну значимість того чи іншого стимулу для індивіда.

За способом одержання інформації з використанням поліграфа можна виділити два основних напрямки:

- традиційне, контактне обстеження за допомогою датчиків, прикріплених до тіла особи, що проходить тестування;

- безконтактне дослідження деяких характеристик мовлення чи зміни фізичних полів обстежуваного (аналізатори психологічного стресу, стресометри тощо) [2, с. 556].

Традиційна або ж інструментально-контактна детекція бере свій початок від перших досліджень проведених К. Клейном в 1928 році [3, с. 57], коли поліграф був простим електоромеханічним засобом і в своїй основі тяжів до медичного сфигмографа чи кардиографа. Датчиками слугували гумові трубки та електричні контактні дроти, що спричиняло в опитуваного певний страх дії приладу і викликало жахи від використання електрошокеру, опіку тощо. [4, с. 308]. Отримання результатів такого дослідження не завжди містили в собі об'єктивні дані і давали суттєві розбіжності від реалій події, що відбулася. Подальше удосконалення технічних засобів цього напрямку стало створення контрологрофа Я.І. Цурковським, українцем за національністю, директором лабораторії психотехнічних досліджень в м. Катовіце (Польща), дало поштовх розвитку нових підходів до виявлення «детекції неправди» в людини. Даний прилад забезпечував вимірювання та корекцію психічного контролю діяльності функцій людського організму. Широкого застосування він набув у відборі кандидатів професійної придатності осіб через психофізіологічні характеристики відповідності конкретній посаді.

Наступним кроком інструментальної детекції стали розробки поліграфів вченим В.О. Варламовим. Вони містять в собі комплекс дій направлених на контроль психофізіологічних реакцій людського організму різних життєво важливих органів шляхом впливу на них відповідними подразниками. Контактні датчики реєструють: верхнє і нижнє дихання; серцево-судинну активність: пульс, кровонаповнення судин; електро-шкіряну провідність (опір шкіри, шкірно-гальванічний рефлекс) та ін. Результати їх застосування мають практичну значущість не лише для з'ясування питань «детекції неправди», а й для використання їх в кадровому відборі спеціалістів різного ґатунку та напрямку, в тому числі і в органи внутрішніх справ. Оскільки на сьогоднішній день існують різні неузгоджені питання щодо законності застосування поліграфів, етичності, доцільності та безпечності їх використання, перед науковцями постало питання пошуку альтернативних варіантів традиційному, контактному обстеженню. Результатом пошуку стала безконтактно-технічна детекція як новий напрямок наукового пізнання

опитування осіб за допомогою апаратно-програмного приладу. Джерелом отримання інформації є звукові сигнали: голос, усна мова, а також різні звуки об'єктів живої і неживої природи, що рухаються [4, с. 309].

Перший безконтактний поліграф на основі аналізу голосових ознак був запатентований у США в 1974 р. Натомість в Росії такий поліграф демонструвався в м. Москві на п'ять років раніше і використовувався в діяльності спецслужб. До поліграфів з безконтактними датчиками належать психологічний визначник стресу PSE, який запатентований у США, Великобританії, Канаді і Японії, а також розроблений та запатентований Фредом Фуллером голосовий аналізатор стресу VSA [5, с. 66]. У буквальному значенні назва приладу безконтактний не є такою. Їх сутність полягає в тому, що випробуваний не відчуває датчиків і факт їхнього існування залишається невідомим.

Виділяють три групи безконтактних датчиків:

- вмонтовані в предмети одягу (комбінезон, головний убір, пасок);
- вмонтовані в елементи побутового призначення (стіл, шафа, крісло);
- вмонтовані в знаряддя праці (ручку, канцелярські приналежності).

Названі датчики з успіхом застосовувалися для контролю за станом космонавтів в умовах польоту, при вивчені реакції опитуваних в процесі професійного відбору. Досліди П.І. Гуляєва і І.Е. Биховського відкрили перспективи для створення безконтактного методу зняття інформації щодо психофізіологічного стану. За результатами була продемонстрована принципова можливість реєстрації змін фізіологічних характеристик організму на відстані, на основі виміру коливань слабких електромагнітних полів, існуючих в просторі навколо людини, за допомогою спеціальних датчиків [6, с. 392].

Значний вклад у розвиток безконтактного методу детекції внесли вчені Київського національного університету внутрішніх справ [4, с. 309]. Для реалізації ідеї на кафедрі криміналістики сконструювали та виготовили автоматизоване робоче місце експерта-фоноскопіста [7, с.72], за допомогою якого було проведено більш як 500 судових фоноскопічних експертиз в складних кримінальних справах розслідуваних прокуратурою, СБУ, МВС. Запропонована методика з використанням звукового мовлення спектральним аналізом отримала визнання і певний час використовувалася в науково-дослідних інститутах судових експертиз України, Грузії та Росії [4, с. 309].

Наступним кроком наукових здобутків у системі МВС України постала робота зі створення вітчизняного поліграфу, під керівництвом Ю.Ф.Жарікова, діяльність якого буде також заснована на використанні реєстрації мовних ознак психологічного стресу в людини. Безконтактно-технічна методика має певні переваги від інструментально-контактної, оскільки в ній отримання вербальної інформації психофізіологічних характеристик людини здійснюється шляхом надходження звукових сигналів з використанням голосу, усної мови, звуку шуму, вібрації тощо. Тим самим, не створюються ситуації хвилювання опитуваних осіб, присутністю датчиків, які контролюють функції органів людини, реєструючи ідеальні сліди пам'яті опитуваного.

Не менш цікавим за сутністю є розробка безконтактного детектора який реєструє зміну тиску очей. Прилад створений дослідницькою групою під керівництвом ендокринолога Джеймса Левіна. Робота апарату базується на результатах вимірювання коливань тиску навколо очей піддослідного, що дає можливість безконтактно поліграфологу контролювати через тиск зору реакцію на відповідні вербальні подразники. Опитуваний, зовнішньо не виражаючи своїх емоцій, реакцій, дій тощо, тим самим реагує на тестові питання оператора поліграфа. Ці та інші безконтактно-технічні методики постійно удосконалюються, хоча сутність самої детекції для багатьох дослідників даного питання залишалася до кінці не зрозумілою. Лише на рубежі XX-XXI століть лауреати Нобелівської премії П. Грингард (США), А. Карлссон (Швеція) та Е. Кендел (Австрія) отримали премію в галузі фізіології і медицини «За розкриття механізму повільної сенаптичної передачі інформації» [8, с. 723]. Вони дослідили, що при передачі сигналу інформації (зором, слухом, звуком) в нервових клітинах виникає хімічна реакція, яка приєднуючись до білкової молекули фосфатно-білкової групи, змінює форму молекули та її функції зберігає сигнали інформації, формує уявний образ сприйняття об'єкта нервовими клітинами головного мозку і образ отримує матеріальне відображення. А також, якщо змінюється форма молекули – утворюється короткочасна пам'ять, а якщо міняється сама структура білкової молекули – виникає довготривалий слід пам'яті [8, с. 723].

Такого роду відкриття розширюють можливості роботи з ідеальними слідами відображення, отримання їх вербальним шляхом, в тому числі із застосування поліграфа, діяльність якого направлена на сприяння оперативно-розшуковій діяльності та досудовому розслідуванню справи в цілому.

Список літератури

1. Wojciech Froncisz Jak wykryć kłamstwo czy prawdomówność podglądając mózg. http://www.if-pan.krakow.pl/ptp/abs15032007.htm
2. Криминалистика: Учебник. 2-е изд., перераб. и доп. / Под ред. В.А. Образцова. М.: Юристъ, 1999. – 735 с.
3. Криминалистика: крат.энцикл. / [аст. – сост. Р.С. Белкин]. – М.: Большая рос. энцикл., 1993. – 111с.
4. Салтевський М.В. Проблеми інструментальної детекції вербальної інформації в судебній експертизі / М.В. Салтевський // Вчені записки Таврійського національного універ. ім. В.І. Вернадського. Серія: Юридичні науки. – 2009. –Т. 22. − (61). − № 2. – С. 307-312;
5. Detektory kłamstwa // Elektronika dla Wszystkich, Styczeń 2002, 65-68 s.
6. Белкин Р.С. Курс криминалистики: в 3 т. / Р.С. Белкин – М ., 1997 − Т. 3: Криминалистические средства, приемы и рекомендации. − 482 с.
7. Жариков Ю.Ф. Идентификация дикторов по параметрам спектральных переходов речевых сигналов / Ю.Ф. Жариков, С.П. Мохнев // Автоматические распознавание слуховых образов: материалы всесоюзной школы-семинара (АРСО-10). – Тбилиси, 1978. – С. 71-77

УДК 621.391:681.5.09

Є.А. Реуцький, Л.М. Щербак, д.т.н.
(Національний авіаційний університет, Україна)

ЗАДАЧІ МОНІТОРИНГУ МЕТРОЛОГІЧНОЇ НАДІЙНОСТІ ЗАСОБІВ ВИМІРЮВАЛЬНОЇ ТЕХНІКИ

Розглянуто задачі моніторингу метрологічної надійності засобів вимірювальної техніки, проведено їх аналіз. Визначено необхідність розробки нових методів моніторингу та наведено шляхи вирішення даної задачі

Вступ

Важливою науково-технічною проблемою при створенні засобів вимірювальної техніки (ЗВТ), що входять до складу систем контролю, діагностики та управління, є забезпечення високого рівня їх надійності. Сучасні ЗВТ є складними по своїй структурі і представляють собою апаратно-програмні комплекси. При дослідженні задач надійності таких комплексів виникають науково-технічні проблеми, які в певній мірі є новими та потребують моніторингу характеристик надійності ЗВТ, у першу чергу, метрологічної надійності.

Під метрологічною надійністю вимірювальних засобів розуміють надійність ЗВТ в частині збереження метрологічної справності, тобто такого стану, в якому всі метрологічні характеристики відповідають встановленим нормам, крім цього, метрологічна надійність залежить від умов експлуатації, коли на засіб діє значна кількість дестабілізуючих факторів. Так, якщо використовувати тільки базові характеристики надійності, ЗВТ може вважатися таким, що виконує свої задачі зі встановленим рівнем надійності, але якщо при цьому не контролювати метрологічну надійність (і її значення, наприклад, вийшло за вказаний метрологічний інтервал), виходить, що засіб не виконує насправді свої задачі з заданими характеристиками надійності. Таким чином, забезпечення метрологічної надійності стає одним з визначальних моментів функціонування ЗВТ [1-4].

Постановка завдання

Проаналізувати задачі та дослідити методи моніторингу метрологічної надійності ЗВТ.

Основна частина

Однією з основних форм підтримки ЗВТ у метрологічно справному стані є періодичний контроль ЗВТ (повірка або калібрування). Очевидно, що періодичність повірки ЗВТ повинна бути узгоджена з вимогами до їх надійності. Тривалість міжповірочних інтервалів ЗВТ регламентується нормативними документами з метрології, що встановлюють інтервали повірок для відповідних видів ЗВТ [4, 7]. Основним недоліком діючої системи метрологічного обслуговування є те, що вона є результатом конкретних

особливостей ЗВТ (або його окремих елементів) і реальних умов експлуатації. В результаті чого частина ЗВТ, що мають високу стабільність метрологічних характеристик повіряється частіше, ніж це необхідно, виходячи з вимог до точності і надійності ЗВТ, що збільшує витрати на виконання повірочних робіт. З іншого боку, деяка частина ЗВТ повіряється дуже рідко, що призводить до їх використання як таких, що не задовольняють встановленим вимогам до точності.

Таким чином, по-перше, виникає необхідність у встановленні обгрунтованих термінів періодичної повірки ЗВТ, які враховували б реальні умови експлуатації та їх специфіку, а також були узгоджені з вимогами до надійності; по-друге, є необхідним розробка нових методів моніторингу метрологічної надійності ЗВТ, зокрема метрологічних характеристик, під час експлуатації в часових інтервалах між задекларованими періодичними повірками.

В [8] рекомендовано наступну послідовність робіт по нормуванню та оцінці метрологічної надійності ЗВТ на етапах їх життєвого циклу:

- В технічне завдання вноситься характеристика метрологічної надійності – ймовірність роботи без метрологічних відмов за час, рівний міжповірочному інтервалу ЗВТ. Це значення ймовірності необхідно визначити у відповідності до результату розв'язуваних задач і необхідної достовірності при цьому.
- На етапі проектування по накопиченим статистичним даним про нестабільність параметрів комплектуючих елементів проводять аналітичну оцінку відповідності прогнозованого рівня метрологічної надійності нормованому. В разі, коли аналітичну оцінку неможливо отримати, розробниками оцінюється нестабільність експериментально, шляхом проведення випробувань макетів ЗВТ або її елементів. При випробуваннях на надійність ЗВТ проводиться експериментальна оцінка нормованих метрологічних характеристик. З урахуванням цих оцінок прогнозується зміна метрологічних характеристик за міжповірочний інтервал та ймовірність роботи без метрологічних відмов протягом міжповірочного інтервалу.

Серед методів моніторингу метрологічних характеристик ЗВТ актуальними є наступні: методи тестових сигналів; методи комп'ютерного моделювання; методи прогнозування.

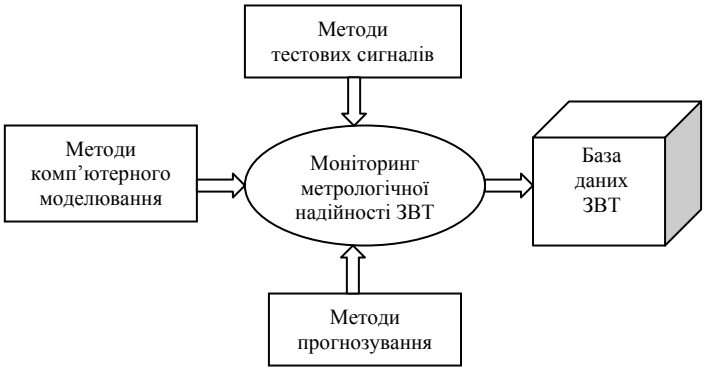


Рис. 1. Структура моніторингу метрологічної надійності ЗВТ

Метод тестових сигналів полягає в наступному: під час випробувань на ЗВТ діє сукупність контрольованих факторів або тестових сигналів $x_1(t), x_2(t), ..., x_n(t)$, далі розраховуються оцінки досліджуваних метрологічних характеристик ЗВТ $y_1(t), y_2(t), ..., y_n(t)$. При цьому необхідно враховувати вплив неконтрольованих дестабілізуючих факторів $z_1(t), z_2(t), ..., z_n(t)$, дія яких призводить до збільшення розсіювання результатів визначення характеристик ЗВТ. Принцип даного методу наведений на рис. 2.

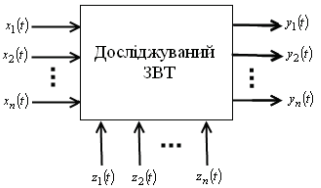


Рис. 2. Принцип випробувань ЗВТ за методом тестових сигналів

Комп'ютерне моделювання метрологічних характеристик ЗВТ базується на відповідних експериментальних даних про характеристики складових елементів ЗВТ, у тому числі на їх залежностях від умов експлуатації та часу. Такий підхід може бути використаний як при статистичному моделюванні метрологічних характеристик ЗВТ по значенням параметрів складових елементів, так і на основі експериментальних даних про характеристики ЗВТ [3].

Основним результатом проведення моделювання стану досліджуваних метрологічних характеристик ЗВТ у різних часових перерізах області контролю є отримання сукупності даних, що визначають зміну математичного сподівання $\mathrm{M}\xi(\omega)$ метрологічної характеристики і розкид реалізацій випадкового процесу зміни метрологічної характеристики навколо її середнього значення $\mathrm{M}\xi(\omega) \pm k\sqrt{\mathrm{D}\xi(\omega)}$, де $\mathrm{D}\xi(\omega)$ – зміна в часі дисперсії досліджуваної метрологічної характеристики, k – постійний коефіцієнт, що обирається в залежності від довірчої ймовірності $P_{\partial ов}$ та закону розподілу метрологічної характеристики. Дані про динаміку зміни метрологічної характеристики ЗВТ на інтервалі спостереження, отримані таким способом, використовуються для прогнозування її стану в подальші моменти експлуатації.

Таким чином, комп'ютерне моделювання метрологічних характеристик ЗВТ, що полягає в побудові її математичної моделі зміни і проведенні статистичного моделювання метрологічних характеристик ЗВТ у різних часових перерізах інтервалів спостереження, є одним із основних етапів прогнозування метрологічних характеристик ЗВТ [3].

У загальній постановці прогнозування метрологічної надійності засновується на визначенні прямих і непрямих прогнозованих характеристик ЗВТ. Проводити прогнозування можна або після випробувань вибірки

однотипних ЗВТ, або досліджувати надійність у процесі їх експлуатації. Ця обставина має важливе значення для засобів вимірювань, які виготовляються у невеликій кількості екземплярів, для них недопустимою є оцінка надійності по статистиці відмов.

На метод прогнозування впливають різноманітні фактори такі, як: сукупність параметрів, цільова функція в поставленій задачі прогнозування і сам алгоритм прогнозування. Процес прогнозування виконується з наступною метою і дозволяє визначити [1, 3]:

- поведінку досліджуваної характеристики на наступних відрізках часу;
- ймовірність того, що досліджувана характеристика не вийде за встановлені границі;
- оцінку надійності проектованих ЗВТ та ін.

В залежності від прогнозованих характеристик і мети прогнозування розробляються методи, до яких відносять наступні: аналітичне прогнозування надійності, ймовірнісне прогнозування надійності, прогнозування надійності на основі розпізнавання образів, прогнозування надійності на основі дослідження фізико-хімічних процесів.

Висновки

В даній роботі розглянуто задачі моніторингу метрологічної надійності ЗВТ, проведено їх аналіз. Визначено необхідність розробки нових методів моніторингу та наведено основну сутність методів тестових сигналів, комп'ютерного моделювання та прогнозування.

Список літератури

1. *Екимов А.В.* Надежность средств электроизмерительной техники / А.В. Екимов, М.И. Ревяков. – Л.: Энергоатомиздат. Ленингр. от-ние, 1986. – 208 с.

2. *Микийчук М.М.* Актуальні питання метрологічної надійності промислових ЗВТ / М.М. Микийчук // Методи і прилади контролю якості. – 2009. – №23. – С. 57 – 60.

3. *Мищенко С.В.* Метрологическая надежность измерительных средств / С.В. Мищенко, Э.И. Цветков, Т.И. Чернышева. – М.: Машиностроение, 2001. – 96 с.

4. *Селиванов М.Н.* Качество измерений: Метрологическая справочная книга / М.Н. Селиванов, А.Э. Фридман, Ж.Ф. Кудряшова. – Л.: Лениздат, 1987. – 295 с.

УДК 688.562: 622.735

Белокур И.П., доктор технических наук, Гордонная Ю.О., аспирант
(Национальный авиационный университет, Украина, г. Киев)

ФОРМИРОВАНИЕ КОМПЕТЕНТНОСТИ ПЕРСОНАЛА ПО ТЕХНІЧЕСКОМУ КОНТРОЛЮ АВИАЦИОННОЙ ТЕХНИКИ

Аннотация. Раскрыт опыт авиационных предприятий по подготовке и аттестации персонала неразрушающего контроля, основанный на требованиях международных стандартов ISO 9001, ISO 9712 и JAR 145. Приведены результаты оценки профессиональной деятельности компетентности специалистов по физическим методам неразрушающего контроля и технической диагностики авиационной техники.

Современная экономика требует наличия широкого слоя квалифицированных работников, сертифицированных организациями, независимыми от системы образования. В условиях конкурентного бизнеса персонал фирмы (предприятия) должен быть достаточно подготовлен и построен для того, чтобы обеспечить требуемое качество продукции (услуг) организации в такой рыночной ситуации, когда требования потребителя и его ожидания постоянно повышаются. Для этого необходима информация о способности персонала работать достаточно эффективно, а также о том, соответствует ли он выбранной стратегии организации, может ли персонал измениться, чтобы соответствовать требованиям, которые предъявляет к нему конкурентная среда, положительно ли он воспринимает изменения. Когда берут на работу, то берут не только «умелые руки» или «умелую голову», а еще и человека с его характером, склонностями, привычками и судьбой.

Международный опыт предприятий показывает, что не менее 20% от общих затрат используются предприятиями на подготовку и сертификацию персонала. Сертификация персонала дает работникам возможность подтвердить независимой организацией уровень квалификации и профессионального мастерства на текущий момент времени, что повысит шансы трудоустройства или возможности продвижения по служебной лестнице и мобильности на рынке труда.

Одним из важных направлений в области управления качеством авиационной техники (АТ) является стремление предприятий внедрить Международные и европейские стандарты. Это способствует совершенствованию внутренней организации производства, процессов изготовления, обслуживания и восстановления АТ и, как следствие, оказывает позитивное влияние на безопасность воздушных судов (ВС), а также на показатели экономической деятельности предприятия.

В требованиях стандартов ISO 9001-2001, JAR-145, Авиационных правил Межгосударственного авиационного комитета и европейских «Процедуры по сертификации воздушных судов и другой авиатехнической продукции и деталей» сформулированы общие методологические принципы построения системы управления качеством (СУК) производства и

обслуживания АТ. Соответствующие разделы посвящены практическим аспектам реализации процессного подхода к управлению качеством АТ та сертификации персонала. Нормативная база системы управления качеством АТ включает законодательные акты, документы, вводимые в действие органом регулирования деятельности гражданской авиации, стандарты, отраслевые производственные инструкции, руководящие технологические материалы, технические условия и т.д.

Новизна подходов к созданию СУК заключается в ориентации управления деятельностью предприятия на удовлетворение требований потребителя к качеству продукции, применения процессного подхода в управлении деятельностью персонала, связанной с обеспечением качества, создании условий для постоянного улучшения продукции и совершенствования СУК.

Персонал, который занят в функциональных сферах, влияющих на качество, выполняет центральную роль в реализации системы качества. Какие б современные не были системы качества, за ними стоит человек с его желаниями или нежеланием, умением или неумением работать качественно. Новые условия функционирования системы качества требуют существенных изменений в подготовке персонала с учетом новых социально-психологических интересов.

Необходимо помнить, что управление качеством – это, прежде всего, управление людьми и их деятельностью. Поэтому на предприятии должна существовать определенная система управления персоналом, которая предусматривает процесс оценки исполнения работником служебных обязанностей – аттестацию. При наличии сертификата компетентности специалист подлежит техническому надзору со стороны органа сертификации в соответствии с порядком осуществления надзора за сертифицированным персоналом. Наличие сертификата показывает, что специалист соответствует квалификационным требованиям (есть определенные знания, умения и навыки). Вместе с тем, при аттестации возникает необходимость оценивать соответствие специалиста характеру выполняемой работы. Желательно изучить наличие акцентуаций личности. Немецкий психолог и психиатр Карл Леонгард разработал и описал классификацию акцентуаций личности, в которой выделил десять основных типов акцентуаций: демонстративный; педантичный; гипертимический; дистимический, циклотимический; экзальтированный; застревающий; возбудимый; тревожный; эмотивный. Черты личности разделяют на основные и дополнительные. Основные черты являются стержнем личности, определяют ее развитие и психическое здоровье. Каждый из нас несет отпечаток своей индивидуальности, т.е. какие-то черты акцентуированы. Необходимо отметить, что классификация акцентуаций личности – это классификация не патологий, а крайних вариантов нормы. При благоприятном развитии акцентуированные личности могут обладать намного большим творческим потенциалом, чем неакцентуированные – надо только направить его в нужное русло.

Описание акцентуаций личности с рекомендациями, где они окажут наибольшую пользу, приведено в подготовленном нами пособии

Национального авиационного университета «Сертификация персонала». Как показывает опыт выполнения работ по неразрушающему контролю, специалистам, имеющим определенный уровень квалификации в соответствии с требованиями ДСТУ № 473 или EN 4179, присущи две противоположные мотивационные тенденции – стремление к успеху (мотив достижения) и стремление избежать неудачи (мотив избегания). Информация о мотивах личности позволяет в процессе профессионально-психологической аттестации прогнозировать активность человека на определенном месте работы. Особенно важны здесь диагностика и оценка мотива достижения. Тогда как у одних преобладает стремление к успеху, к высоким результатам по составлению выводов о качестве проконтролированного объекта, у других доминирует стремление избежать неудачи или ошибки при принятии решений о результате контроля.

Оценка личностью своих шансов на успех значительно влияет на мотивацию к профессиональной деятельности. Чем больше человек верит в успех, тем больше усилий он склонен прилагать для достижения поставленной цели. Оценка персоналом своих способностей может быть предметом изучения в процессе собеседования. Успехи, достигнутые в прошлом, формируют веру в свои силы, в собственную эффективность. Неудачи в прошлом разрушают веру. Субъективная ценность успеха определяет мотивацию достижения (стремление к успеху). От того, какое значение личность придает достижениям в неразрушающем контроле и технической диагностике зависит то, насколько интенсивно он будет работать именно в этой сфере. При аттестации стоит также выяснить, как претендент представляет себе свою деятельность на новом месте работы или при контроле новых изделий, деталей и узлов; какого успеха он может достичь, какой личностный смысл для него имеет этот успех, насколько он для него ценен и т.п. Достаточно эффективным является и метод контентанализа (устной или письменной) речи личности. С этой целью в его речи выделяются понятия, суждения, высказывания, которые свидетельствуют о наличии у человека мотива достижения успеха. Так, о наличии мотивации достижения свидетельствуют положительно сформированные утверждения, в которых не выражаются опасения или неуверенность относительно возможности достижения цели, а, наоборот, проявляется стремление достичь успеха («хочу», «планирую», «стремлюсь» и т.д.). По результатам аттестации службы управления персоналом предприятия осуществляют подбор и развитие персонала, путем разработки входящей информации – должностных инструкций, квалификационных требований и системы критериев, которые обеспечивают адаптацию сотрудников. Кроме того, они обеспечивают развитие персонала (профессиональное обучение, переподготовку, повышение квалификации для обеспечения функций данной организации, координации и контроля, должностные перемещения) с разработкой методических рекомендаций по практической реализации данного процесса.

Оценка результатов профессиональной деятельности специалистов проводится за определенный период времени, в соответствии с разработанной методикой обобщенной оценки результатов и

управленческими решениями по полученным результатам и механизмом подбора кандидатов в состав резерва на выдвижение и повышение их профессиональной квалификации с условиями основной и дополнительной оплаты труда.

Повышение квалификации сертифицированного персонала в современных условиях стало объективно необходимым элементом производственной деятельности и рассматривается не как желание, а как обязательная форма этих действий. Нежелание специалиста повышать свою квалификацию рассматривается как нарушение производственной дисциплины, со всеми вытекающими последствиями.

В связи с тенденцией увеличения темпов развития национальной экономики и осознании руководителями предприятий важности влияния на эти процессы уровня профессионализма специалистов по неразрушающему контролю наблюдается увеличение объемов их профессионального обучения. Для этого, в соответствии с приказом Минтруда и Минобразования от 26.03.2001 г. № 127/151, разработаны рекомендации относительно механизма стимулирования персонала предприятий с целью усиления его заинтересованности в непрерывном совершенствовании своих знаний и умений. Также разработаны рекомендации относительно создания и деятельности региональных ассоциаций предприятий разных форм собственности по вопросам профессионального обучения кадров на производстве с организацией профессионального обучения на рабочем месте, в соответствии с рекомендацией, которую утвердила Генеральная конференция Международной организации труда. В последней предусмотрено сотрудничество, при необходимости, с Международным бюро труда в вопросах обеспечения персонала возможностями обучения и приобретения опыта, которого не могут получить у себя, или командировками опытных личностей с одного государства в другое, для содействия организации обучения, получения учебников, обмена квалифицированным персоналом и информацией по вопросам обучения.

Выводы

1. Персональное обучение специалистов неразрушающего контроля и технической диагностики обеспечивает повышение его компетентности, развитие познаний методов и средств, применяемых при выполнении работы.

2. Модуль компетентности непосредственно зависит от содержания выполняемых работ. Недостатки компетентности становятся известными после проведения аудита интеллектуального багажа, то есть аудита знаний. Это становится основанием выводов о недостатках в компетентности специалиста по конкретным видам или методам контроля, теоретическим знаниям или практическим умениям.

3. Решения для устранения недостатков в компетенции находят через обучение - как персонифицированное, так и общее, - для всего персонала по измерениям, контролю и испытаниям. При этом исходят из того, что обучение специалистов и стабильность персонала является жизненно важным принципом.

УДК 621.382.08

Д.П. Орнатський, к.т.н. (НАУ, Україна, м. Київ)
Л.М. Щербак, д.т.н., професор (НАУ, Україна, м. Київ)
В.А. Готович (ТНТУ ім.. І. Пулюя, Україна, Тернопіль)
О.В. Кармазін (НАУ, Україна, м. Київ)

СТРУКТУРА АВТОНОМНОГО ЗАСОБУ КОНТРОЛЮ ХАРАКТЕРИСТИК ЯКОСТІ ЕЛЕКТРОСПОЖИВАННЯ

Запропоновано структуру засобу контролю характеристик якості електроенергії і наведено ряд рекомендацій по реалізації такого засобу.

Вступ. Надійність функціонування значної кількості технічних комплексів, систем, обладнання, приладів, механізмів у значній мірі визначається характеристиками якості електроенергії, яка є основним джерелом живлення. Наведемо деякі факти стану електроенергетики в Україні, використовуючи результати роботи [1].

В Україні близько 90% основного генеруючого обладнання і 80 % обладнання власних потреб діючих електростанцій різного виду виробило свій ресурс. Для подальшої надійності експлуатації необхідно або повністю замінити застаріле обладнання, або оснастити ці об'єкти сучасними засобами моніторингу, контролю і діагностики і тим самим з високою вірогідністю визначити залишковий ресурс і забезпечити загальне підвищення експлуатаційної надійності таких об'єктів.

Перший шлях вирішення такої проблеми, а саме заміна такого енергетичного устаткування вимагає величезних коштів (близько 350 млрд. грн.). Інший шлях припускає на основі створення і використання сучасних методів та засобів моніторингу і діагностики постійно визначати технічний стан та залишковий ресурс енергоустаткування і експлуатувати його з достатньо високою надійністю.

Проведений аналіз електроенергетики в роботі [1] показав, що на сьогодні мають місце:

- при генерації: неоптимізовані процеси експлуатації, високі пікові навантаження, відсутність стабільного ринку електроенергії;
- при передачі: значна зношеність систем електропередачі, вагома частка втрат при передачі (до 20%), висока частка реактивної потужності в електромережах;
- при розподілі: недостатня надійність електропостачання, не оптимізоване споживання електроенергії, неефективна система тарифікації;
- при споживанні: неможливість оптимального режиму керування електроенергією, високі економічні витрати на електроенергію, зростання вимог до якості електроенергії.

Задачі контролю характеристик електроенергії як основного джерела енергії при роботі значної кількості обладнання є актуальними і важливими. Це обумовлено тим, що в ряді випадків миттєві викиди, імпульсні складові максимальних значень напруги спричиняють нештатні режими роботи

обладнання, а інколи стають причиною їх відмов. Подальший ремонт, налагодження такого обладнання потребують відповідного часу, роботи спеціалістів і фінансових коштів, а в ряді випадків відмови можуть привести до аварійних ситуацій. Тому виникає необхідність поточного контролю характеристик джерела електроенергії на часовому інтервалі роботи обладнання з використанням відповідних засобів вимірювань. Первинною ланкою у вирішенні задач контролю можуть бути використані автономні засоби контролю характеристик якості електроенергії.

Сучасний рівень елементної бази вимірювальних засобів, обчислювальної техніки дає можливість створювати автономні (мобільні) засоби контролю характеристик якості електроенергії, які дають можливість вирішувати задачі контролю електроспоживання. Відмітимо, що такі технічні засоби вимірювань мають різні метрологічні характеристики і їх необхідність використання підтверджується практикою поточного контролю характеристик якості електроенергії з врахуванням специфіки споживання електроенергії різними видами обладнання. Дані засоби можуть бути адаптованими до кожного споживача електроенергії, що дає можливість ефективно вирішувати задачі поточного контролю характеристик електроенергії. Самі засоби можуть розроблятись і виготовлятись як нестандартні вимірювальні засоби, які після налагодження перед передачею в експлуатацію можуть бути атестовані і зареєстровані в органах Укрметтестстандарту.

Постановка завдання. Запропонуємо структуру автономного засобу контролю якості характеристик електроенергії для напруги 380/220 В і значення струму до 100 А і наведемо рекомендації по вибору сучасної елементної бази для її реалізації.

На основі використання результатів науково-технічних праць [1-4] наведемо на рис. 1 загальну структурну схему автономного засобу контролю якості характеристик електроенергії.

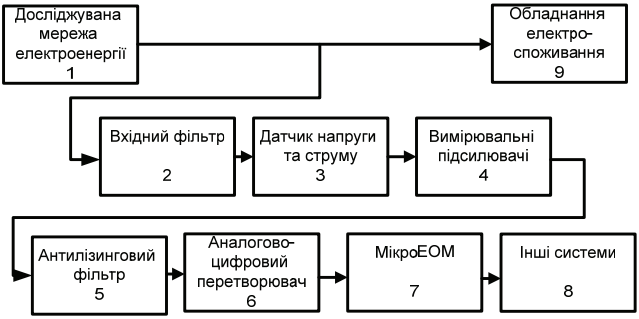


Рис. 1. Загальна структурна схема автономного засобу контролю якості характеристик електроенергії

Базуючись на результатах науково-технічних праць [2-3], уніфікованого каталогу сучасної елементної бази електроніки [4], наведемо ряд рекомендацій по вибору елементної бази для реалізації схеми автономного засобу контролю

якості характеристик електроенергії (рис. 1). Відмітимо, що для даного засобу контролю характеристик якості електроенергії проводиться два етапи його налагодження:

- на першому етапі засіб використовується для вимірювання поточних значень напруги і струму досліджуваного джерела живлення;

- на другому етапі по результатам статистичної обробки даних вимірювань і подальшої реалізації відповідного програмного абезпечення роботи мікроЕОМ засіб виконує функції контролю характеристик якості електроенергії.

В якості прикладу реалізації даного засобу контролю (рис. 2) наведемо ряд наступних рекомендацій.

Вхідний фільтр (2) використовується в якості ланки завадозахищеності створюваного засобу контролю від зовнішніх завад, в першу чергу, від зовнішнього електромагнітного поля, діючого в просторовій області розміщення засобу вимірювань. Фільтр в більшості випадків є пасивним і реалізується на RLC-елементах.

Датчик напруги (3) може бути реалізований в двох наступних варіантах з використанням:

А) вимірювального трансформатора напруги (високі метрологічні характеристики, значні габарити, висока вартість, основний виробник Analog Devices);

Б) резистивного подільника з подальшим застосуванням різних засобів з ізольованим виходом, в тому числі:

а) вимірювального підсилювача з ізольованим виходом у виді інтегральної мікросхеми (широкосмуговість, високі метрологічні характеристики, значна вартість, основний виробник Analog Devices);

б) ємнісної розв'язки (широкосмуговість, середні метрологічні характеристики, висока вартість, основний виробник Burr-Brawn, в основному застосовується для високих напруг більше 1 КВ);

в) оптичної розв'язки (широкосмуговість, низькі метрологічні характеристики, низька вартість, основний виробник Hewlet-Packard).

Датчик струму (3) може бути реалізований в двох наступних варіантах з використанням:

А) резистивного шунта, який необхідно включити послідовно з підводом електроенергії до обладнання електроспоживання;

Б) кліщів Дітца, які охоплюють кабель подачі живлення без втручання.

З метою підвищення метрологічних характеристик датчиків напруги і струму рекомендується використати результати роботи [2-3]. Ця рекомендація полягає у використанні трансформаторів розв'язки на основі ідентичних малогабаритних тородоідальних трансформаторів струму, які мають диференціальні вихідні обмотки. Вихідні обмотки вказаних трансформаторів подаються на вхід вимірювальних підсилювачів (4) з диференційно-струмовими входами.

Вимірювальні підсилювачі (4) - як приклад, інтегральна мікросхема MAXIM-4169.

Антилізинговий фільтр (5) використовується з метою фільтрації внутрішніх завад, створених засобами вимірювань.

Аналогово-цифровий перетворювач (6) – як приклад, АЦП MAXIM-194 з частотою дискретизації 160 кГц, 14-16 розрядів.

МікроЕОМ є підсистемою накопичення, реєстрації та обробки даних вимірювань поточних значень напруги та струму з дискретним часом. Дана підсистема має інтерфейс з іншими системами для передачі: поточних даних вимірювань напруги та струму; результатів контролю характеристик якості електроенергії для прийняття рішення, наприклад, системою управління обладнанням електроспоживання.

На наступному рис. 2 запропонована функціональна схема одного з варіантів реалізації цифрового реєстратора даних вимірювань електроенергії.

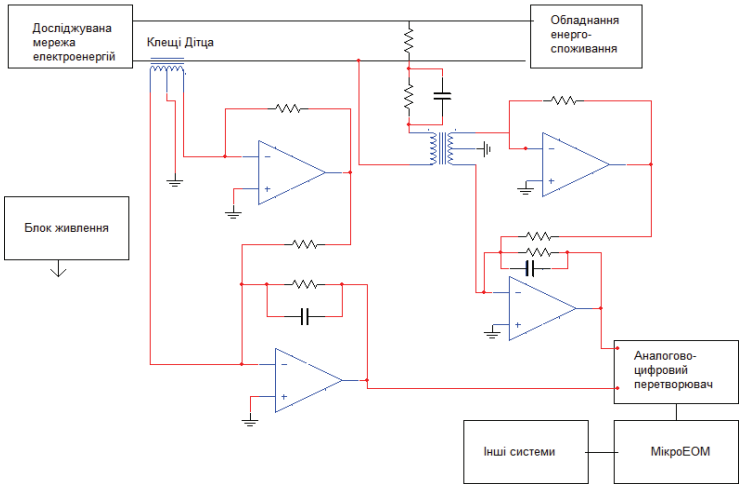


Рис. 2. Функціональна схема одного з варіантів реалізації засобу контролю характеристик якості електроенергії

Висновки. Запропоновано структуру засобу контролю характеристик якості електроенергії і наведено ряд рекомендацій по реалізації такого засобу.

Література

1. Стогній Б.С. Еволюція інтелектуальних електричних мереж та їхні перспективи в Україні / Б.С. Стогній, О.В. Кириленко, А.В. Праховник. С.П. Денисюк // Технічна електродинаміка. – 2012. – № 5. – С. 52 – 67.

2. Кузнецов В.А. Измерения в электронике: Справочник/В.А.Кузнецов, В.А. Долгов, В.М. Коневских и др. – М.: Энергоатомиздат, 1987. – 512 с.

3. Волков О.І. Метрологія: теорія і нормативне забезпечення: Навч. Посіб. / О.І. Волков, О.М. Величко, Г.І. Хімічева та ін. – К.: Вища шк., 2008. – 335 с.:іл.

4. Каталог електронних компонентів ELFA. – Sweden: Elfa AB, 2010. – 2067 р.

УДК 581.31 (043.2)

В.М. Ільченко, к.т.н,
(Національний авіаційний університет, Україна)
Т.І. Ганєва
(Одеська державна академія технічного регулювання та якості, Україна)

ОЦІНКА НАВАНТАЖЕННЯ, ЩО ДІЮТЬ НА РЕСОРИ В УМОВАХ ЕКСПЛУАТАЦІЇ

У процесі експлуатації автомобіля найбільший вплив на втомну міцність ресори виявляють напруги від дії вертикальних навантажень. Разом з тим комбінації напруг від максимального вертикального навантаження й реактивного крутного моменту, що виникає при передачі ресорою, що штовхає або гальмівної сили, можуть викликати надмірні напруги.

До характеристик ресорної підвіски й до її конструкції висувають певні вимоги, що забезпечують оптимальну плавність ходу, високу стійкість і гарну керованість автомобіля. Виконати зазначені вимоги й забезпечити високу міцність і необхідний термін служби ресори без надмірного збільшення її ваги — особливе завдання конструктора. Вона ускладнена тим, що навантаження, що діють на ресори, внаслідок великої різноманітності умов експлуатації автомобілів міняються в досить широких межах, а отже, дуже значно міняються й напруги. Тому автомобільні ресори відносять до такої групи деталей, які можуть руйнуватися як від недостатньої статичної міцності, так і від утоми.

Сила тяги й зусилля при гальмуванні залежать від коефіцієнта зчеплення коліс із поверхнею дороги. Максимальний коефіцієнт зчеплення дорівнює одиниці. Тому конструкції, розраховані при такому коефіцієнті, працюють задовільно, якщо був врахований перерозподіл навантажень. Додаткове вертикальне навантаження на зовнішнє колесо, що виникає при повороті автомобіля, рідко перевищує 40% статичного навантаження, а максимальна сила, викликувана недотепним або недбалим керуванням, становить не більш 60%.

Під час руху по прямій на нерівних або поритих коліями дорогах ресори можуть сприймати й більші навантаження. Тому ресори звичайно розраховують тільки на найбільше можливе вертикальне навантаження. В особливих випадках розраховуючи на міцність ушков ресори враховують і дію реактивного крутного моменту, що виникає при гальмуванні або розгоні автомобіля.

Відзначимо, що ресора у підвіски випробовує також бічні навантаження, що й скручують, сприймані винятково вушками й першими листами ресори. Ці навантаження особливо значні в умовах руху автомобіля по кривій (на повороті) і у випадку поперечних коливань кузова навколо його поздовжньої осі дороги, що з'являються при русі автомобіля по поверхні, з несиметрично розташованими нерівностями. Такі навантаження також досить непевні й дотепер мало досліджені. Руйнування ресор внаслідок утоми може відбутися від вертикальних навантажень, які залежно від конструкції

автомобіля й умов експлуатації (швидкості руху й мікропрофілю дороги) міняються в досить широких межах.

Використання методів теорії випадкових функцій дозволяє при відповідних аналітичних розрахунках або випробуваннях одержати характеристики навантажувального режиму ресор залежно від умов руху й характеристик підвіски. Певним експлуатаційним умовам відповідає певний навантажувальний режим; при зміні цих умов міняється й навантажувальний режим, а разом з ним надійність і термін служби ресори.

Фактори, що впливають на міцність ресор при змінних напругах. При русі автомобіля по дорозі із заданими мікропрофілем і швидкістю напруги в ресорах змінюються випадковим образом. У загальному випадку в будь-який момент часу ці напруги

$$y = y_m + y_Д f(t), \qquad (1)$$

де σ_m — середні напруги в ресорі; $\sigma_Д$ — амплітуда динамічних напруг; *f (t)* — функція, що визначає зміну амплітуд $\sigma_Д$.

Якщо в ресорі, що полягає з *n* листів, при якому-небудь навантаженні виникають у кожному листі відповідно напруги σ_1, σ_2, …, σ_n, то під середніми напругами σ_m розуміють суму всіх напруг, ділену на число листів, тобто

$$y_m = \frac{y_1 + y_2 + ... + y_n}{n} = \frac{1}{n}\sum_{k=1}^{n} y_k.$$

Під питомими напругами $\bar{y}$ надалі будемо розуміти напруги, що виходять від розподілу середніх напруг па деформацію ресори відповідну до цих напруг, тобто

$$\bar{y} = \frac{y_m}{f} \text{ або } \bar{y} = \frac{1}{nf}\sum_{k=1}^{n} y_k.$$

Незважаючи на відсутність, цілком певної закономірності в змінах напруг у ресорі, можна затверджувати, що сукупність випробовуваних ресорою при русі автомобіля по нерівній дорозі напруг, від яких залежить втомна міцність ресори, складається з великого числа елементарних асиметричних циклів напруг, що підкоряються гармонійному закону. Тоді формула (1) для одного елементарного циклу прийме вид

$$y = y_m + y_Д \sin(\omega t + \varphi),$$

де ω — частота зміни напрузі; φ — кут, що визначає зрушення фаз; *t* — час.

Тому питання про вивчення втомної міцності зразків ресорної сталі й ресор у зборі в загальному випадку зміни амплітуд і середніх напруг можна звести до питання про вивчення їх втомної міцності під дією елементарних циклів. У цьому випадку не врахована послідовність дії циклів напруг з більшими й малими амплітудами, вплив яких на довговічність ресори мало вивчене. Досвід експлуатації показує, що частота практично не впливає на втомну міцність. Отже, залишається з'ясувати, як впливає на довговічність ресори амплітуда напруг і середні напруги.

Випробування показують, що при збільшенні амплітуди динамічних напруг понад границю витривалості ($\sigma_д$ = 13,5 кгс/мм^2) швидко знижується довговічність, причому не пропорційно збільшенню напруг. Наприклад, довговічність збільшилася в 2 рази (з 100 000 до 200 000 циклів) у результаті зниження амплітуди напруг усього на 17%.

Для одержання повної характеристики втомної міцності сталі при асиметричних циклах напруг (такий випадок має місце в ресорах) визначають границі витривалості для декількох режимів: $\sigma_m = 0$; $\sigma_m < \sigma_д$; $\sigma_m = \sigma_д$; $\sigma_m > \sigma_д$.

Отримані результати представляються у вигляді діаграми, що виражає залежність граничних напруг (максимальних і мінімальних) або граничних значень амплітуд циклу від середньої напруги.

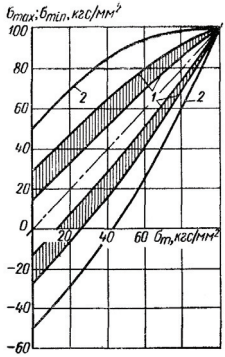


Рис. 1. Діаграма втомної міцності ресорної сталі, що має межу міцності при розриві $\sigma_{вр}$ = 130 кгс/мм^2

Діаграма втомної міцності ресорної легованої сталі, що має межу міцності при розриві $\sigma_{вр}$ = 130 кгс/мм^2 наведена на рис.1. Кривими 1 обмежені значення σ_{max}, σ_{min} і межі розсіювання для звичайного прокачаного ресорного профілю, а кривими *2* — для шліфованих зразків. За результатами цих випробувань можна укласти, що середня напруга циклу σ_m у практично прийнятних межах мало впливає на амплітуду граничних напруг циклів. Тому при заданій амплітуді циклу напруг вдається тільки в незначному ступені збільшити довговічність зниженням середнього напруження.

Обробка поверхні листів має вирішальний вплив на амплітуду граничних напруг. Будь-яке поліпшення поверхні сильніше впливає на довговічність ресори, чому використання більш високоякісного матеріалу або поліпшення обраного матеріалу для одержання підвищеного значення границі витривалості.

Як показують дослідження, довговічність ресор у зборі приблизно підкоряється тим же закономірностям, що й довговічність їх листів. Однак у готових ресорах з підвищенням середньої напруги більш суттєво міняється амплітуда напруг, при якій ресора витримує задане число циклів до руйнування. Дослідження показали також, що довговічність ресори значно

залежить від меж коливань напруг при русі автомобіля по нерівній дорозі. Може відбутися втомний злом, якщо протягом тривалого часу ці напруги будуть перевищувати границя витривалості матеріалу.

Коливання напруг пропорційні амплітудам коливань осі щодо кузова, тому для збільшення терміну служби ресори необхідно максимально знизити ці амплітуди при експлуатації автомобіля.

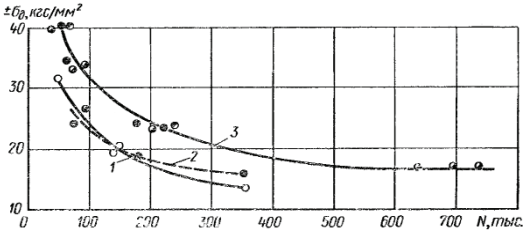


Рис. 2. Характеристики втомної міцності ресор і ресорних листів:
1 — ресори вантажних автомобілів; *2* — ресори легкових автомобілів;
3 — ресорні листи 5х45х500 мм

Криві втомної міцності ресор і їх листів наведені на рис. 2. Як бачимо, при випробуванні на утому зразків ресорної сталі й ресор спостерігаються ті самі закономірності.

Висновок

Однак чисельні результати випробувань у значній мірі відрізняються. Порівняння показує, що готові ресори мають у кілька раз більш низька границя витривалості, чому зразки ресорної сталі, випробувані на утому при тих же напругах. Пояснюється це тим, що при випробуванні на утому ймовірність зламу одного листа багатолистової ресори в зборі значно більше ймовірності зламу окремо випробовуваного листа, а також тим, що при роботі ресори в місцях зіткнення листів виникають контактні знакозмінні напруги, що знижують її довговічність.

Список літератури

1. *Бендат Дж., Пирсол А.* Измерение и анализ случайных процессов. М., 1971;

2. *Пархиловский И.Г.* Исследование вероятностных характеристик поверхностей распространенных типов дорог и их сравнительный анализ. М., 1966, с 22-48.

3. *Dodds C.I., Robson I.D.* The Description of Road Surface Roughness. – Journal of Sound aud Vibration, 1973, 31 (2), p. 175-183.

УДК 681.56

В.П. Квасніков,д.т.н,
(Національний авіаційний університет Україна)
Т.І. Ганєва
(Одеська державна академія технічного регулювання та якості, Україна)

МОДЕЛІ ОЦІНКИ ВИБОРУ ОСНОВНИХ ФУНКЦІОНАЛЬНИХ ПАРАМЕТРІВ РЕСОР

Основними функціональними параметрами, тобто параметрами, що визначають компонуємість ресор і здатність виконувати функціональне призначення, є статичне прогинання fcт і повне прогинання fп, що є сумою статичного і динамічного прогинань.

До основних конструктивних параметрів відносяться число листів і їх геометричні розміри — довжина і товщина. При заданій товщині листу ресори довжина ресори вже однозначно визначена значенням повного прогинання, ніж і визначається важливість задачі знаходження мінімально необхідного значення повного прогинання.

Повне прогинання підвіски і параметри системи підресорювання повинні бути так взаємно узгоджені, щоб в передбачуваних умовах експлуатації не відбувалися пробої підвіски. При інших рівних параметрах і однаковому обуренні повне прогинання підвіски $f_п$ залежить тільки від статичного прогинання $f_{ст}$, що дає можливість користуватися для вибору повного прогинання графіками залежності повного прогинання від статичного.

Графік залежності повного прогинання від статичного, показан на рисунку 1, *а.* По цьому графіку можна вибирати $f_п$ по заданому значенню $f_{ст}$. Проте дані представлені поза всякою залежністю від режиму роботи підвіски, заданого місцем установки, швидкістю руху і дорожніми умовами.

Б.М. Дишман запропонував методику розрахунку ресор з використанням середньостатистичної постійної, враховуюче характер динамічного режиму роботи підвіски і названою показником $П_{нс}$ напруженого стану. Тоді середня напруга в листах ресори під статичним навантаженням

$$y_{СТ} = П_{НС}\sqrt{f_{СТ}}\ .$$

Крім того, для ресор вантажних автомобілів рекомендовані певні значення $П_{нс}$. Оскільки максимальні напруги при повному прогинанні є величиною для всіх випадків постійної, то можна побудувати графіки, показані на рисунку 1, *б.*

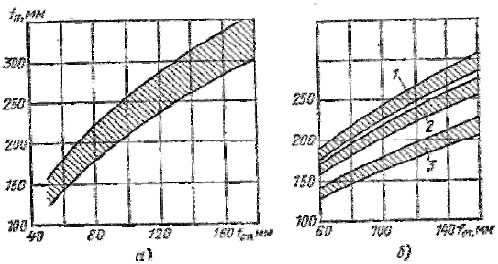


Рис. 1.Залежності повного прогинання $f_п$ ресори від статичного прогинання $f_{ст}$.

Проте і ці рекомендації дані незалежно від дорожніх умов і швидкості руху автомобілів.

Магістральні автомобілі експлуатуються в специфічних умовах, оскільки вони призначені для використовування на дорогах вищого класу з асфальтобетонним і асфальтовим покриттям. Проте унаслідок недостатнього розвитку таких доріг передбачається часткове використовування автомобілів цього класу на дорогах з покриттям булижника, на яких підвіска повинна забезпечувати безперебійний режим роботи і низьку вібронавантаження водія і вантажів.

Численні випробування магістральних автомобілів на таких дорогах показали, що повне прогинання підвіски $f_п$, збільшується із зростанням статичного прогинання $f_{ст}$ значно повільніше, ніж виходить з графіків на рисунку 1. Крім того, вплив місця установки ресори (передньої *1,* задньої *2* двовісні автомобілі або балансирної *3* тривісний автомобіль) також значно менше, ніж показано на рисунку 1, *б.*

Випробування проводилися на дорогах з асфальтовим покриттям з середньоквадратичною висотою нерівностей про σ = 1,15 ч 1,25 см і на дорогах з покриттям булижника з середньоквадратичною висотою нерівностей 2,55 - 2,95 см.

За наслідками випробувань побудовані криві, показані на рисунку 2, по яких рекомендується вибирати повне прогинання ресори $f_п$ для передніх і задніх підвісок двовісних і тривісних магістральних автомобілів на ранній стадії проектування автомобіля. У нижній частині рисунка 2 дана крива для попереднього вибору статичного прогинання $f_{ст}$ по необхідній частоті власних коливань.

У разі, коли проектування автомобіля просунулося настільки далеко, що є вже всі параметри, що визначають його плавність ходу, розрахунком слід перевірити правильність вибраних розмірів ресори даного автомобіля і, у разі потреби, їх уточнити. В першу чергу це відноситься до величин статичного і повного прогинання, які повинні забезпечувати необхідну плавність ходу автомобіля і довговічність ресори в заданих умовах експлуатації.

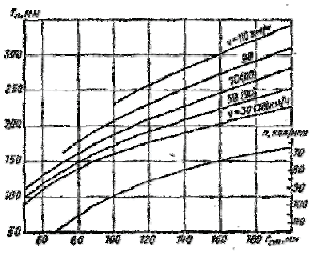


Рис.2. Графік для вибору повного прогину ресори $f_п$ залежно від статистичного прогину $f_{ст}$ ресори і швидкості руху V (у дужках – швидкість для балансирної підвіски).

Довговічність ресори тісно пов'язана із статичними напругами і, отже, з жорсткістю і довжиною l ресори. Прийнято вважати, що єдиною причиною, що викликає спостережуване останніми роками збільшення довжини ресор, є прагнення до поліпшення плавності ходу. Крім того, подовження ресори без зміни статичної напруги в її листах сприяє деякому підвищенню довговічності ресори. Як показують результати випробувань (рисунок 2), середньоквадратичні значення динамічних прогинань $f_д$ ресори із зменшенням жорсткості ресор зростають дуже повільно. Ці спостереження мають істотне значення, оскільки виявляють, що з подовженням ресори (тобто із збільшенням статичного прогинання $f_{ст)}$ зменшуються амплітуди динамічних напруг і, отже, повинна підвищитися довговічність ресор.

Як приклад на рисунку 3, *а* показані результати розрахунку по цій методиці для передньої ресори двохвісного вантажного автомобіля з осьовим навантаженням 6 тс. По осі абсцис відкладені довжина l передніх ресор і відповідні жорсткості c за умови постійних статичних напруг $\sigma_{ст}$ в листах, а по осі ординат — середньоквадратичні значення прискорень $\theta_а$ коливань рами над передньою віссю при русі по дорозі булижника кращої якості (середньоквадратична висота нерівностей 1,2 см) із швидкістю 50 км/хв, середньоквадратичні значення динамічних прогинань ресор $f_д$ і довговічність L ресор в тис. км пробігу.

З рисунку 3, *а* видно, що з подовженням ресори при постійній статичній напрузі зменшуються її жорсткості і середньоквадратичні значення прискорень коливань, дуже поволі зростають динамічні прогинання, і як наслідок, різко зростає довговічність ресор. Отже, подовження ресори може не тільки сприяти поліпшенню плавності ходу, але також і підвищенню довговічності ресор або напруг, що допускаються (якщо збільшувати довговічність не потрібен). Останнє має істотне значення з погляду металоємності ресор, оскільки вона прямо пропорційна кубу довжини ресори і обернено пропорційна квадрату статичних напруг.

Це можна прослідити по кривих на рисунку 3, *б*, побудованим для двовісного вантажного автомобіля в тих же експлуатаційних умовах. Довговічність ресор показана залежно від довжини l ресор і від статичних напруг $\sigma_{ст}$. Такий графік представляє широкі можливості для вибору

параметрів ресор і, зокрема, для управління довговічністю ресор на стадії проектування підвіски автомобіля.

Наприклад, з рисунку 3, *б* ми бачимо, що одна і та ж довговічність ресори забезпечується при l = 1545 мм і $\sigma_{ст}$ = 4500 кгс/см^2; l = 1660 мм і $\sigma_{ст}$ = 5500 кгс/см^2 або l = 1760 мм і $\sigma_{ст}$ = 6500 кгс/см^2. З другого боку, подовження ресори з 1545 до 1760 мм без збільшення статичних напруг приводить до підвищення довговічності приблизно в 8 разів. При цьому розрахункова металоємність ресори завдовжки 1760 мм в 1,5 рази більше, ніж ресори завдовжки 1545 мм при незмінній статичній напрузі, і на 30% менше при статичній напрузі, збільшеній з 4500 до 6500 кгс/см^2.

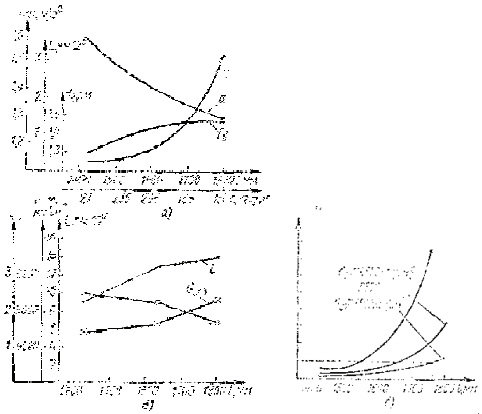


Рис. 3. Залежності середньоквадратичного значення динамічного прогинання $f_д$ ресори, довговічності L ресори і середньоквадратичного значення прискорень коливань $\theta_а$ від довжини l ресори.

Висновок

Такі результати (для швидкості руху 70 км/хв.) були використані при розвитку передніх ресор автомобілів. У міру переходу до нових моделей відбувається збільшення довжини ресор, що використовується для поліпшення плавності ходу при одночасному збільшенні довговічності ресор шляхом належного вибору статичних напруг.

Список літератури

1. *Умняшкин В.А., Филькин Н.М., Музафаров Р.С.* Теория автомобиля: учеб. пособие. – Ижевск: Изд-во ИжГТУ, 2006. – 272 с., ил.

2. *Литвинов А.С., Фаробин Я.Е.* Автомобиль: Теория эксплуатационных свойств: Учебник для вузов по специальности «Автомобили и автомобильное хозяйство». – М.: Машиностроение, 1989. – 240 с.: ил.

УДК 531

Лещенко Ю.П., аспірантка (НАУ, Україна, Київ)

ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ РОБОТОТЕХНІЧНІ СИСТЕМИ У ПРИЛАДОБУДУВАННІ

Надано загальну характеристику інтелектуальних роботів, наведено загальну структуру робота, напрямки розвитку інтелектуальних роботів.

Сфера робототехніки охоплює досить широкий клас машин, починаючи від простих іграшок до повністю автоматизованого виробництва (автоматично керовані електростанції, безпілотні космічні кораблі, автоматичні підводні апарати, ПК, що грає в шахи, - всі ці системи можна вважати роботами).

Тому термін «робот» має вельми широкий підтекст. У цій доповіді основна увага приділяється промисловим роботам, в яких присутні елементи інтелектуальної діяльності. Створення "розумних" роботів пов'язане, як правило, з наданням йому людських якостей.

Це здатність розпізнавати образи, брати участь в інтерактивних операціях, ставити завдання і приймати рішення. Тому зупинимося на детальному розгляді підсистем нижчого рівня, що виконують технологічні операції обробки заготовок, і зв'язок даних підсистем з підсистемами вищого рівня.

В цілому варто відзначити, що використання обчислювальної техніки в системах управління і програмного забезпечення дозволяє реалізувати інтелектуальні здібності людини і замінити її у сфері оцінки ситуації і ухвалення рішень.

Сукупність інтелектуальних і механічних здібностей робототехнічної системи дозволяє замінити людину у сфері її виробничої діяльності. Основними межами промислових роботів є їх механічна досконалість і безперервно зростаючий інтелект, що розширює сферу використання робототехніки, яка вже охоплює промисловість, сільське господарство, транспорт, медицину, наукові дослідження практично у всіх галузях знань.

Структура робота, що взаємодіє з довкіллям, може бути спрощено проілюстрована на Рис. 1.

У загальному випадку робот складається з чотирьох систем:

- виконавчої (маніпуляційної) - для цілеспрямованої дії на довкілля;
- інформаційно-вимірювальної (сенсорної) - для забезпечення робота інформацією про об’єкт, результати дії на нього маніпуляційної системи (або взаємодії системи робот - об'єкт - середовище) і стану самого робота відповідно до вимог керуючої системи;
- системи (інтелекту) - для вироблення закону управління маніпуляційною системою на підставі даних, що надходять від інформаційної системи, а також для організації спілкування робота з людиною або іншими функціональними пристроями, з якими взаємодіє робот; інтелектуальні здібності робота визначаються головним чином алгоритмічним і програмним забезпеченням його системи керування;

- системи зв'язку - для організації обміну інформацією між роботом і людиною або іншими функціональними пристроями (у тому числі роботами) на деякій зрозумілій йому мові.

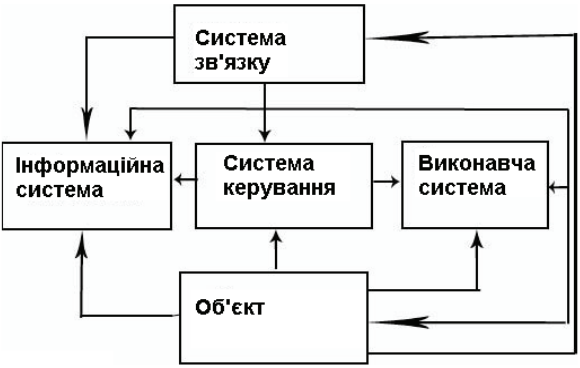


Рис. 1 Загальна структура робота, що взаємодіє з зовнішнім середовищем

Рівні інтелекту і інформаційного забезпечення промислового робота визначаються характеристикою середовища, з яким взаємодіє (на яке впливає) виконавча система робота.

У робототехнічних системах під середовищем розуміються об'єкти роботизації, які можуть знаходитися в неврегульованому (і тоді середовище є непідготовленим), впорядкованому (підготовлене середовище) і частково впорядкованому стані.

Зниження інформаційного навантаження і рівня інтелекту робота можливо, якщо заздалегідь підготувати середовище шляхом впорядкування об'єктів по класах, орієнтації в просторі і відносно один одного.

Однією з важливих проблем робототехніки є аналіз роботизованого виробництва, що передбачає етапи підготовки середовища (впорядкування об'єктів) спеціальними засобами. Можливість впорядкування об'єктів розглядається при цьому як один з основних фактів оцінки технологічності об'єктів під роботизоване виготовлення.

Особливо важливим є використання засобів і методів впорядкування середовища при роботизації багатономенклатурного дрібносерійного виробництва, коли відсутність таких засобів обумовлює дуже розгалужену систему інформаційного забезпечення, що здорожує робототехнічну систему в цілому, знижує надійність її функціонування і підвищує витрати на експлуатацію роботів.

Гнучкість автоматизованих виробничих процесів, особливо в умовах дрібносерійного багатономенклатурного виробництва, можна забезпечити шляхом їх організації за модульним принципом. Основу останнього складають елементи нижнього рівня структури гнучких автоматизованих виробництв – робототехнологічні комплекси.

Такими виробництвами є комплексні об'єднання верстатів з числовим програмним управлінням, іншого технологічного (у тому числі і складального) устаткування і роботів, керованих мікропроцесорами, з системами автоматизованої підготовки виробництва, включаючи його технологічний аналіз, проектування виробів і розробку технології.

Штучний інтелект промислових комплексів полягає в можливості розпізнавати деталі і їх поверхні з точки зору якості і відповідності заданим геометричним розмірам по кресленню, управляти технологічним процесом і приймати рішення по його зміні.

У свою чергу, ухвалення рішення включає формування проміжних цілей для виконання поставленого завдання. Сучасна швидкодіюча обчислювальна техніка дозволила якісно змінити структуру технологічного устаткування.

По-перше, завдяки високій швидкодії обчислень з'явилася можливість здійснювати управління механізмами, в яких переміщення не збігаються з координатами деталі, що виготовляється.

Наприклад, високошвидкісні прямолінійні переміщення можна виконувати за допомогою обертальних пар.

По-друге, швидкодіючі засоби контролю дали можливість побудувати системи оперативного налаштування режимів обробки, отримуючи інформацію про поверхню.

У робототехніці системи штучного інтелекту знайшли досить широке використання. Слід виділити наступні напрями розвитку інтелектуальних роботів:

1. Промислові роботи, що працюють у виробничій сфері і замінюють людину при виконанні технологічних операцій.

Інтелект вказаних роботів полягає в їх здатності автоматично розпізнавати якість обробленої поверхні, контролювати режими обробки і коректувати їх залежно від поставленої мети.

Наприклад, мінімізувати похибки, зменшувати енерговитрати, вибирати технологію обробки залежно від типу деталі і вимог до її вихідних характеристик. В даний час це основний клас роботів, якому має бути надана особлива увага, оскільки заміна людини у сфері виробництва якісно змінить її життєдіяльність.

2. Ігрові роботи;

3. Спеціальні роботи, здатні працювати у військовій обстановці, а також в умовах особливий небезпечних для життя людини.

Інтелектуальні робототехнічні системи для виконання виробничих завдань, так звані роботи-верстати, є пристроями, які повністю автоматизують виробництво по випуску певного вигляду продукції.

Дане устаткування оснащується системами контролю технологічних і вихідних параметрів оброблюваного виробу. До верстатного устаткування пред'являються досить високі вимоги по точності, надійності і відповідальності виконуваної операції.

При виконанні операцій обробки і збірки складних виробів неможливо вимагати імовірнісного результату. Як правило, такі операції строго детерміновані.

Тому імовірнісні пошукові методи можливі лише на стадії обробки результатів. Ухвалення остаточного рішення повинне забезпечувати детермінований результат, що забезпечує поставлену мету. Особливо високі вимоги пред'являються при обробці поверхонь складної форми.

В цьому випадку необхідне точніше виконання режимів обробки, контроль зносу інструменту в процесі обробки і забезпечення одночасно декількох параметрів деталі.

Зокрема, для кожної точки поверхні потрібно одночасно забезпечувати до шести геометричних параметрів, не рахуючи якості поверхні. Для складних поверхонь, окрім вимог до самих координат, накладаються умови і на їх похідні.

Для дотримання високих вимог до точності виготовлення деталей необхідно здійснювати постійний контроль геометричних параметрів верстата, розмірів ланок, температурних змін і інших параметрів. Вживання механізмів паралельної структури також якісно міняє підхід до проектування верстатного робототехнічного устаткування.

Поняття робот-станок було введено в 1992 році при описі верстатного устаткування, побудованого на механізмах паралельної структури і дозволяючого за допомогою одного і того ж механізму виконувати транспортні операції і операції обробки.

Дані механізми дозволяють розширити функціональні можливості верстатного устаткування і, за наявності системи управління, оснащеної елементами штучного інтелекту, робить дане устаткування близьким до інтелектуальних роботів.

Поєднання функцій особливо актуально для складних високоточних операцій, коли потрібне виготовлення деталі від однієї бази. У даному випадку отримуємо універсальне устаткування, що дозволяє виконувати декілька різних технологічних операцій для широкої номенклатури виробів. Головною відмітною особливістю робота-верстата є універсальність, точніше, багатші кінематичні можливості переміщення механізмів. Механізми паралельної структури розширили можливості виконавчих механізмів верстатів, зробили їх більш полегшеними і універсальними.

Висновки

В даний час промисловість вже освоїла випуск великої номенклатури інтелектуальних робототехнічних систем, які досить швидко зайняли лідируюче місце у сфері промислової робототехніки.

При цьому роботи все частіше представляються у вигляді технологічних систем, що безпосередньо виконують операцію обробки. Як вже було сказано вище, такі системи називаються роботами-станками, оскільки їх кінематична схема дозволяє виконувати транспортні операції і безпосередньо обробку.

УДК 62-52:644.6

О.І. Осмоловський, к. т. н., (Національний авіаційний університет, Україна)
В. В. Воєвода, магістр, (Національний університет водного господарства і природокористування,Україна, м.Рівне)

АВТОМАТИЗАЦІЯ НАСОСНОЇ СТАНЦІЇ НА ОСНОВІ НЕЧІТКОЇ ЛОГІКИ З ВИКОРИСТАННЯМ ВЕЙВЛЕТ-ПЕРЕТВОРЕНЬ

Запропоновано для поліпшення енергетичних показників подачі води використання нечіткої системи керування насосними агрегатами, яка на основі інформації про поточні значення технологічних параметрів з використанням добових трендів зміни водопостачання вибирає режим роботи обладнання, що забезпечує мінімум втрат електроенергії.

Системи водопостачання (СВ) відносяться до числа найбільш ресурсоємних технологічних об‘єктів в комунальному господарстві та промисловості. Найбільшою складовою ресурсоємності є енергоспоживання. В світлі сказаного закономірно актуальною є науково-технічна проблема зниження енергоємності технологічного процесу водопостачання. Вирішенням цього питання досягаються соціальні та економічні результати, що поліпшують умови життя людей, підвищують економічний потенціал держави, зменшують екологічний збиток. Зазначена проблема вирішується в основному двома шляхами. Перший з них полягає в застосуванні більш досконалого технологічного і електротехнічного обладнання, а другий — в розвитку систем автоматизації насосних станцій (НС) з метою вдосконалення процесів управління технологічним обладнанням і поліпшення за рахунок цього економічних показників функціонування СВ.

Актуальність роботи обумовлена гостротою проблеми енергозбереження в народному господарстві України і, зокрема, зазначеною вище актуальністю задач енергозбереження в СВ.

Метою даної роботи є розробка методу покращення енергетичних показників водопостачання при повному і якісному забезпеченні всіх споживачів водою, а також підвищення економічної ефективності функціонування систем водопостачання.

З цією метою для одного з водозабірних майданчиків з насосною станцією («Новий двір») досліджено тренд погодинного водопостачання одного з районів міста в літній та осінньо-зимовий періоди.

Для обробки даної інформації необхідно отримати корисний сигнал у вигляді сукупності його послідовних наближень. З цією метою використано вейвлет-перетворення, основна ідея якого відповідає специфіці багатьох сигналів, що демонструють еволюцію у часі своїх основних характеристик – середнього значення, дисперсії, періодів, амплітуд і фаз гармонічних складових[1].

Інструментом розділення (декомпозиції) сигналів на такі складові з врахуванням роздільності по часу та по частоті, аналізу їх порядку і реконструкції сигналів з визначених складових являється кратномасштабний

аналіз (КМА). КМА дозволяє отримати високу роздільність по часу (низьку по частоті) на високих частотах і високу роздільність по частоті (низьку по часу) на низьких частотах. Цей підхід являється особливо ефективним, коли сигнал має високочастотні компоненти короткої тривалості і протяжні низькочастотні компоненти. Саме таким сигналом є зміна величини витрати в водопровідній мережі міста.

Ідея кратномасштабного аналізу полягає а тому, що розклад сигналу проводиться по ортогональному базису, що утворений зсувами і кратномасштабними копіями вейвлетної функції. Згортка сигналу з вейвлетами дозволяє виділити характерні особливості сигналу в області локалізації цих вейвлетів, причому, чим більший масштаб має вейвлет, тим більш широка область сигналу буде здійснювати вплив на результат згортки.

На основі отриманих даних про зміну витрати води здійснено їх вейвлет-перетворення, згідно якого отримано корисний сигнал (відокремлено шуми), що дає можливість в подальшому використати цей сигнал в якості вхідного завдання регулятора, який буде регулювати витрату насосних агрегатів.

Вейвлет-перетворення базується на наступній формулі:

$$f(x) = \sum_{k} s_{j_n,k}\varphi_{j_n,k} + \sum_{j \geq j_n}^{jmax} \sum_{k} d_{j,k}\psi_{j,k} \qquad (1),$$

де φ - скейлінг-функція (масштабна функція), і ψ - «материнський вейвлет» із нульовим значенням інтегралу; s - коефіцієнти апроксимації; d – деталізуючі коефіцієнти, j – рівень, масштаб сигналу, k – точки сигналу.

Найбільш потужним і довершеним програмним забезпеченням вейвлетного аналізу даних на сучасному етапі є пакет розширення Wavelet Toolbox програмного комплексу Matlab. Він включає в себе засоби для вивчення, створення і використання вейвлетів та вейвлет-перетворень як в командному режимі, так і з допомогою спеціальних засобів графічного інтерфейсу GUI. Здійснивши вейвлет-перетворення, використовуючи метод Wavelet-1D (для розкладу одновимірного сигналу), на основі даних про водоспоживання було отримано погодинні тренди витрати води для літнього та осінньо-зимового періодів (рис.1).

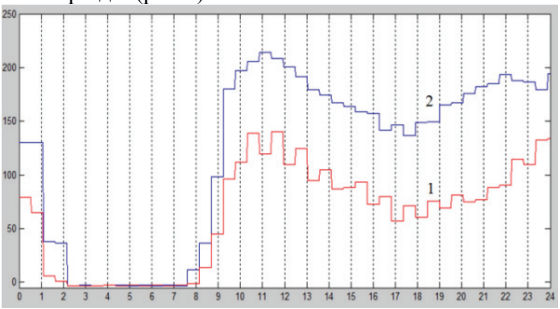


Рис.1 - Тренди погодинної витрати води: в літній період – 1; осінньо-зимовий період - 2.

З рисунка 1 видно, що тренд осінньо-зимового періоду містить більші значення витрати води, ніж літнього. Ця різниця – це в більшій мірі вода, яка йде на теплопостачання.

Оскільки дані апроксимації (корисні сигнали) вже отримані, то можна в подальшому переходити до розробки системи керування насосними агрегатами.

Останнім часом розвивається новий напрямок, який можна визначити як теорія нечітких систем управління[2]. Застосування підходу нечіткого логічного висновку виправдане, а інколи і єдине можливе, коли необхідно описати поведінку складної системи і отримати можливість визначати значення одних параметрів системи на основі значень інших її параметрів або параметрів навколишнього середовища. Застосування нечіткої логіки можливе в тих випадках, коли складність залежностей між параметрами системи «технічний об'єкт – навколишнє середовище» не дозволяє отримати аналітичну залежність вихідних параметрів від вхідних. Також цей підхід можна застосовувати в умовах неповного знання про поведінку системи, незрозумілий зв'язок між параметрами, недостовірних вихідних даних, коли поведінка системи і потрібна поведінка об'єкта описуються наближено.

При використанні методів, основаних на нечіткому визначенні процесу управління, з'являється можливість формування оптимального набору команд управління по критерію найменших енергозатрат при забезпеченні необхідної витрати води для споживачів. Нечіткий регулятор забезпечує більш високі показники якості перехідних процесів у порівнянні з класичними регуляторами[3].

На основі вищенаведених принципів управління створено модель насосної станції з нечіткою системою керування(рис.2).

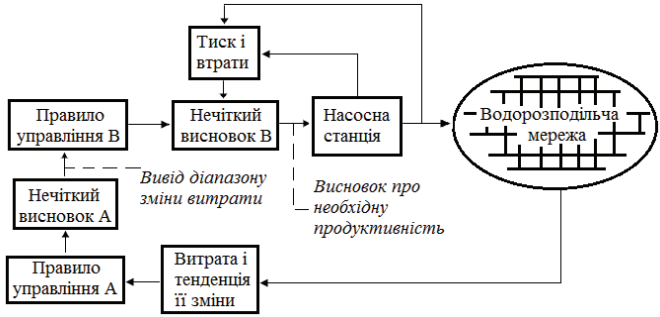


Рис.2 - Структурна схема нечіткої адаптивної системи управління насосним відділенням

Продуктивність, яку необхідно виробити насосною станцією, визначається попереднім значенням витрати води, отриманим нами шляхом вейвлет-перетворення з уточненням водоспоживання в даний час. Ця перемінна лінгвістично сформульована як «витрата води» і приймає значення «низька», «середня» і «висока». Природно, чим більша витрата води в даний момент, тим більшою повинна бути продуктивність. Другою лінгвістичною

перемінною визначено «швидкість зміни витрати» в мережі, якій також дано лінгвістичні значення «низька», «середня» і «висока». Якщо швидкість зміни витрати велика, то потрібна висока продуктивність насосної станції. В міру наближення витрати води, що створюється насосними агрегатами до необхідної витрати швидкість зміни витрати в мережі буде зменшуватися, а продуктивність насосної станції знижуватися.

Продуктивність насосної станції є вихідною змінною, якій привласнюються наступні терми: «дуже низька», «низька», «середня», «висока» і «дуже висока».

Таблиця 1.

Зв'язок між перемінними нечіткої системи керування

Швидкість зміни витрати	Витрата води		
	Низька	Середня	Висока
Низька	*Дуже низька*	*Низька*	*Середня*
Середня	*Низька*	*Середня*	*Висока*
Висока	*Середня*	*Висока*	*Дуже висока*

У випадку різкого спаду тиску в водопровідній мережі міста, при її забезпеченні витратою води згідно розрахованих норм споживання, формується сигнал про ймовірність аварійної ситуації, тобто розриву трубопроводів.

Висновки

Здійснивши вейвлет-перетворення даних погодинної витрати води для одного з районів міста, попередньо систематизувавши їх, було отримано сигнал, який в подальшому можна використати як завдання нечіткого регулятора. На основі цього сигналу з подальшим уточненням водоспоживання в даний час, а також враховуючи тенденцію зміни витрати води нечітка система керування буде визначати продуктивність насосної станції. З допомогою такої системи керування можна уникнути аварійних ситуацій на об'єкті та перевитрат електричної енергії, що, в свою чергу, призведе до підвищення ефективності технологічних процесів та надійності роботи системи водопостачання, забезпеченню раціонального використання матеріальних і енергетичних ресурсів.

Список літератури

1. Бурнаев Е.В. Применение вейвлет преобразования для анализа сигналов: Учебно-методическое пособие. – М.: МФТИ, 2007. – 138 с.

2. Современная прикладная теория управления. Новые классы регуляторов технических систем. Ч. III / Под ред. А.А. Колесникова. – Таганрог: Изд-во ТРТУ, 2000.

3. Дементьев А. Оптимизация управления насосным отделением водопроводной станции // http: // 10.3.2.1 / articles /pumps / pumps.html.

УДК 621.317.28

Михалко М.В. (Національний авіаційний університет, Україна)
А.В. Рудик, к.т.н., В.А. Рудик (Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне, Україна)

МЕТОД ВИМІРЮВАННЯ ШУМІВ ОПЕРАЦІЙНИХ ПІДСИЛЮВАЧІВ

Розглянуто питання вимірювання теплового шуму ОП з постійною спектральною густиною (в процесі вимірювання джерела шуму вважають незалежними і стаціонарними). Запропонований метод дозволяє точно вимірювати шумові параметри навіть малошумливих ОП з польовими транзисторами на вході.

Шуми реального операційного підсилювача (ОП) можна змоделювати за допомогою двох незалежних джерел (шумової напруги та шумового струму), включеними безпосередньо на вході ідеального ОП. При оцінці обох цих складових, приведених до входу ОП, виникають дві основні проблеми [1]:

– на виході реального ОП формується змішаний сигнал, що приводить до необхідності розділення цих складових;

– спектральна густина потужності шуму обох джерел порівняно мала, тому вимірювання їх параметрів можливе лише при достатньо великому підсиленні підсумкового шумового сигналу.

Спектральні характеристики власного шуму ОП досліджені досить ретельно, тому тут виділяють три основних діапазони [2]:

– частотний діапазон, де спектральна густина практично стала (тепловий та дробовий шум);

– частотний діапазон (приблизно до 1 кГц), в якому спектральна густина збільшується при зменшенні частоти пропорційно $1/f$ (фліккер-шуми);

– частотний діапазон вище 1 МГц, в якому спектральна густина шуму збільшується пропорційно частоті.

В роботі в основному розглянуто питання вимірювання теплового шуму ОП з постійною спектральною густиною, при цьому в процесі вимірювання обидва джерела шуму вважають незалежними та стаціонарними. В загальному випадку відомо [3], що вимірювання шумової напруги та шумового струму ОП можливо тільки при підключенні до входу ОП активних опорів з регульованими параметрами. Для розглянутого випадку справедливе таке співвідношення:

$$\frac{U_{Ш}^2}{df} = \left(\frac{U_R^2}{df} + \frac{I_R^2}{df} R_{\Sigma}^2 + 4kTR_{\Sigma} \right) \cdot \frac{K^2 K_0^2}{(K_0 + K)^2} \cdot \frac{1}{1 + \omega^2 \tau^2 \left(\frac{K}{K_0 + K} \right)^2}, \qquad (1)$$

де $U_{Ш}$ – вихідна шумова напруга; df – ширина смуги пропускання ОП; U_R та I_R – відповідні шумова напруга та шумовий струм; K_0 – коефіцієнт підсилення розімкненого ОП; $\tau = \omega_{гр}^{-1}$ – стала часу ОП, яка визначається його

граничною частотою; k – стала Больцмана; T – абсолютна температура; ω – поточна частота; $K = 1 + \frac{R_{33}}{R_1}$ – коефіцієнт підсилення ОП в неінвертувальному включенні; R_{33} – опір кола зворотного зв'язку ОП; R_1 – опір джерела шуму; $R_\Sigma = \frac{R_1 R_{33}}{R_1 + R_{33}}$.

Обидва джерела шуму входять до співвідношення (1) з різними ваговими коефіцієнтами. В цьому випадку можна виділити вже три складові підсумкового шуму: шумова напруга, шумовий струм та резистивний шум схеми. Так, при великих значеннях R_Σ на вихідний сигнал в основному впливає шумовий струм, а при малих значеннях R_Σ – шумова напруга. Діапазон, в якому проводять вимірювання, визначається АЧХ ОП у відповідності з виразом (1). Вимірювання шумової напруги на виході ОП проводиться вольтметром СКЗ.

На практиці допустимий діапазон зміни величини R_Σ обмежений паразитними ємностями схеми, які можуть суттєво впливати на точність вимірювань. Найбільш помітним такий вплив буде при вимірюванні шумового струму. Наявність паразитної ємності може призвести до різкої зміни коефіцієнта підсилення ОП в різних діапазонах частот та до самозбудження схеми. При цьому корекція частотних характеристик вимірювальної схеми розрахунковим способом буде неефективною. Крім того, при великих R_Σ схема буде досить чутливою до паразитних завад та наводок.

Розглянуті причини обмежують максимально досяжний коефіцієнт підсилення досліджуваного ОП у вимірювальній схемі та можливості розділення обох джерел шуму. При цьому вимірювання шумового струму ОП з польовими транзисторами на вході таким способом практично неможливо. Тому розглянемо метод вимірювання шумів ОП, оснований на періодичному оцінюванні у вимірювальній схемі рівня миттєвого шуму ОП за допомогою пристрою вибірки та зберігання (ПВЗ). Власне вимірювання проводяться на другому етапі перетворення отриманої дискретизованої послідовності в неперервний сигнал, який відображає шумовий сигнал. Основною вимогою до ПВЗ є виключення можливості накладання спектрів, що забезпечується при виконанні теореми Котельникова. Таким чином, досліджуваний шумовий сигнал за допомогою дискретних схем може перетворюватися тільки в обмеженому діапазоні частот, який визначається частотою вибірки. Якщо ж ПВЗ реалізовано за інтеграторною схемою, то основному підсиленню підлягають шуми в низькочастотній області. Обидва цих положення і обумовлюють можливість дослідження неперервного шуму ОП тільки за допомогою ПВЗ інтеграторного типу.

В такій схемі реальні ключі представлені ідеальними елементами комутації, послідовно з якими включені відповідні джерела шуму. Ключі працюють попарно та синхронно, а ключ ідеального ПВЗ відкривається лише протягом короткого інтервалу часу наприкінці фази зберігання. Підсумкове

співвідношення для спектральної густини потужності шуму на виході:

$$\frac{U_{Ш}^2}{df} = \frac{1}{f_S}\left[\frac{S_I^+ K_R^2}{4\sin^2\frac{\omega\tau_S}{2}} + S_2^+\right] \times \left(\frac{\sin\frac{\omega\tau_S}{2}}{\frac{\omega\tau_S}{2}}\right)^2, \qquad (2)$$

де: $S_I^+ = \frac{1}{2RC_R}\left(4kTRF_I + \frac{U_R^2}{df}F_2 + \frac{I_R^2}{df}R^2F_3\right)$; $F_I = \frac{2C(1+\omega_T R C_R)+C_R}{C(1+\omega_T R C_R)+C_R}$;

$F_2 = \frac{\omega_T R C_R C}{C(1+\omega_T R C_R)+C_R}$; $F_3 = \frac{2}{f_S R C_R} - \frac{2+F_I}{\omega_T R C}$; $S_2^+ = \frac{U_R^2}{df}\cdot\frac{\omega_T}{2}$;

$K_R = -\frac{K_0 C_R}{(K_0+1)C+C_R} \approx -\frac{C_R}{C}$; $f_S = \frac{1}{\tau_S}$ – частота вибірки; ω_T – миттєва частота; R – опір двох послідовно включених ключів.

В даному випадку покладають, що всі ключі в першому наближенні мають однакові шумові характеристики та однаковий опір в замкненому стані. Фактично складова вихідної напруги, обумовлена дією цих джерел, є завадою по відношенню до корисного сигналу, викликаного дією власних шумів ОП. Для проведення вимірювань та одночасного розділення шумового струму та шумової напруги ОП мають виконуватися такі умови: при вимірюванні шумового струму C_R, f_S, C, ω_T та ω мають вибиратися порівняно малими, а R має бути порівняно великим; при вимірюванні шумової напруги R, C та ω мають приймати малі значення, а C_R, f_S та ω_T – великі.

З співвідношення (2) можна зробити висновки про величину вихідного сигналу в залежності від параметрів схеми. Так, при малих значеннях C та ω рівень вимірювального сигналу достатньо великий. Розділення обох складових вихідного шуму ОП можливий при відповідному виборі значень C_R та f_S. Використання інтеграторного ПВЗ у вимірювальній схемі дозволяє в значній мірі зменшити вплив паразитних ємностей та зовнішніх наводок на результат вимірювання.

Запропонований метод гарантує достовірні результати тільки для білого шуму ОП. В той самий час шум реального ОП має рівномірну спектральну густину в досить широкому діапазоні частот, тому розглянуті обмеження будуть справедливими для області середніх частот.

Структурна схема вимірювального пристрою, в якому реалізується описаний метод, наведена на рис.1. В ній досліджуваний ОП DA1 включений безпосередньо до схеми інтеграторного ПВЗ. Для стабілізації режиму його роботи (компенсації дрейфу нуля) використовується ОП DA2. Крім того, необхідна стабільність роботи забезпечується відповідним вибором сталої часу інтегрування $R_I C_I$. Ключі відкриваються та закриваються почергово протягом повного періоду роботи ПВЗ, при цьому синхронно працюють ключі S1, S2 та S6 і S3, S4 та S5. Функції ідеального ПВЗ виконують послідовно включені ПВЗ SF1 та SF2, які працюють в протифазі. В цьому випадку виключається

вплив перехідних процесів в реальних ПВЗ на результат вимірювання, а час зберігання дорівнює τ_S. Миттєве значення шуму на виході ПВЗ в даному випадку є дуже малим у порівнянні з шумами інтегратора та, відповідно, досліджуваного ОП. Власне вимірювання вихідної напруги шуму відбувається за допомогою вольтметра середньоквадратичних значень. Тому апаратурні витрати при використанні розглянутої методики значно менше, ніж при застосуванні відомих методів.

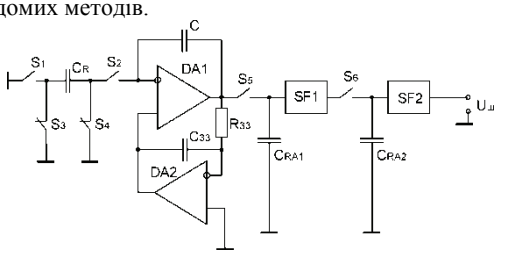


Рисунок 1 – Структурна схема вимірювального пристрою

Коефіцієнт підсилення запропонованої схеми для шумового сигналу та, відповідно, і рівень вихідного вимірювального сигналу значно більше, ніж у відомих пристроїв аналогічного призначення. Крім того, запропонована схема забезпечує більш надійне та ефективне розділення обох шумових складових ОП (особливо при вимірюванні шумового струму), що дозволяє з досить високою точністю вимірювати шумові струми операційних підсилювачів з польовими транзисторами на вході.

Для розглянутої методики існують обмеження на можливості вимірювання малих значень шумових струму і напруги для схеми з конкретними параметрами, що визначаються таким чином:

$$\frac{I_R^2}{df} > 4kTC_R f_S; \qquad \frac{U_R^2}{df} > \frac{4kT}{\omega_T C}. \tag{3}$$

Так, при $f = 1$ кГц, $f_T = 1$ МГц, $R = 250$ Ом, $T = 300$ К для вимірювання шумового струму $\left(C_R = C = 10\ \text{пФ},\ f_S = 100\ \text{кГц}\right)$ отримаємо $I_R \Big/ \sqrt{df} > \ > 40\ \text{фА} \Big/ \sqrt{\text{Гц}}$, а при вимірюванні шумової напруги $\left(C_R = 10\ \text{пФ},\ C_R = 1\ \text{нФ}\right)$ отримаємо $U_R \Big/ \sqrt{df} > 16\ \text{нВ} \Big/ \sqrt{\text{Гц}}$. Вимірювання шумового струму такого рівня відомими методами практично неможливо, а вимірювання значення шумової напруги з достатньо високою точністю збігається з результатами вимірювань відомими методами.

Список літератури

1. Достал И. Операционные усилители. – М.: Мир, 1982. – 512 с.

2. Суходоев И.В. Шумы в электрических цепях.–М.: Связь, 1975.–352 с.

3. Мэддок Р.Дж. Эквивалентные схемы в электронике. – М.: Энергия, 1972. – 328 с.

УДК 681.518.3

М. М. Клепач (Національний університет водного господарства та природокористування, Україна, Рівне),
С.С. Міхнєв, аспірант (Національний авіаційний університет, Україна)

ВИБІР ОПТИМАЛЬНОЇ СТРУКТУРИ ШТУЧНОЇ НЕЙРОННОЇ МЕРЕЖІ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ОКТАНОВОГО ЧИСЛА БЕНЗИНІВ

Обґрунтовано топологію та характеристики штучної нейронної мережі для визначення октанового числа бензину за його густиною. Проведено оптимізацію і перевірку адекватності моделі та аналіз точності визначення октанового числа.

Основною характеристикою якості автомобільного бензину є його детонаційна стійкість, тобто здатність до самозаймання при стисненні, що вимірюється за відносною шкалою октанового числа (ОЧ). Воно впливає на якість роботи двигуна в різних режимах, його потужність, швидкість зносу вузлів та агрегатів а також димність вихлопних газів. Розрізняють два основних методи визначення ОЧ бензинів – дослідницький метод (ОЧД) [1] та найбільш поширений - моторний метод (ОЧМ) [2]. Зазвичай, ОЧД дає дещо вище значення, ніж визначене моторним методом та характеризує роботу двигунів при малих та середніх навантаженнях. Основним недоліком дослідницького методу визначення ОЧ є висока вартість як самої установки і її обслуговування, так і дороговизна еталонних бензинів. Крім того, визначення ОЧ дослідницьким методом потребує великих затрат часу на одне вимірювання, а дослідження проводиться на повнорозмірному одноциліндровому двигуні зі змінним ступенем стиснення, що ускладнює його широке застосування та унеможливлює його використання для оперативного аналізу на потоці.

Розроблений нами метод дозволяє визначати ОЧ автомобільних бензинів у режимі реального часу або за даними лабораторних досліджень без необхідності спалювання палива та еталонних сумішей [3]. Суть методу полягає у знаходженні залежності між октановим числом бензину та його фізико-хімічними параметрами, зокрема густиною. Такий взаємозв'язок досить складно описати математично, особливо при різних технологіях виробництва бензинів.

З метою визначення ОЧ бензину за його густиною використано штучні нейронні мережі (ШНМ) через гнучкість їх застосування у випадках коли взаємозв'язок між параметрами складно, а інколи і неможливо, описати математично з достатньою точністю. Вихідними даними для навчання штучної нейронної мережі служить репрезентативна вибірка із 150-ти відповідних значень густини та октанового числа згідно паспортів якості автомобільних бензинів марок А80, А92, А95 та А95 підвищеної якості. Побудова моделі, навчання та тестування ШНМ проводилося засобами середовища MatLab, додатку Neural Network Toolbox.

Для отримання задовільних результатів роботи мережі по визначенню якісних показників бензину проведено підбір її оптимальної структури.

При цьому було проведено навчання та тестування 63-х нейромереж прямого розповсюдження. Саме для вирішення таких задач найчастіше використовуються мережі типу Feed-forward (FF) та Cascade-forward (CF) без елементів затримок, адже попередні дослідження не повинні впливати на результати наступних. Враховуючи те, що характер взаємозв'язку між параметрами наперед не визначено, використовувалися різні функції активації нейронів (tansig, purelin, logsig) при різній кількості шарів та нейронів у шарах. Кількість нейронів у шарах НМ залежить від складності взаємозв'язку між вхідними та вихідними параметрами. Однак, надто велика їх кількість підвищує складність та, відповідно, час обрахунків і навчання. Крім того, це може призвести до «перенавчання» ШНМ, тобто надмірної адаптації до навчальної вибірки, що негативно впливає на точність визначення вихідної величини. Тому кількість нейронів підбиралася експериментальним шляхом і змінювалася в межах від 4 до 20.

Перевірка адекватності моделей проводилась використовуючи додатково сформовану вибірку із 84 відповідних значень густини та ОЧ бензинів, що не використовувалися в процесі навчання. Основними критеріями для вибору оптимальної структури та параметрів НМ були середньоквадратична (MSE) та середня абсолютна (MAE) похибки визначення ОЧ нейромережею у порівнянні з дійсними значеннями. Результати досліджень зведено в табл.

Таблиця

Результати перевірка адекватності моделей ШНМ

№ ШНМ	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
MSE	0,48	2,36	0,55	0,15	0,65	0,19	0,21	0,27	15,32	15,39	16,17
MAE	0,35	1,20	0,64	0,29	0,37	0,33	0,33	0,38	2,14	2,22	2,33
№ ШНМ	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
MSE	0,49	0,22	24,46	0,41	65,76	0,17	69,47	0,18	0,15	15,32	20,25
MAE	0,37	0,37	1,08	0,36	4,88	0,31	5,59	0,35	0,30	2,13	3,52
№ ШНМ	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33
MSE	48,19	5,65	0,31	0,11	4,94	15,35	0,42	0,33	69,47	0,18	10,74
MAE	4,53	1,82	0,33	0,26	0,32	5,59	0,39	5,59	0,33	2,02	1,64
№ ШНМ	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44
MSE	5,03	4,94	0,17	15,40	15,56	15,76	3,42	0,61	0,60	0,53	15,33
MAE	1,58	1,58	3,79	3,82	3,84	0,51	0,35	0,54	0,32	2,15	2,19
№ ШНМ	45	46	47	48	49	50	51	52	**53**	54	55
MSE	15,56	69,47	15,36	0,17	0,29	0,16	0,11	0,12	**0,06**	69,47	15,67
MAE	2,17	2,18	0,35	0,29	0,29	0,32	0,26	0,27	**0,19**	5,59	2,24
№ ШНМ	56	57	58	59	60	61	62	63			
MSE	15,33	0,13	0,18	0,30	0,19	0,33	0,16	15,66			
MAE	2,16	0,28	0,29	0,36	0,30	0,37	0,30	3,83			

Згідно табл. найкращі показники точності належать штучній нейронній мережі під номером 53, де середньоквадратична похибка визначення октанового числа становить 0,063, а середня абсолютна похибка 0,193 одиниць ОЧ. Гістограма розподілу абсолютних похибок зображено на рис. 1.

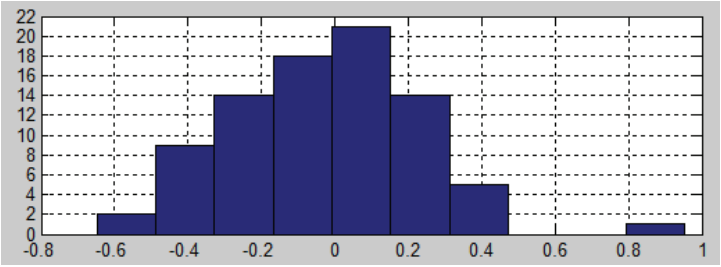


Рис. 1. Гістограма розподілу абсолютних похибок визначення ОЧ

Проведений аналіз показав, що більше 50% абсолютних похибок не перевищує 0,2 одиниць октанового числа та 96% не перевищують 0.5, що свідчить про високу точність визначення ОЧ даною нейромережею. Крім того, ці показники в подальшому можуть бути покращені шляхом донавчання мережі на більшій вибірці. Отже обрана нейронна мережа задовольняє вимогам точності і може бути використана для експрес-аналізу при визначенні октанового числа бензину за його густиною. Структуру цієї нейромережі зображено на рис. 2.

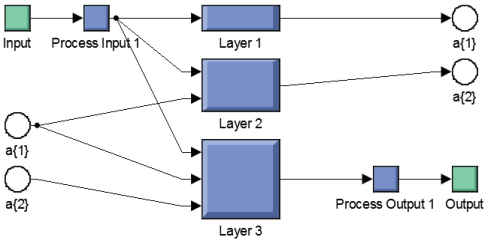


Рис. 2. Структура нейронної мережі для визначення ОЧ бензину

Входом (Input) ШНМ є значення густини бензину, виходом (Output) є величина октанового числа. Мережа однонапрямлена, тришарова, типу Cascade-Forward, тобто вихід кожного шару з'єднується із входом усіх наступних шарів. Перший, прихований шар (Layer 1), що складається з 10 нейронів зображено на рис. 3

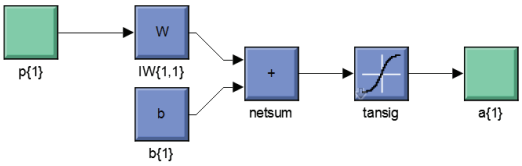


Рис. 3. Структура першого прихованого шару ШНМ

На вхід p{1} передаються дані із вхідного шару. Через блок вагових коефіцієнтів (IW{1.1}) блоком netsum відбувається зсув на величину визначену в блоці b{1} та через блок передаточної функції tansig надходять на вихід першого шару a{1}.

Розглянемо другий (Layer 2) прихований шар, що складається з 6 нейронів з лінійною передаточною функцією. Його структура зображена на рис.4.

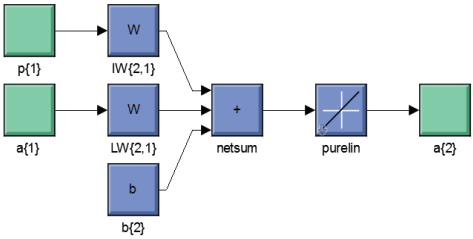


Рис. 4. Структура другого прихованого шару

Цей шар має два входи p{1} і a{1} з відповідними наборами вагових коефіцієнтів для сигналів від вхідного та першого шару відповідно, блок суматора netsum, блок передаточної функції нейрона purelin та вихід a{2}.

Третій прихований шар подібний до попереднього, має таку ж передаточну функцію, за виключенням того, що він представлений одним нейроном. Він має три входи від попередні шарів, три набори вагових коефіцієнтів і один вихід.

ВИСНОВКИ

В результаті проведених досліджень отримано оптимізовану модель штучної нейронної мережі для визначення октанового числа автомобільного бензину на основі його густини. Аналіз структури побудованої штучної нейронної мережі дозволить у подальшому значно спростити розробку алгоритму реалізації методу, як окремого програмного продукту для ПК або використання його у складі вимірювальних комплексів на базі програмованих логічних контролерів.

Список літератури

1.ГОСТ 8226-82. Топливо для двигателей. Исследовательский метод определения октанового числа.- Москва. – «Московский печатник».-2003.-12с.

2.ГОСТ 511-82. Топливо для двигателей. Моторный метод определения октанового числа.- Москва. – «Московский печатник».-2001.-14с.

3.Пат. № 75959 (UA), МПК G01N (2006.01). Спосіб визначення октанового числа автомобільних бензинів [Текст] / Древецький В. В., Клепач М. М.; власник: Національний університет водного господарства та природокористування. - № u 2012 04103; заявл. 03.04.2012; опубл. 25.12.2012, Бюл. №24. – 2с.

УДК 621.574

В.П.Квасніков, д.т.н., (Національний авіаційний університет України, Україна. м. Київ),
В.В. Горін, к.т.н., (Одеська державна академія технічного регулювання та якості, Україна, м. Одеса)
Вт.В. Горін, (Національний транспортний університет України, Україна, м. Київ),
Вл.В. Горін (НВП «Квантенергоресурс», Україна, м. Київ)

АБСОРБЦІЙНА ХОЛОДИЛЬНА МАШИНА З РЕГЕНЕРАЦІЄЮ ТЕПЛА

Наведено спосіб роботи абсорбційної холодильної машини з регенерацією тепла, який включає послідовні процеси десорбції холодоагенту шляхом нагріву концентрованої рідкої суміші холодоагенту та абсорбенту і випаровування холодоагенту з нагрітої суміші за рахунок підведення тепла з утворенням нагрітої пароподібної суміші холодоагенту та абсорбенту за рахунок тепла конденсації абсорбенту

У районах з високими піковими навантаженнями на систему електропостачання застосування компресорних холодильних машин часто-густо ускладнене. Одним з шляхів по зниженню навантаження на систему електропостачання є застосування абсорбційних холодильних машин. Ці машини відрізняються значно меншою витратою електричної енергії, і їх застосування дозволяє понизити як експлуатаційні витрати, так і вартість введення в експлуатацію за рахунок зменшення вартості підключення до електричної мережі.

Зниження споживання електричної енергії є основною перевагою абсорбційних холодильних машин (АБХМ). У цих машинах охолодження досягається за рахунок витрат не електричною (як в компресійних холодильних машинах), а тепловій енергії. Теплова енергія може бути отримана як за рахунок безпосереднього спалювання палива (наприклад, природного газу), так і за рахунок утилізації.

У останньому випадку може бути утилізована теплова енергія, що є побічним продуктом технологічного процесу, наприклад, димові гази, що утворюються при спалюванні побутових відходів

Одна з можливих сфер застосування абсорбційних холодильних машин - будівлі з високими піковими навантаженнями на систему електропостачання. Витрати електричної енергії на кондиціювання повітря складають істотну частину загального електричного навантаження будівлі. При обмеженні максимальної електричної потужності використання абсорбційних холодильних машин є хорошим способом мінімізації або "згладжування" пікового електричного навантаження.

Також використовуються і гібридні системи, в яких базове холодильне навантаження забезпечується електричними чілерами, а пікова - абсорбційними холодильними машинами, що працюють на природному газі.

Абсорбційні холодильні машини можуть використовуватися як у складі системи холодопостачання, так і як частину інтегрованої системи тепло- та холодопостачання. Додаткова економія енергії може бути досягнута за рахунок утилізації тплової енергії.

Аналіз способу роботи абсорбційної холодильної машини з регенерацією тепла [1], що включає послідовні процеси десорбції холодоагенту шляхом нагріву концентрованої рідкої суміші холодоагенту та абсорбенту і випаровування холодоагенту з нагрітої суміші за рахунок підведення тепла з утворенням нагрітої пароподібної суміші холодоагенту та залишкового абсорбенту показав,що недоліком існуючого способу роботи абсорбційної холодильної машини з регенерацією тепла є недостатньо висока енергетична ефективність через підвищені витрати тепла на десорбцію, оскільки конденсат абсорбенту повертається на десорбцію, зменшуючи концентрацію рідкої суміші холодоагенту та абсорбенту і відповідно збільшуючи витрати тепла на десорбцію з неї холодоагенту. Через повернення конденсату абсорбенту на десорбцію відповідно збільшується концентрація слабко концентрованої рідкої суміші холодоагенту та абсорбенту, що спричиняє зниження інтенсивності процесу абсорбування цією сумішшю пари холодоагенту.

Постановочною задачею даної роботи є підвищення енергетичної ефективності абсорбційної холодильної машини шляхом зменшення витрати тепла на десорбцію.

Відмінність наведеного способу роботи абсорбційної холодильної машини з регенерацією тепла полягає у тому, що конденсат абсорбенту охолоджують відведенням від нього тепла на додатковий нагрів концентрованої рідкої суміші холодоагенту та абсорбенту, утвореної у процесі абсорбції, і змішують зі слабкоконцентрованою рідкою сумішшю холодоагенту та абсорбенту, утвореною у процесі десорбції.

Запропонований спосіб роботи абсорбційної холодильної машини (рис. 1) здійснюється наступним чином.

У кип'ятильнику 1, за рахунок підведення тепла від середовища, що нагріває, наприклад водяної пари, нагрітих води або газів, нагрівається концентрована рідка суміш холодоагенту та абсорбенту і випаровується холодоагент з нагрітої суміші.

Таким чином проводиться десорбція (виділення) холодоагенту з рідкої суміші холодоагенту та абсорбенту.

При цьому концентрація рідкої суміші холодоагенту та абсорбенту зменшується і утворюється, з одного боку, слабко концентрована рідка суміш холодоагенту та абсорбенту, а з іншого, - пароподібна суміш холодоагенту та залишкового абсорбенту, який виноситься у процесі випаровування холодоагенту.

Нагріта пароподібна суміш холодоагенту та залишкового абсорбенту охолоджується у теплообміннику 2, конденсуючи абсорбент, який має вищу за холодоагент температуру конденсації.

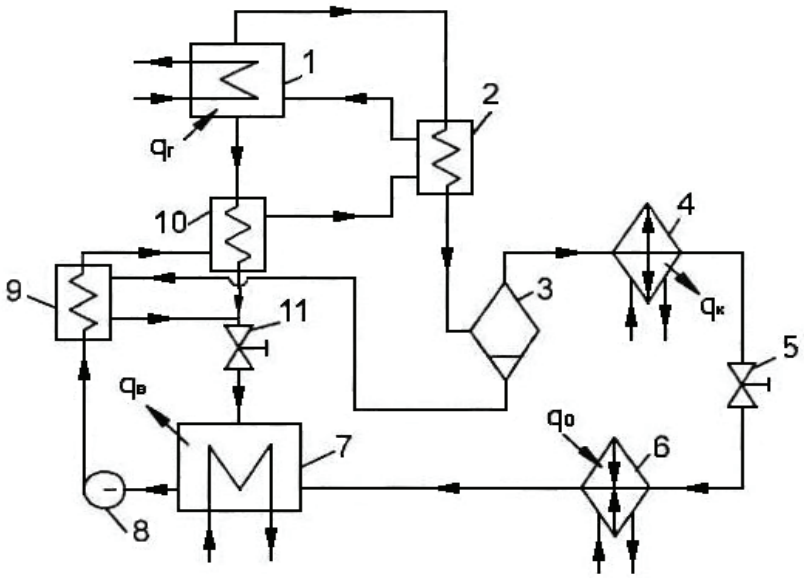


Рис. 1. Принципова схема абсорбційної холодильної машини: 1- кип'ятильник, 2-теплообмінник, 3- відокремлювач рідини, 4- конденсатор, 5- регулюючий (дросельний) клапан, 6- випарник-охолоджувач холодоносія, 7- абсорбер, 8- насос, 9 і 10- теплообмінникі; 11- регулюючий (дросельний) клапан.

Одночасно, за рахунок теплоти конденсації у теплообміннику 2, нагрівається концентрована рідка суміш холодоагенту та абсорбенту, яка утворюється у процесі абсорбції. Конденсат абсорбенту відокремлюється від пари холодоагенту у відокремлювачі рідини 3. Пара холодоагенту конденсується у конденсаторі 4 з відведенням тепла конденсації охолоджуючим середовищем (водою), конденсат холодоагенту дроселюється у дросельному клапані 5 та випаровується у випарнику 6, охолоджуючи холодоносій, тобто виробляє холод. Пара холодоагенту абсорбується у абсорбері 7 слабко концентрованою рідкою сумішшю холодоагенту та абсорбенту, що надходить у абсорбер з кип'ятильника після дроселювання у дросельному клапані 11. При цьому тепло абсорбції відводиться охолоджуючим середовищем (водою). Охолоджена концентрована рідка суміш холодоагенту та абсорбенту, що утворюється в абсорбері, послідовно стискається насосом 8. Спочатку суміш нагрівається у теплообміннику 9, при цьому відводиться тепло від конденсату абсорбенту, що надходить з відокремлювача рідини, потім у теплообміннику 10, охолоджуючи слабко концентровану рідку суміш холодоагенту та абсорбенту, що надходить із кип'ятильника, до її дроселювання в дросельному клапані 11. Далі концентрована рідка суміш холодоагенту та абсорбенту нагрівається у

теплообміннику 2, охолоджуючи при цьому пароподібну суміш холодоагенту та залишкового абсорбенту, що надходить до теплообмінника 2 з кип'ятильника. Конденсат абсорбенту, що охолоджується у теплообміннику 9, змішується зі слабко концентрованою рідкою сумішшю холодоагенту та абсорбенту, яка надходить з теплообмінника 10. Змішана слабко концентрована рідка суміш холодоагенту та абсорбенту дроселюється у дросельному клапані 11 та направляється до абсорбера, де нею абсорбуються пари холодоагенту, що надходять з випарника 6. Нарешті нагріта концентрована рідка суміш холодоагенту та абсорбенту після теплообмінника 2 подається до кип'ятильника, де у процесі підведення до неї теплоти від середовища, що нагріває (наприклад водяної пари, нагрітих води або газів), випаровують з неї холодоагент, замикаючи таким чином робочий цикл холодильної машини.

Висновки

Застосування запропонованого способу роботи абсорбційної холодильної машини з регенерацією тепла дозволяє:

1. скоротити витрати тепла середовища, що нагріває, приблизно на 10%.
2. підвищити енергетичну ефективність абсорбційної холодильної машини.

Список літературних джерел

1. Бадылькес И.С., Данилов Р.Л. Абсорбционные холодильные машины. - М.: Пищевая промышленность, 1966. – 356 С.

УДК 629.73.083

А. В. Журавлев, В.Г. Новосельский, А.В. Ференец
(КНИТУ-КАИ, Россия, г. Казань)

СИСТЕМА ДИАГНОСТИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ ЛЕГКИХ САМОЛЁТОВ

Диагностирование летательных аппаратов без их демонтажа и разборки позволяет сохранить время и ресурсы. Важнейшим фактором при проектировании таких систем является степень совершенства выбранной диагностической модели. Для систем электрооборудования легких самолётов хорошим выбором являются дискретные математические модели.

Диагностические процедуры, опирающиеся на методы контроля, предусматривающие демонтаж и разборку объекта диагностирования (объекта контроля) являются, как правило, довольно длительными, требовательными к громоздкой оснастке и технологическим площадям, предусматривают значительные трудозатраты как низко, так и высококвалифицированных, опытных специалистов. Поэтому, помимо прочего, к основным составляющим ресурсозатрат следует отнести временные, пространственные, людские, материальные и различного рода финансовые затраты. Увеличение сложности диагностируемых систем в свою очередь вызывает прогрессирующее увеличение проблемности задач сопутствующих осуществлению процедур диагностирования связанных с разборкой.

Альтернативой изложенного вида диагностирования является диагностирование без демонтажа и разборки, т.е. бездемонтажная диагностика. Она во многом лишена перечисленных недостатков при условии обеспечения достаточной информативности. Главными факторами обеспечения требуемого уровня информативности систем диагностирования являются: степень совершенства диагностических моделей (ДМ); корректный выбор диагностических параметров; совершенство метрологических характеристик средств измерения параметров; гармоничное сопряжение (адаптацию) измерительно-вычислительного комплекса системы диагностирования с объектом контроля.

Диагностические модели объекта контроля составляют основу формальных методов контроля технического состояния объектов.

В качестве диагностических моделей могут рассматриваться дифференциальные уравнения, логические соотношения, диаграммы прохождения сигналов и т.д.

По методам представления взаимосвязей между состоянием объекта, элементами и параметрами, диагностические модели подразделяют на следующие виды:

- Непрерывные диагностические модели.
- Дискретные диагностические модели.
- Специальные диагностические модели.

Непрерывными моделями представляют оборудование в том случае, когда рассматриваемые процессы протекают непрерывно или в непрерывно изменяющемся времени, которое является аргументом соответствующих функций. Такие модели объединяют линейные и нелинейные алгебраические уравнения, линейные и нелинейные дифференциальные уравнения, передаточные функции и характеристические уравнения.

К основным из используемых и перспективных методов диагностики на основе непрерывных ДМ относят:

- диагностику по тепловым параметрам;
- диагностику по виброакустическим параметрам;
- оптико-визуальную диагностику;
- радиографию;
- ультразвуковой контроль;
- анализ массообмена.

Дискретные ДМ представляются конечно-разностными уравнениями или конечными автоматами и предназначены для диагностирования импульсных и цифровых устройств.

Используемые методы на основе дискретных ДМ:

- на основе матричных моделей;
- функционально-логических граф-моделей;
- экспертных моделей;
- имитационных моделей;
- комбинаторных моделей
- и др.

Специальные ДМ представляют собой гибрид двух предыдущих видов.

Выбор того или иного типа модели для представления конкретного объекта зависит от целого ряда таких факторов, как условия эксплуатации, возможное конструктивное выполнение, тип комплектующих элементов и т. п. Выбор диагностических моделей производятся с учетом: специфики объекта; условий использования; методов диагностирования. При выборе моделей неисправностей следует иметь в виду, что для ремонта объекта контроля (ОК) существенно иметь однозначное соответствие между моделью неисправности и ее физической интерпретацией.

Условием построения математических моделей диагностирования ОК является задание моделей неисправностей. Когда моделью ОК является структурный конечный автомат или двузначная логическая модель, рассматривают логические неисправности, причем чаще ограничиваются неисправностями вида: константа 0 или константа 1. Для абстрактного автомата общепринятыми неисправностями являются искажения переходов между состояниями автомата и искажения значений его выходов. В многозначных логических моделях, получаемых по системам уравнений или по совокупности причинно-следственных связей, и в аналоговых моделях неисправности моделируются как изменения значений соответствующих параметров.

Можно выделить три вида способов и средств контроля состояния:

- программный;

- аппаратурный;
- комбинированный.

Допуская определенную идеализацию, можно считать, что основными средствами реализации программного способа контроля являются программы, которыми могут быть как рабочие программы объекта, содержащие, возможно, дополнительные операции, необходимые для контроля объекта, так и тест-программы, специально составленные, исходя из требований контроля объекта.

Аппаратурный способ контроля объекта может быть реализован встроенными или внешними техническими средствами. Встроенные средства контроля представляют собой дополнительную аппаратуру, входящую в состав и работающую вместе с объектом. Внешние средства контроля являются самостоятельной аппаратурой, подключаемой к объекту эпизодически по мере необходимости контроля последнего с ее помощью.

Лучшее решение задачи контроля сложных объектов в эксплуатации состоит в правильном сочетании как обоих способов контроля – программного и аппаратурного, так и разных средств реализации этих способов. Обычно в таких системах обнаружение ошибок возлагается на аппаратурные средства, а анализ характера сбоя выполняется с использованием программного контроля.

В составе систем оборудования легких самолетов в той или иной форме присутствуют все системы средних и больших самолетов. Специфика оборудования малых самолетов состоит в комплексировании решения полетных задач и взаимоинтеграции систем.

Любая электрическая система легких самолётов включает три основных звена: источники электроэнергии, потребители электроэнергии и связывающее их промежуточное звено – электрическую сеть.

На всех летательных аппаратах электроэнергия от источников передается сначала на шины распределительных устройств, расположенных вблизи источников и мощных потребителей, вблизи рабочих мест членов экипажа, а оттуда распределяется между отдельными потребителями. Та часть электрической сети, по которой осуществляется передача электрической энергии от источников к распределительным устройствам, называется первичной распределительной сетью.

Участки магистральной сети, соединяющие источники с шинами ближайших распределительных устройств называют питательными линиями (проводами).

Вторичная распределительная сеть состоит из нескольких десятков фидеров, т.е. линий по которым электрическая энергия от РУ распределяется к одному или группе однородных потребителей через общий аппарат защиты.

Все потребители летательных аппаратов (ЛА) делятся на две категории: первая и вторая. Первая категория – это потребители, перерыв в питании которых может повлечь за собой аварию, катастрофу или невыполнение полетного задания.

Вторая категория – это потребители, отказ которых не влияет на безопасность полета.

Следовательно, особое внимание при проектировании системы диагностирования необходимо уделить потребителям первой категории, тогда как элементы второй категории можно объединить.

Система диагностирования электрооборудования (ЭО) ЛА должна решать следующие задачи:

1. Оценка технического состояния диагностического оборудования.
2. Оценка технического состояния системы генерирования.
3. Оценка технического состояния системы распределения электроэнергии.
4. Оценка технического состояния потребителей.

Основными этапами при синтезе системы диагностирования являются:

1. Выявление характерных неисправностей и их симптомов.
2. Фрагментация диагностируемой системы.
3. Выявление информационных элементов.
4. Кодирование состояний системы.
5. Формирование диагностической модели.
6. Компьютеризация.

Наилучшим выбором в качестве диагностической модели для системы электрооборудования легких самолётов являются дискретные математические модели, например, матричные или комбинаторные ДМ. Они позволяют объединить информационные сигналы от множества элементов и составить целостное представление о состоянии системы.

В качестве параметров диагностирования, несущих информацию о состоянии ОК, используются данные (информационные сигналы) от различных измерительных преобразователей и информационных систем, которые позволяют оценить, например:

- сопротивление изоляции;
- падение напряжения на участках цепи;
- целостность электрической цепи;
- тепловые параметры рабочих жидкостей и устройств системы ЭО;
- акустические параметры (амплитуду, спектр, частоту вибраций и т.п.);
- состояние информационных элементов;
- результаты тестовых запусков потребителей;
- реакцию систем ОК на управляющие сигналы в полете.

Для обработки результатов диагностирования необходимо иметь в составе диагностической систем микропроцессор.

Список литературы

1.*Ярославцев Ю.А.* Основы эксплуатации ракетного вооружения – Казань, 1989 – 460 с.

2. *Машошин О.Ф.* Диагностика авиационной техники. – Москва, 2007 – 140 с.

3. *Саханов К. Ж.* Разработка методов и средств контроля для обеспечения оценки технического состояния систем электроснабжения летательных аппаратов. – Самара, 2009 – 159 с.

УДК 621.391.272

А.М. Пашаев, д.ф.-м.н., И.А. Искендеров, к.ф.м.-н., Э.А. Агаев
(Национальная Академия Авиации, Азербайджанская Р., г.Баку)

БЕСКОНТАКТНЫЙ МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЗАГРУЖЕННОСТИ ВОЗДУШНОГО СУДНА ПО ВЕРТИКАЛЬНОМУ ПЕРЕМЕЩЕНИЮ ФЮЗЕЛЯЖА

Исследованы методы определения загруженности, даны специфики предложенного метода и установлена математическая зависисмость загруженности от вертикального перемещения фюзеляжа воздушого судна (ВС), находящегося в неподвижном состоянии. На примере самолета типа А319 проведены экспериментальные исследования, определены значения загруженности и центровки.

Известно, что безопасный полет ВС сильно зависит от его правильной загрузки и центровки. Поэтому разработка новых методов для правильного и оперативного определения степени загруженности и точки центровки воздушных судов является одной из актуальных задач (1) .

Целью данной работы является исследование существующих методов определения загруженности и центровки ВС, анализ возможностей и особенностей предложенного метода, получение математической зависимости между загруженностью и вертикальным перемещением фюзеляжа ВС, позволяющей произвести расчет загруженности по данному методу.

Существуют различные методы для определения центровки и загруженности ВС. Наряду с этими предложен метод бесконтактного определения загруженности и центровки, путем измерения вертикальных перемещений в переднем и заднем опорных точках фюзеляжа с помощью дальномеров (лазерный, ИК-, ультразвуковой и др.) располагаемых под фюзеляжем в двух опорных точках (2). Суть метода заключается в том, что по значениям известных размеров, например, длина фюзеляжа, расстояние между конечными точками крыльев, определяется коэффициент масштабирования для данного типа ВС и после чего абсолютные значения Y_1 , Y_2 измеряемых вертикальных перемещений сравниваются с нормативными значениями Y_{1n} , Y_{2n} , соответствующими пустому весу ВС. Затем по результатам сравнения определяются значения степени загруженности и центровки.

Для получения математических выражений, характеризующих зависимость между фактической загруженностью и вертикальным перемещением фюзеляжа ВС, были проведены математические преобразования полуэмпирических выражений, ранее полученных (2) по аналогии методике определения положения передвигающихся грузовых автомобилей (3,4). Так как загрузка ВС ведется при его неподвижном положении, принимая момент инерции I=0, в общем случае получаем выражения в следующем виде

$$M_0\left(\left(Y^{||}_{1\text{фак}}\right)\times\frac{b}{L}+\left(Y^{||}_{2\text{фак}}\right)\times\frac{a}{L}\right)=P_1+P_2\ ;\qquad P_2=\frac{a}{b}P_1 \qquad (1)$$

Здесь M_0 – пустой вес ВС, P_1 и P_2 – загруженности (весовые силы) приходящие на переднюю и заднюю части фюзеляжа ВС, , a – расстояние между передним, b – задним шасси и точкой центра тяжести, L = a+b расстояние между передним и задним шасси, $Y_{1ст}$ и $Y_{2ст}$ приведенные в книге по технической эксплуатации ВС расстояния от поверхности земли до передней и задней опорной точек, соответствующие пустому весу ВС, $Y_{1фак}$ и $Y_{2фак}$ – это фактические расстояния, измеряемые с помощью измерительных приборов, размещаемых на земле под соответствующими точками фюзеляжа.

Интегрируя выражение (1) по t получим

$$M_0\left(\left(Y^{|}_{1фак}\right)\times\frac{b}{L}+\left(Y^{|}_{2фак}\right)\times\frac{a}{L}\right)=(P_1+P_2)t+C \qquad (2)$$

Физический смысл составляющих правой части выражения означает импульс силы (F·t): слагаемая (P_1+P_2)импульс силы, определяемый суммарной загрузкой; постоянная C распределение импульса силы, соответствующее пустому весу ВС. Левая часть выражения отражает изменение импульса силы, возникающего за счет дополнительной загрузки. При загрузке расстояния между фюзеляжем и поверхностью земли уменьшается, поэтому состовляющую $C=(P_{10}+P_{20})t$ можно ввести в выражение со знаком «-». Если проинтегрировать полученное выражение снова по t, то получим

$$M_0\left(\left(Y_{1фак}\right)\times\frac{b}{L}+\left(Y_{2фак}\right)\times\frac{a}{L}\right)=(P_1+P_2)\frac{t^2}{2}-(P_{10}+P_{20})\frac{t^2}{2} \qquad (3)$$

С учетом выражения (1) можно записать

$$\left(\frac{P_1L}{b}\right)\frac{t^2}{2}=M_0\left(\left(Y_{1фак}\right)\times\frac{b}{L}+\left(Y_{2фак}\right)\times\frac{a}{L}\right) \qquad (4)$$

Записав вместо t^2 $\frac{2(Y_{нст}-\Delta Y_{нмах})}{g}$ можно записать

$$\frac{P_1L}{b}=\frac{M_0a\left(\left(Y_{1фак}\right)\times\frac{b}{L}+\left(Y_{2фак}\right)\times\frac{a}{L}\right)}{(Y_{нст}-Y_{нмах})}+(P_{10}+P_{20}) \qquad (5)$$

С учетом того, что $P_1=m_1g$ то получим

$$m_1=M_0a\left(\frac{\left(Y_{1фак}\right)\times b+\left(Y_{2фак}\right)a}{L^2(Y_{2ст}-Y_{2max})}\right)+\frac{M_0a}{L};\qquad m_2=M_0b\left(\frac{\left(Y_{1фак}\right)\times b+\left(Y_{2фак}\right)a}{L^2(Y_{1ст}-Y_1max)}\right)+\frac{M_0b}{L} \qquad (6)$$

Где m_1 и m_2 весы (массы), , Y_{1max} и Y_{2max} максимальные перемещения на передней и задней частях фюзеляжа при максимальной загрузке ВС. Вторые слагаемые в выражениях m_1 и m_2 являются загрузками определяемыми пустым весом ВС, а первые слагаемые являются дополнительными загрузками, приходящими соответственно на переднюю и заднюю часть ВС.

Как видно из выражений (8) и (9) при , т.е. при пустом весе — и — , соответственно

, т.е. общий вес равен пустому весу ВС.

С учетом влияния коэффициента амортизации на вертикальное перемещение ВС и проведя преобразования, слагаемые соответствующие дополнительным загрузкам можно записать в следующем виде

После вычислений загруженностей расположение центра тяжести можем определить на основании следующего выражения (5)

— (7)

После проведенного вычисления по средней аэродинамической хорде (САХ) можно определить, попадает ли центр тяжести в установленный интервал, или нет.. САХ - это хорда крыла, определяющийся истинными аэродинамическими характеристиками ВС (рис.1). Понятием САХ пользуются в основном для определения стабильных характеристик ВС.

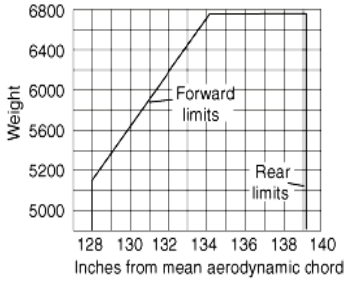


Рис.1. Типовая средняя аэродинамическая хорда

На примере самолета А319 проведены экспериментальные исследования. Для начала определены геометрические характеристики ВС, соответствующие его пустому весу:

M_0=40600кг; a=3.45 м; b=7.59 м; L=11.04 м; $A_к$=0.75

По данным супервайзера отдела перевозки, после дополнительной загрузки ВС на 30055кг, вертикальные перемещения на передней и задней частях ВС получены соответственно:

$Y_{1ст}=Y_{2ст}$=2м; ;

Для каждого ВС $Y_{1мах}$ и $Y_{2мах}$ имеют постоянные значения и характеризуют максимальные перемещения на передней и задней частях ВС.Для ВС типа А319 $Y_{1мах} = 1.66м$ и $Y_{2мах} = 1.75м$; $Y_{1ст} - Y_{1мах}$=0.34 м; $Y_{2ст} - Y_{2мах}$=0.25 м; $Y_{1ст} - Y_{1фак}$=0.33 м; $Y_{2ст} - Y_{2фак}$=0.24 м; $А_к$=0.75.

С учетом заданных параметров вычисленная загруженность получается 70.655 тон. При этом по предложенной методике вычисление загруженности можно проводить следующим образом:

$$К_1 = 40600x7.59\left(\frac{0.33\times7.59+0.24\times3.45}{122\times0.34}\right)\times 0.75=18.4 \text{ тон}$$

$К_2$=11.4 тон; $М_{выч.}$=11.4+18.4=29.8тон

Общая загруженность составляет 40,6 +29,8 = 70,4 тон. ; $Р_1$=184000; $Р_2$=114000. А центр тяжести получается АМ=4.2 м (от переднего шасси).

Выводы

Полученные расчетные данные показывают, что значения загруженности и центровки, вычисленные по предложенной методике, совпадают со значениями, полученными по другим методикам, но при этом обеспечивается бесконтактное и более оперативное определение этих параметров.

Список литературы

1. Hughes, D., “Crane Offers Aircraft Weight and Balance System,” 2005, *Aviation Week & Space Technology, volume 162* (issue 11), pg. 91.
2. А.Р.Гасанов, И.А.Искендеров, Э.А.Агаев. Влияние степени загруженности и центровки воздушных судов на авиапроисшествия и методы их определения. Мат. XI Меж. НТК «АВИА-2009». Киев 2009, Т.2., с.15.29-15.32.
3. www. Glob. Secur.org. Determination of center of balance and center of gravity.
4. Силаев А.А. Спектральная теория подрессоривания транспортных машин. М., Машиностроение ,1972.
5. Federal Aviation Administration, “Aircraft Weight and Balance Handbook FAA-H-8083-1A”, 2007, Washington D.C. U.S. Government Printing Office.

УДК 621.317.791

А.І. Поточний, аспірант, І.В. Гладь, канд. техн. наук, доцент, М.Й. Федорів канд. техн. наук, доцент (Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, Україна, м. Івано-Франківськ)

ДОСЛІДЖЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ЕЛЕКТРОСПОЖИВАННЯ КАР'ЄРНОГО ЕКСКАВАТОРА ЕКГ-5А

Анотація. Спеціалістами кафедри електропостачання та електрообладнання промислових підприємств розроблено та виготовлено апаратно-програмний комплекс для аналізу параметрів електроспоживання. Проведено аналіз параметрів електроспоживання електроприводного кар'єрного екскаватора ЕКГ-5А Дубовецького кар'єру Івано-Франківської області.

Параметрами електроспоживання електроприймачів вважаються діючі значення струмів і напруг, активна і реактивна потужності та потужність спотворення, коефіцієнт потужності, рівень вищих гармонік, несиметрія струмів і напруг, графіки навантаження та інші параметри, які можна отримати шляхом цифрової обробки безпосередньо виміряних та зареєстрованих в електронному вигляді миттєвих значень напруг і струмів електроприймача [1].

Кількісна та якісна інформація про параметри електроспоживання необхідна при виборі компенсувальних пристроїв, оцінці втрат в елементах системи електропостачання, технічній діагностиці, перевірці відповідності струмового навантаження нульового провідника до його перерізу, оцінці енергоефективності перетворювачів енергії, енергетичному аудиті тощо. Тому спеціалістами кафедри електропостачання та електрообладнання промислових підприємств Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу розроблено та виготовлено апаратно-програмний комплекс для аналізу параметрів електроспоживання [2], який забезпечує вимірювання та реєстрацію на жорсткий диск ЕОМ миттєвих значень струмів у трьох фазах та нульовому провіднику, трьох фазних (або лінійних) напруг, швидкості обертання валу електроприводу.

До складу віртуально-вимірювальної системи (ВВС) входить: персональний комп'ютер; багатофункціональні та багатоканальні плати збору даних DAQ -boards; зовнішні модулі, що підлягають програмному управлінню та призначені для попередньої обробки та нормалізації сигналів; спеціалізовані вимірювальні інтегровані програмні засоби для збору, обробки та візуального перегляду інформації, що вимірюється. Складовою частиною ВВС є віртуальний вимірювальний прилад. На рисунку 1 зображено структуру ВВС.



Рисунок 1 - Структура віртуально-вимірювальної системи

Програмне забезпечення розроблене у середовищі віртуального програмування LabView, яке дозволяє здійснювати реєстрацію миттєвих значень напруг і струмів трифазної чотирипровідної електромережі, а також обчислення середньоквадратичних значень напруг і струмів, визначення потужностей і гармонічних складових. Оцифровані сигнали по інтерфейсу USB вводяться в ЕОМ, де обробляються програмним забезпеченням LabVIEW. В результаті одержуємо файли миттєвих значень напруг і струмів та файл з обчисленими параметрами електроспоживання, придатний для візуалізації в середовищі MS Excel.

Розроблена цифрова ВВС (рисунок 2) використана для оцінки параметрів електроспоживання приєднання електропривідного кар'єрного екскаватора ЕКГ-5А Дубовецького кар'єру Івано-Франківської області, який є наймасовішим серед кар'єрних механічних лопат. Вони і сьогодні залишаються основним экскаваторним устаткуванням при розробці кар'єрів нерудних матеріалів, широко використовуються як машини видобування на копальнях і вугільних розрізах, будівництві великих об'єктів.

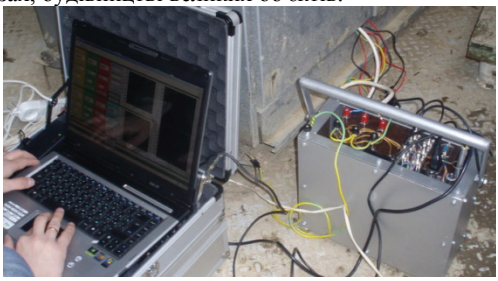


Рисунок 2- Цифровий вимірювальний комплекс для оцінки параметрів електроспоживання



Рисунок 3 - Електропривідний кар'єрний екскаватор ЕКГ-5А

Не дивлячись на масове просування на ринку гідравлічних екскаваторів робочою масою до 120 т від відомих світових брендів Hitachi, Terex, Komatsu, Caterpillar, Liebherr, ветеран ЕКГ-5А в процесі роботи менш витратний і

відчутно надійніший. Організація робіт на більшості кар'єрів не дозволяє повною мірою використовувати можливості високопродуктивних гідравлічних екскаваторів, які вимушені простоювати в люті морози, тоді як електромеханічні лопати продовжують працювати.

Електропривід екскаватора є генератор-двигунною групою постійного струму, генератори якої приводяться в рух асинхронним двигуном з короткозамкнутим ротором потужністю 250 кВт і напругою 3 кВ.

За допомогою ВВС було здійснено збір таких даних: зміна напруги під час роботи ЕКГ-5А (рисунок 4); зміна струму під час роботи ЕКГ-5А (рисунок 5); залежність струму під час пуску екскаватора (рисунок 6); залежність cosφ під час роботи екскаватора (рисунок 7); миттєві значення повної, активної, реактивної потужностей зсуву та спотворення (рисунок 8); залежності повної, активної, реактивної потужностей зсуву та спотворення під час пуску ЕКГ-5А (рисунок 9).

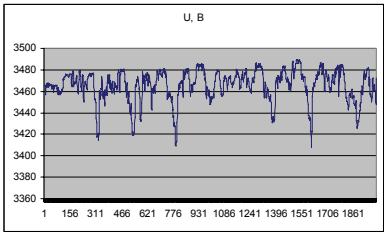


Рисунок 4 - зміна напруги під час роботи ЕКГ-5А

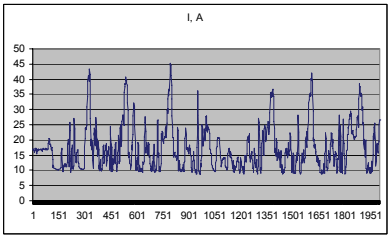


Рисунок 5 - зміна струму під час роботи ЕКГ-5

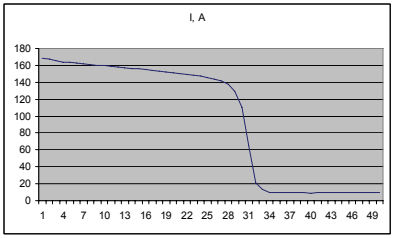


Рисунок 6 - залежність струму під час пуску екскаватора

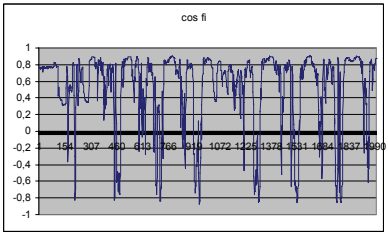


Рисунок 7 - залежність cosφ під час роботи екскаватора

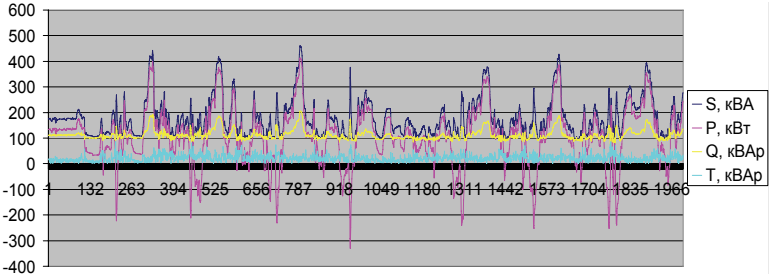


Рисунок 8 - Графік миттєві значення повної, активної, реактивної потужностей зсуву та спотворення

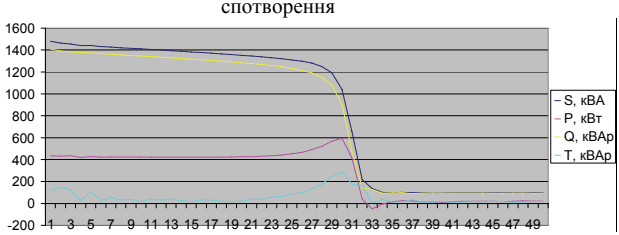


Рисунок 9 - залежності повної, активної, реактивної потужностей зсуву та спотворення під час пуску ЕКГ-5А

Для підвищення енергоефективності необхідно компенсувати реактивну потужність екскаваторного електроприводу, отже необхідна інформація про динаміку фактичного споживання реактивної потужності зсуву [3]. Для її отримання проведено експериментальні дослідження параметрів електроспоживання на працюючому екскаваторі.

Аналізуючи рисунок 4 можна зробити висновок, що коливання напруги під час пуску екскаватора в межах норми і становить 2%. З рисунка 8 випливає, що існують періоди генерації активної потужності в мережу живлення екскаватора, які спричинені генераторним гальмуванням електроприводу під час опускання стріли та ковша. Несиметрія напруги та коефіцієнт спотворення форми кривої напруги не перевищують нормованих ГОСТ 13109-97 значень. Візуальна оцінка показує, що рівень споживаної реактивної потужності зсуву несуттєво залежить від активної потужності.

Отже, є всі передумови для встановлення високовольтних нерегульованих конденсаторних батарей для індивідуальної компенсації реактивної потужності електропривідного екскаватора.

Висновки. В мережі живлення екскаватора ЕКГ-5А рівень вищих гармонік напруги та її несиметрія не перевищують норму. Доцільною є індивідуальна компенсація реактивної потужності зсуву шляхом встановлення нерегульованих високовольтних конденсаторних батарей на платформі пересувної знижувальної трансформаторної підстанції.

Список літератури

1. Федорів М.Й., Гладь І.В., Николин У.М., Поточний А.І. Дослідження спектрального складу гармонік напруги і струму електротехнічного комплексу для електробуріння. Сборник трудов SWorld, Том №5 – г. Одесса, ОНМУ, 2012.

2. Гладь І.В., Галущак І.Д., Поточний А.І., Маскевич У.М., Бацала Я.В., Кіянюк О.І. Проблеми та принципи проектування універсального апаратно-програмного комплексу для енергетичних обстежень електромереж // Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ. – 2008. - № 3(28). – С 83-87.

3. Соломчак О.В, Гладь І.В. Проблеми розрахунку та компенсації реактивної потужності в мережах з несинусоїдним (нелінійним) навантаженням // Енергетика та електрифікація. -2008. - № 6. – С 27-32.

4. Кіянюк О.І., Гладь І.В., Бацаля Я.В. Інструментальне дослідження енергетичних параметрів електропривода кар'єрного екскаватора. Міжнародна науково-технічна конференція, м. Івано-Франківськ, 10-14 жовтня 2011р.: тези доповіді - Івано-Франківськ, 2011.

УДК 621.311.25

В. П. Квасніков, д.т.н, проф. (Національний авіаційний університет, Україна, м. Київ); В.В.Кухарчук (Вінницький національний технічний університет, Україна, м. Вінниця), д.т.н, проф.; В.Ф.Граняк (Вінницький національний технічний університет, Україна, м. Вінниця)

ФАЗОАМПЛІТУДНИЙ МЕТОД ТА ЗАСІБВИМІРЮВАННЯ ВОЛОГОСТІ ГЕТЕРОГЕННИХ ДИСПЕРСНИХ ДІЕЛЕКТРИКІВ

Запропоновано фазоамплітудний метод вимірювання вологості гетерогенних дисперсних діелектриків, розроблено математичну модель несиметричного смугового сенсора вологості та здійснено перевірку її адекватності експериментальними дослідженнями, розроблено структурну схему засобу вимірювання вологості, що реалізує даний метод вимірювання.

Одним з основних напрямків збільшення конкурентоспроможності підприємств є підвищення якості готової продукції. Особливо гостро ця проблема стоїть при виробництві продуктів харчування, в тому числі і тих, що відносяться до класу гетерогенних дисперсних діелектриків.

Найбільш поширеним представником даного класу речовин, що виробляються підприємствами переробної галузі агропромислового комплексу, є вершкове масло. При чому, якість цього продукту значною мірою визначається його вологістю [1]. А так як підвищення стабільності вмісту вологи у даному продукті значною мірою ускладнюється відсутністю достовірних засобів вимірювання вологості, здатних забезпечити високу точність та швидкодію [2], то є очевидною необхідність розробки нових підходів до вирішення цієї актуальної науково-прикладної задачі.

Як показано у [2], перспективним, з точки зору підвищення точності вимірювання вологості, є використання методів вимірювання вологості заснованих на базі електромагнітного випромінювання високочастотного діапазону. При чому, сенсор, що побудований на основі несиметричних смугових хвилеводів має ряд переваг, пов'язаних з інваріантністю до неінформативних впливів навколишнього середовища, простотою конструкції, низькою собівартістю та високою надійністю.

Про те, його широке використання унеможливлюється відсутністю адекватної математичної моделі, яка давала б змогу з доволі високою точністю пов'язати параметри вихідної електромагнітної хвилі з вологістю досліджуваного зразка. Виходячи з сказаного, є очевидною необхідність розробки такої математичної моделі, що дало б можливість, отримавши функцію перетворення несиметричного смугового сенсора вологості та сформулювати на його основі непрямий метод вимірювання.

Особливістю несиметричного смугового хвилеводу є те, що структура електромагнітного поля лінії має досить складний характер. Хоча у певному спрощенні електромагнітну хвилю, що поширюється у такому хвилеводі,можна представити у вигляді поперечної електромагнітної хвилі(ТЕМ-хвилі). При чому, на відносно низьких частотах (ВЧ діапазону)

прийняте спрощення не вносить суттєвої похибки у розрахунки [3]. Отже, ввівши обмеження на частоту інформативної хвилі, в подальшому під час виведення даної математичної моделі будемо вважати, що інформативна хвиля є хвилею ТЕМ-типу.

Як доведенов[4], силові лінії магнітного поля концентруються в при крайовій зоні центрального провідника.Тому,враховуючи належність молочного жиру, води та діелектрику, що розміщений між центральним провідником та заземленням, до одного класу речовин з відносною магнітною проникністю, значення якої близьке до одиниці, магнітні параметри такої хвилі можна вважати постійними. Тому у подальших розрахунках доцільновраховувати лише зміну діелектричних параметрівскладових сенсора.

При чому, як показано у [3, 4], еквівалентна (ефективна) діелектрична проникність сенсора зі зразком може бути визначена з наступного виразу:

$$\varepsilon_{eff} = \frac{\varepsilon_д + \varepsilon_з}{2} + \frac{\varepsilon_д - \varepsilon_з}{2\sqrt{1+10\frac{h}{a}}}, \quad (1)$$

де h – відстань між струмонесучим (центральним) провідником та заземленою пластиною; a – ширина центрального провідника; $\varepsilon_д$ – відносна діелектрична проникність діелектрика підложки; $\varepsilon_з$ – відносна діелектрична проникність зразка.

За умови відсутності зразка на поверхні хвилеводу (наявності на його місці повітря з діелектричною проникністю 1), що відповідає фазі опорного каналу, відносно якого здійснюється вимірювання зсуву фази, ефективна діелектрична проникність може бути знайдена:

$$\varepsilon_{efoп} = \frac{\varepsilon_д + 1}{2} + \frac{\varepsilon_д - 1}{2\sqrt{1+10\frac{h}{a}}}, \quad (2)$$

Оскільки решта параметрів для конкретного хвилеводу[5] є постійними, різниця фази інформативної і опорної хвилі та амплітуда інформативної хвилі функціонально залежить лише від відносної діелектричної проникності зразка. При чому, враховуючи відсутність будь-яких хімічних зв'язків між молочним жиром та розподіленою у вершковому маслі вологою [6], вершкове масло можна розглядати як особливий вид в'язкої емульсії. В такому випадку вкраплення вологи, по суті,являютьнерозчиннудисперсну фазу. А, отже, приріст відносної діелектричної проникності відносно абсолютно сухого молочного жируза умови відносно невеликої об'ємної частки вологи, можна отримати[7]:

$$\Delta\varepsilon = \frac{\nu \cdot (\varepsilon_в - \varepsilon_ж) \cdot (\varepsilon_ж + 2)}{\varepsilon_в + 2 - \nu \cdot (\varepsilon_в - \varepsilon_ж)}, \quad (3)$$

де $\varepsilon_в$ – відносна діелектрична проникність води; $\varepsilon_ж$ – відносна діелектрична проникність молочного жиру; ν – об'ємна частка вологи у зразку.

Об'ємна частка води знаходиться з відомого співвідношення[7]:

$$\nu = \frac{V_в}{V_в + V_ж}, \tag{4}$$

де $V_в, V_ж$ – об'єм, що займає вода та молочний жир відповідно;

Оскількивміст вологи у зразку визначається відомим співвідношенням мас вологи та молочного жиру, які у свою чергу можна виразити через густину та об'єм відповідних фракцій, вологість об'єкту контролю можна обчислити з наступноїфункціональної залежності:

$$W = \frac{V_в \cdot \rho_в}{V_в \cdot \rho_в + V_ж \cdot \rho_ж} \cdot 100\ \%, \tag{5}$$

де $\rho_в, \rho_ж$ – відповідно, густина води та молочного жиру.

Звідси, підставивши (5) у (4), отримуємо функціональну залежність, що однозначно пов'язує об'ємну частку води з вологістю зразка:

$$\nu = \frac{\rho_в \cdot W}{100 \cdot \rho_в - W \cdot (\rho_в - \rho_ж)}. \tag{6}$$

Відповідно, підставивши (6) у (3) та здійснивши не складні математичні перетворення, отримаємо:

$$\Delta\varepsilon = \frac{W \cdot (\rho_в \varepsilon_в \varepsilon_ж + 2\rho_в \varepsilon_в - \rho_в \varepsilon_ж^2 - 2\rho_в \varepsilon_ж)}{100\rho_в \varepsilon_в + 200\rho_в - W \cdot (2\rho_в \varepsilon_в + 2\rho_в - \rho_ж \varepsilon_в - \rho_в \varepsilon_ж - 2\rho_ж)}. \tag{7}$$

Тоді, здійснивши ряд математичних перетворень:

$$\Delta\varphi = \sqrt{\frac{A_1}{A_4 - W \cdot A_5} + \frac{WA_2}{A_4 - W \cdot A_5}} - A_3. \tag{8}$$

де $A_1 – A_5$ – постійні коефіцієнти; W – вологість зразка.

Виходячи з аналогічних міркувань, математична залежність напруги на виході сенсору вологості від вологості зразка матиме вигляд:

$$U_{вих} = \frac{B_1 - B_2 \cdot W}{B_3 - B_4 \cdot W}, \tag{9}$$

де $B_1 – B_4$ – постійні коефіцієнти.

Вирази (8) та (9), забезпечуючи однозначний зв'язок між вологістю зразка та різницею фаз опорної та інформативної хвиль, по суті, є рівнянням перетворення смугового сенсора вологості.

Отримавши математичну модель смугового несиметричного сенсору вологості, можназапропонувати фазоамплітудний метод вимірювання вологості.

Даний метод полягає у пропусканні високочастотного електромагнітного гармонічного сигналу відомої частоти та амплітуди через смуговий несиметричний сенсор, на поверхні якого розташований досліджуваний зразок, площа якого співрозмірна з розмірами сенсору, а товщина не є меншою за 3h (що випливає з особливостей електромагнітної хвилі, яка поширюється у смуговому несиметричному хвилеводі [4]), з подальшим вимірюванням кута зсуву фази та амплітуди сигналу на виході сенсору.

Для підтвердження адекватності даної математичної моделі було проведено ряд експериментальних досліджень, з використанням несиметричного смугового хвилеводу з гітенаксовоюпідложкою, довжиною 864 мм, товщиною підложи 2 мм та шириною центрального провідника 2,5 мм.При дослідженні різниці фаз та вихідної напруги були використанні: вимірювач різниці фаз «ФК2 – 12», що дає змогу виміряти фазовий зсув та амплітуду інформативної хвилі, та генератор сигналів високочастотний «Г4 – 107». Структурну схему експериментальної установки, що була використана у дослідженні, приведено на рис. 1.

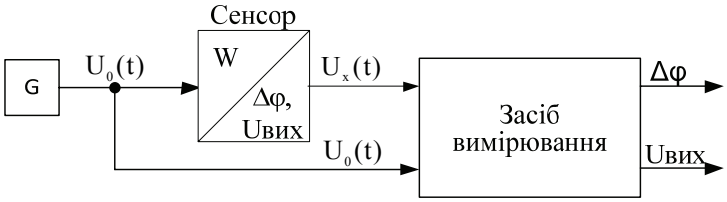


Рисунок 1 – Структурна схема лабораторної установки

Результати моделювання функціональних залежностей (8) та (9), з одночасним накладанням експериментальних даних наведено на рис. 2 та рис. 3 відповідно.

Як видно з порівняння експериментальних та теоретичних значень, за умови накладених вище обмежень, відносна похибка даної моделі не перевищує 2 %, а чутливість сенсора монотонно зростає при зростанні частоти інформаційної хвилі при

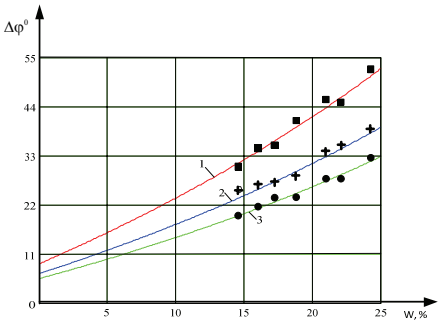


Рисунок 2 – Теоретичні та експериментальнастатичні характеристики сенсора для перетвореннявологості в різницюфази: 1 – інформаційнахвилі частотою 400 МГц; 2 – інформаційнахвилі частотою 300 МГц; 3 – інформаційнахвилі частотою 250 МГц.

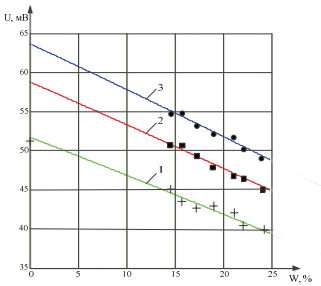


Рисунок 3 – Теоретичні та експериментальнастатичні характеристики сенсора для перетвореннявологості в значеннянапруги: 1 – інформаційнахвилі частотою 400 МГц; 2 – інформаційнахвилі частотою 300 МГц; 3 – інформаційнахвилі частотою 250 МГц.

перетворенні вологості в різницю фаз (рис. 2) та монотонно зменшується при перетворенні вологості в амплітуду вихідного сигналу (рис. 3).

В такому випадку, структурна схема пристрою вимірювання вологості, реалізована на основі фазоамплітудного методу, може мати вигляд, приведений на рис. 4.

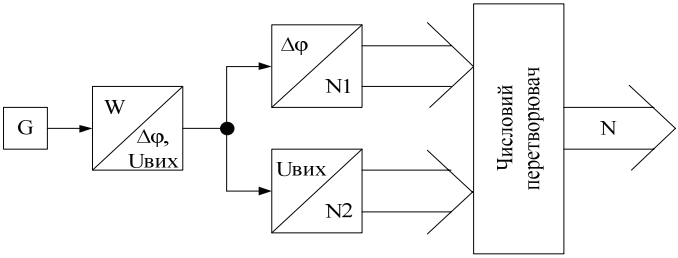


Рисунок 4 – Структурна схема пристрою вимірювання вологості

Висновки

1. Установлено функціональну залежність між вологістю і різницею фаз та вологістю і амплітудою вихідної напруги в несиметричному смуговому сенсорі, який на відмінно від відомих характеризується вищою швидкодією та інваріантністю до неінформативних параметрів навколишнього середовища.

2. Запропоновано фазоамплітудний метод вимірювання вологості гетерогенних дисперсних діелектриків, що полягає у пропусканні високочастотного електромагнітного гармонічного сигналу відомої частоти та амплітуди через смуговий несиметричний сенсор, на поверхні якого розташований досліджуваний зразок, площа якого співрозмірна з розмірами сенсору, а товщина не є меншою за 3h (що випливає з особливостей електромагнітної хвилі, яка поширюється у смуговому несиметричному хвилеводі [4]), з подальшим вимірюванням кута зсуву фази та амплітуди сигналу на виході сенсору.

3. Експериментально доведеноадекватність математичної моделі сенсора вологості за умови накладання обмежень по вмісту вологості та частоті інформативної хвилі. Відносна похибка моделі не перевищує 2%.

4. Встановлено, що чутливість сенсора монотонно зростає при зростанні частоти інформаційної хвилі при перетворенні вологості в різницю фаз (рис. 2) та монотонно зменшується при перетворенні вологості в амплітуду вихідного сигналу (рис. 3).

5. Запропонована структурна схема засобу, що реалізує фазо-амплідудний метод вимірювання вологості.

Список літератури

1. Панфилов В.А. Машины и аппараты пищевых производств / В.А.Панфилов // М.: Высшая школа. – 2001.- 703 с.
2. Кухарчук В.В. Дослідження параметрів затухання та зміщення фази електромагнітних хвиль від вологості середовища їх поширення / В.В. Кухарчук, В.В.Богачук, Ю.О.Дмітрієв, В.Ф. Граняк // Вісник ВПІ. – 2011. – №4. – С.103 – 106.
3. Зайцев В.В. Электростатическое моделирование полосковых линий / В.В. Зайцев, В.И. Занин, В.М. Трещов – Самара: Универс-груп, 2005 – 52 с.
4. Капуро П.А. Направляющиесистемытелекомуникацый / П.А. Капуро, В.Н. Мищенко – Минск, 2007 – 172 с.
5. Кухарчук В. В. Математична модель несиметричногосмугового сенсора вологості / В. В. Кухарчук, В. В. Богачук, В. Ф. Граняк // Вісник ВПІ. – 2012. – №4. – С. 7 – 11.
6. Берлинер М.А. Электрические методы и приборы для измерения и регулирования влажности. /М. А. Берлинер – М.: Энергия, 1960. – 68 с.
7. Вегера Ж. Г. Ефекти структурної організації колоїдних частинок і мікрочастинок дисперсного немагнітного наповнювача в магнітній рідині при її взаємодії з електричними і магнітними полями / Ж. Г. Вегера // Дис. канд. фіз.-мат. наук. – Ставрополь, 2004. – 197 с.

УДК 621.372.061

О.І. Рибін, д.т.н., А.В. Мовчанюк, к.т.н., Є. В. Гайдаєнко, аспірант
(Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут», Україна)

ВИБІР ОПЕРАЦІЙНОГО ПІДСИЛЮВАЧА ДЛЯ ДЖЕРЕЛА СТРУМУ БАГАТОЧАСТОТНОГО ЕЛЕКТРОІМПЕДАНСНОГО ТОМОГРАФА

Розглянуті особливості функціонування джерел струму на операційних підсилювачах в широкій смузі частот для задач ЕІТ. Приведені аналітичні залежності струму в навантаженні від частоти. Надані практичні рекомендації вибору ОП для таких схем в широкій смузі частот.

Одним з критичних вузлів вимірювачів імпедансу є джерело струму. Від його характеристик залежить точність, стабільність і відтворюваність вимірів, частотний та динамічний діапазон всієї системи [1]. Більшість схемотехнічних реалізацій джерел струму проектується на основі операційних підсилювачів (ОП). Намагаючись збільшити вихідний опір джерела і максимально наблизити його до ідеального, в схему з ОП вводять негативний послідовний зворотний зв'язок за струмом.

Найбільш поширеними є джерела струму на основі перетворювача напруга-струм на одному операційному підсилювачі. До них можна віднести схему на операційному підсилювачі з навантаженням (досліджуваним об'єктом) у колі зворотного зв'язку (рис. 1.а) [2], схему Хауленда (рис.1.б) [3] та її модифікації [4-6].

З огляду на перспективність багаточастотних вимірювань в ЕІТ, джерела струму повинні працювати в смузі частот від одиниць кілогерц до одиниць мегагерц. Вибір саме такої ширини робочої смуги частот обумовлений рекомендаціями, наданими однією з провідних дослідницьких груп в області ЕІТ [7]. Праці інших дослідників показують, що їм вдається досягти відхилення модуля струму в навантаженні менше 1 % на частотах до 100кГц. [2-6], а в деяких випадках до 150кГц [1]. Вважається, що для якісної візуалізації в ЕІТ при «великій» неоднорідності ($\cong 20\%$ від площі фантома) похибка вимірювань напруги повинна не перевищувати 1%. При «малих» неоднорідностях ($\cong 3\%$ від загальної площі фантома) для найгірших випадків (поверхнева провідність неоднорідності більша за неоднорідність фону) похибка вимірювань напруг не повинна перевищувати 10^{-5} [8]. Тому прецизійність джерела струму в ЕІТ визначається значенням похибки струму в 0.1% і менше в усій робочій смузі частот.

Огляд схем джерел струму на ОП [1, 2-6] показав, що жодних практичних рекомендацій по вибору ОП, що має задовольнити вимогам точності підтримання струму в смузі частот для ЕІТ не представлено. Тому розробники при виборі ОП орієнтуються в першу чергу на такий показник, як ширина робочої смуги частот операційного підсилювача. Аналіз ринку ОП показує, що їх ціна при збільшенні робочої смуги частот суттєво зростає. Тому

питання вибору операційного підсилювача для джерел струму та вибір схеми джерела струму є актуальним.

Для реального ОП коефіцієнт передачі за напругою:

$$\dot{K}_u(\omega) = \frac{K_0}{1 + j \cdot \frac{\omega}{\omega_{зр.U}}}, \qquad (1)$$

де K_0 - коефіцієнт передачі за напругою на нульовій частоті, $\omega_{зр.U}$ – частота зрізу ОП.

Для двох схем (рис.1) встановимо функціональні залежності модуля струму в навантаженні від частоти та проведемо аналіз джерел сруму з огляду на частотні властивості при виборі ОП для таких схем.

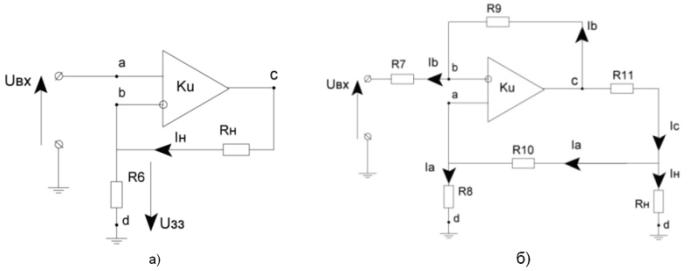


Рис. 1. а) джерело струму за схемою ввімкнення операційного підсилювача з навантаженням (досліджуваним об’єктом) у колі зворотного зв’язку. б) джерело струму за схемою Хауленда.

Провівши необхідні розрахунки для джерела струму (рис.1.а) отримуємо:

$$\dot{I}_н(\omega) = \frac{\frac{K_0}{R_6 + R_н - R_6 \cdot K_0}}{(1 + j \cdot \omega \cdot (R_6 + R_н) \cdot \frac{\tau}{R_6 + R_н - R_6 \cdot K_0}))} \cdot \dot{U}_{вх} . \qquad (2)$$

Підставивши (1) в (2) маємо:

$$\dot{I}_н(\omega) = \frac{\dot{I}_н(0)}{1 + j \cdot \frac{\omega}{\omega_{зр.I}}} \cdot \dot{U}_{вх} . \qquad (3)$$

При цьому $\omega_{зр.I} = \lambda_1 \cdot \omega_{зр.U}$, де $\lambda_1 = \frac{R_6 + R_н - R_6 \cdot K_0}{(R_6 + R_н)}$; (4)

Якщо задатися рівнем, що буде задовольняти вимоги точності джерела, можна встановити верхню робочу частоту струму навантаження, що рівна $\omega_в$, при якій буде отримане задане зменшення амплітуди струму

$$\frac{\left|\dot{I}_H(0)\right| - \left|\dot{I}_H(\omega_в)\right|}{\left|\dot{I}_H(0)\right|} \cdot 100\% = \Delta \ ,$$

де Δ - задане зменшення амплітуди стуму навантаження.

Звідси, $\omega_в = \omega_{зр.1} \cdot \frac{\Delta}{\sqrt{100^2 - \Delta^2}}$. (5)

Так як на частоті одиничного підсилення ОП ω_1 , значення модуля коефіцієнту передачі за напругою дорівнює 1. Тому, якщо спочатку підставити (4) в (5), а отриманий вираз для $\omega_{зр.U}$ підставити у вираз (1), взявши $\omega = \omega_1$ і прирівнявши його до 1 , враховуючи те, що зазвичай $K_0 \rangle\rangle 10000$ отримуємо

$$\omega_1 = \omega_в \cdot \frac{(R_6 + R_н) \cdot \sqrt{100^2 \cdot \Delta^2}}{R_6 \cdot \Delta} .$$

Провівши необхідні розрахунки для схеми Хауленда (рис.1.б.) маємо:

$$\dot{I}_н = \dot{U}_{вх} \cdot \frac{1}{-R_н \cdot \frac{(R_7 + R_9)^2}{\dot{K}_и \cdot R_9 \cdot (R_7 + R_{10})} - R_{11} \cdot \left(\frac{R_7}{R_9} + \frac{(R_7 + R_9)}{R_9 \cdot \dot{K}_и} \right)} .$$

Аналогічно виразу (4) отримуємо

$$\lambda_2 = 1 + \left(\frac{(R_{10} + R_7) \cdot R_{11} \cdot R_7 \cdot K_0}{R_{11} \cdot (R_9 + R_7) \cdot (R_{10} + R_7) + R_н \cdot (R_9 + R_7)^2)} \right)$$

Так само розраховуємо частоту одиничного підсилення операційного підсилювача для цього джерела:

$$\omega_1 = \omega_в \cdot \frac{R_н \cdot (R_9 + R_7)^2 + R_{11} \cdot ((R_9 + R_7) \cdot (R_{10} + R_7)}{\left((R_{10} + R_7) \cdot R_{11} \cdot R_7\right) \cdot \frac{\Delta}{\sqrt{100^2 - \Delta^2}}} .$$

Висновки

Проаналізовані джерела струму мають майже однакові частотні властивості. Отримані залежності дозволяють пов’язати діапазон робочих частот при завданій точності підтримання струму в навантаженні з частотою одиничного підсилення операційного підсилювача та дозволяють зробити попередній вибір операційного підсилювача.

Список літератури

1. *Фокин А. В.* Источник тока для электроимпедансной томографи / А. В Фокин ., К. С. Бразовский. — Известия Томского Политехнического Университета. — 2008. — Т.313 №4. — С. 99—101.
2. Хоровиц П. Искусство схемотехники: В 3-х томах. / Хоровиц П., Хилл У., пер. С англ. Б.Н. Бронин и др. – [5-е изд, перераб]. – М.: Мир, 1998. – 418 с.
3. Bertemes-Filho P. A. Comparison of modified Howland circuits as current generators with current mirror type circuits. / P. Bertemes-Filho., B.H. Brown., A.J. Wilson. // Physiological measurements Journal. – 2000. – №21. – P. 1–6.
4. Franco S. Design with Operational Amplifiers and Analog Integrated Circuits / Franco S. – [3rd ed.]. – New York : McGraw-Hill, 2002. – 658 p.
5. Al-Obaidi A. A new enhanced howland voltage controlled current source circuit for EIT application / A. Al-Obaidi., M.Meribout.,// IEEE GCC Conference and Exhibition February 19-22, Dubai, —2011. — P. 327–330.
6. Xiaoke L. Analysis of Constant-Current Characteristics for Current Sources / L Xiaoke., D. Feng., F. Yan.// Control and Decision Conference (CCDC), 24th Chinese. –2012. – P. 2607–2612.
7. BrownB. H. Electricalimpedancetomography (EIT): a review / B. H. Brown // JournalofMedicalEngineering&Technology. –2003. – №27. – P. 97–108.
8. Сушко І. О. Потенційна чутливість імпедансної томографії / І. О. Сушко., Є.В. Гайдаєнко., О.А Якубенко. — Вісник НТУУ»КПІ» . Сер. Радіотехніка. Радіоапаратобудування. — 2012. — №50. — С. 92—104.

УДК 629.7.05.67:629.7.054.44

А.В. Никитин
(Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева – КАИ, Россия, г.Казань)

БОРТОВАЯ СИСТЕМА ИЗМЕРЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ВЕТРА НА СТОЯНКЕ И ВЗЛЕТНО-ПОСАДОЧНЫХ РЕЖИМАХ

Рассматриваются особенности построения, алгоритмы обработки информации, статические и динамические погрешности бортовой системы измерения параметров ветра и истинной воздушной скорости вертолета на стоянке, при рулении и маневрировании по земной поверхности, на режимах взлета и посадки.

Измерение параметров вектора скорости ветра на стоянке при запуске силовой установки, на стартовых и взлетно-посадочных режимах бортовыми средствами затрудняется значительными аэродинамическими возмущениями, вносимыми индуктивным потоком несущего винта.

Учитывая специфику работы бортовой системы измерения параметров ветра на стартовых и взлетно-посадочных режимах вертолета, предложено построить ее на основе неподвижного комбинированного аэрометрического приемника, конструктивная схема которого приведена на рисунок 1 [1, 2].

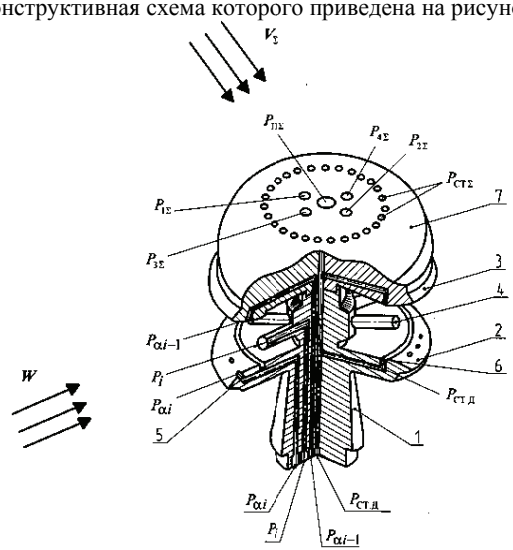


Рисунок 1 - Конструктивная схема неподвижного комбинированного аэрометрического приемника

Воспринимаемые неподвижным многоканальным проточным аэрометрическим приемником первичные информативные сигналы в виде давлений P_i, $P_{ст.д}$, $P_{\alpha i}$, $P_{\alpha i-1}$ позволяют определить величину W и положение ψ вектора скорости ветра $\boldsymbol{W}$ относительно продольной оси

вертолета или продольную W_x и боковую W_z составляющие вектора ветра на стоянке до запуска силовой установки и раскрутки трансмиссии, используя приведенные ниже алгоритмы обработки информации [3].

На первом этапе обработки информативных сигналов по номеру *i*-й трубки полного давления, в которой воспринимаемое давление P_i наибольшее, определяется первое приближение ψ_{mi} угловой координаты направления вектора скорости ветра W в соответствии с соотношением

$$\psi_{mi} = \frac{360}{n} i, \qquad (1)$$

где n – количество расположенных под одинаковым углом трубок полного давления (как правило $n = 6$ или $n = 8$).

На втором этапе обработки массива давлений P_i проводится предварительная оценка азимутального угла направления ψ вектора скорости ветра $\boldsymbol{W}$. С этой целью сравниваются между собой давления $P_{i\text{-}1}$ и P_{i+1} и проверяется какое из неравенств выполняется $P_{i\text{-}1} > P_{i+1}$ или $P_{i\text{-}1} < P_{i+1}$, где $P_{i\text{-}1}$ и P_{i+1} – давления, измеренные в трубках полного давления, смежных с *i*-ой трубкой.

В случае выполнения первого неравенства вектор скорости ветра $\boldsymbol{W}$ находится слева от *i*-й трубки полного давления, при выполнении второго условия – справа от *i*-ой трубки. Указанным положениям соответствуют знаки «плюс» или «минус» отклонения $\Delta\psi$ действительного положения ψ вектора скорости ветра от его первого приближения ψ_{mi}.

Для определения точного значения угловой координаты ψ вектора скорости ветра осуществляется преобразование реальной угловой характеристики трубок полного давления в другую систему координат путем введения безразмерной угловой координаты θ, начало которой совпадает с точкой пересечения смежных ветвей угловых характеристик *i*-1 и *i*+1 трубок полного давления (рисунок 2).

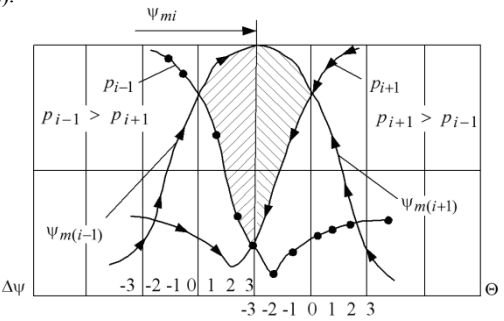


Рисунок 2 – Графическая интерпретация алгоритма определения параметров ветра

Угловое положение θ *i*-й трубки полного давления относительно направления ψ вектора скорости ветра $\boldsymbol{W}$ в новой системе координат определяется из решения одного из уравнений

$$\overline{P}_i = \frac{P_{i+1}}{P_i} = \frac{f(\theta)}{f(-\theta)} \quad \text{или} \quad \overline{P}_i = \frac{P_{i-1}}{P_i} = \frac{f(-\theta)}{f(\theta)} \tag{2}$$

где $f(\theta)$ и $f(-\theta)$ – аппроксимирующие полиномы степени k, вычисленные по результатам предварительной градуировки неподвижного многоканального проточного аэрометрического приемника и описывающие соответственно правую и левую части угловой характеристики смежных i-1 и i+1 трубок полного давления в введенной системе координат.

Тогда второе приближение угловой координаты ψ вектора скорости ветра $\boldsymbol{W}$ в исходной системе координат будет определяться выражением [3]

$$\psi = \psi_{mi} \pm (\theta_{\max} - \theta_x)t_0, \tag{3}$$

где t_0 – координатный шаг сплайн-функции, реализующей аппроксимирующий полином $P_i = f(\theta)$ в безразмерной системе координат, например при $n = 6$ $t_0 = 60^\circ$: $\theta_{\max}$ – максимальное значение безразмерной координаты θ на шаге t_0, соответствующее $P_{i\max}$.

Для определения модуля (величины) W вектора скорости ветра по полученному значению θ_x безразмерного углового положения i-ой трубки полного давления вычисляется значение давления $P_{i\max}$, соответствующее совпадению направления вектора скорости ветра с осью i-ой трубки полного давления.

По полученному значению $P_{i\max}$ определяется численное значение величины W скорости ветра с использованием выражения

$$W = \sqrt{\frac{2}{\rho_{H_0}}(P_{i\max} - P_{H_0})} = \sqrt{\frac{2P_{H_0}T_0}{P_0T_{H_0}}(P_{i\max} - P_{H_0})}, \tag{4}$$

где $\rho_{H_0} = \rho_0 \dfrac{P_{H_0}T_0}{T_{H_0}P_0}$ – плотность воздуха на высоте стоянки H_0; P_{H_0} и T_{H_0} – статическое давление и абсолютная температура на высоте стоянки H_0; $P_0 = 760$ мм.рт.ст. $= 101325$ Па и $T_0 = 288{,}15$ К – статическое давление и абсолютная температура на нулевой высоте стандартной атмосферы.

Статическое давление P_{H_0} и абсолютная температура T_{H_0} на высоте стоянки H_0 вертолета определяются по статическому давлению $P_{\text{ст.д}}$, воспринимаемому неподвижным проточным аэрометрическим приемником 1 (рисунок 1), и по показаниям штатного приемника температуры торможения.

При работе двигательной установки и раскрутки трансмиссии на стоянке, при рулении и маневрировании вертолета по земной поверхности, на взлетно-посадочных режимах, при снижении и на режиме висения, за меру величин составляющих V_x, V_y, V_z вектора истинной воздушной скорости $\boldsymbol{V}_{\text{в}}$ вертолета принимаются углы φ_1 и φ_2, определяющие угловое положение вектора скорости $\boldsymbol{V}_\Sigma$ результирующего воздушного потока вихревой колонны несущего винта, относительно осей неподвижного комбинированного аэрометрического приемника, которые регистрируются ортогонально расположенными отверстиями для забора давлений P_1 и P_2, P_3 и P_4 на

поверхности полусферического приемника [1, 2].

Составляющие V_x, V_y, V_z вектора истинной воздушной скорости определяются как

$$V_x=V_\Sigma \sin\varphi_1 \cos\varphi_2;\ V_y=V_\Sigma \cos\varphi_1 \cos\varphi_2;\ V_z=V_\Sigma \sin\varphi_2. \quad (5)$$

При наличии на вертолете приемника спутниковой навигационной системы можно определить скорость $V_р$ движения вертолета по земной поверхности, в соответствии с которой вычисляется вектор скорости ветра $\boldsymbol{W} = \boldsymbol{V}_в \pm \boldsymbol{V}_р$ и его составляющие при рулении и маневрировании вертолета по земле:

$$\Psi = \beta + \psi_с;\quad W_x = V_x - V_п \cos\psi;\quad W_z = V_z - V_п \sin\psi;\quad W = \sqrt{W_x^2 + W_z^2}\ . \quad (6)$$

Используя информацию о величине $V_п$ и углу сноса $\psi_с$ вектора путевой скорости $\boldsymbol{V}_п$ вертолета от доплеровского измерителя скорости и угла сноса и информацию о составляющих V_x, V_z вектора истинной воздушной скорости, можно определить величину W и направление ψ вектора скорости ветра $\boldsymbol{W}$ или продольную W_x и боковую W_z составляющие вектора ветра на взлетно-посадочных режимах.

Рассмотренные принципы построения и алгоритмы обработки первичных информативных сигналов, формируемых неподвижным комбинированным аэрометрическим приемником, позволяют обоснованно решать задачи проектирования бортовой системы измерения параметров ветра на стартовых и взлетно-посадочных режимах вертолета.

Применение рассмотренной системы позволит повысить безопасность эксплуатации одновинтовых вертолетов на стартовых и взлетно-посадочных режимах.

Список литературы

1. Никитин А.В., Солдаткин В.В. Стартовая система измерения параметров ветра и составляющих вектора воздушной скорости одновинтового вертолета // Фундаментальные проблемы техники и технологии. 2012. №3. С. 113 – 121.

2. Патент РФ на изобретение № 2426995, МПК G 01 P 5/00. Система измерения малых воздушных скоростей вертолета / В.В. Солдаткин, В.М. Солдаткин, Н.А. Порунов, Н.Н. Макаров, В.П. Белов, Д.А. Истомин. Заявл. 23.11.2009. Опубл. 20.08.2011. Бюл. №23.

3. Солдаткин В.М. Методы и средства измерения аэродинамических углов летательных аппаратов. Казань: Изд-во Казан. гос. техн. ун-та, 2001. 448с.

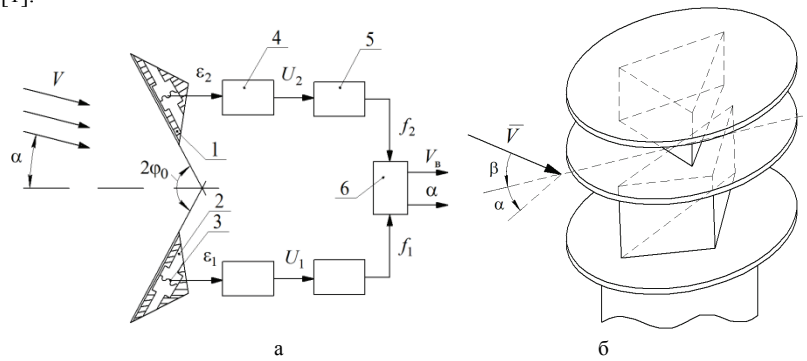
УДК 629.7.054.44: 629.7.05.067

Е.С. Солдаткина
(Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева – КАИ, Россия, г. Казань)

ОСОБЕННОСТИ И ХАРАКТЕРИСТИКИ ВИХРЕВОГО ДАТЧИКА АЭРОДИНАМИЧЕСКОГО УГЛА И ВОЗДУШНОЙ СКОРОСТИ

Рассматриваются принципы построения и алгоритмы обработки информации вихревого датчика аэродинамического угла и истинной воздушной скорости. Приводятся характеристики первичных информативных сигналов, проводится анализ диапазонов измерения, составляющих и результирующей погрешности каналов аэродинамического угла и истинной воздушной скорости.

Принципиальная возможность меньших потерь информации при выделении, преобразовании и обработке частотных первичных информативных сигналов определяет перспективы применения на различных классах ЛА комбинированного вихревого датчика аэродинамического угла и истинной воздушной скорости, принципы построения и формирования первичных информативных сигналов которого представлены на рисунке 1, а [1].



а б

Рисунок 1. - Функциональная схема (а) и выполнение приемника потока (б) вихревого датчика аэродинамического угла и истинной воздушной скорости

Измеряя частоты f_1 и f_2 вихреобразования за клиновидными пирамидами в измерительных каналах вихревого датчика определяются аэродинамический угол и истинная воздушная скорость летательного аппарата, используя соотношения вида [1]

$$\alpha = \operatorname{arctg}\frac{f_2 - f_1}{f_1 + f_2}; \qquad V_B = \frac{l}{\sqrt{2}Sh}\frac{f_1 f_2}{\sqrt{f_1^2 + f_2^2}}, \tag{1}$$

где *Sh* – число Струхаля (для клиновидных пирамид *Sh* = 0,165…0,18); *l* – длина рабочего основания клиновидных пирамид.

Как показано в работе [2], устойчивое вихреобразование за

клиновидными пирамидами обеспечивается при изменении углового положения $\varphi = \varphi_0 + \alpha$ набегающего воздушного потока в диапазоне $20° \le \varphi \le 90°$. Поэтому диапазон измерения аэродинамического угла α будет определятся неравенством $-25° \le \alpha \le +25°$. При установке вихревого датчика путем смещения его оси относительно положения продольной оси летательного аппарата можно обеспечить несимметричный диапазон измерения аэродинамического угла, например $-15° \le \alpha \le +35°$.

Так как устойчивое вихреобразование за клиновидными пирамидами обеспечивается в диапазоне чисел Рейнольдса $10^3 < \mathrm{Re} < 1{,}6 \cdot 10^5$ [2], то минимальное $V_{B\min}$ и максимальное $V_{B\max}$ значение измеряемой истинной воздушной скорости вихревого датчика будут определяться соотношениями

$$V_{B\min} > \frac{\nu_0}{l} 10^3; \quad V_{B\max} < \frac{\nu_{H_{\max}}}{l} 1{,}6 \cdot 10^5, \tag{2}$$

где ν_0 и $\nu_{H_{\max}}$ – кинематическая вязкость воздуха вблизи Земли и на максимальной высоте полета $H_{\max}$.

Как показано в работе [2], для клиновидной пирамиды амплитуду пульсаций давления вблизи тела торможения (генераторов вихрей) можно оценить как

$$P_m \approx 0{,}04 \rho V^2, \tag{3}$$

где ρ – плотность набегающего потока воздуха.

Частоты вихреобразования за телами торможения будут определяться соотношениями [1]

$$\begin{aligned} f_1 &= \frac{Sh}{l} \frac{V_B}{\sin(\varphi_0 + \alpha)} = \frac{Sh}{l} \frac{V_B}{\sin\varphi_0 \cos\alpha + \cos\varphi_0 \sin\alpha} = \sqrt{2} \frac{Sh}{l} \frac{V_B}{\cos\alpha + \sin\alpha}; \\ f_2 &= \frac{Sh}{l} \frac{V_B}{\sin(\varphi_0 - \alpha)} = \frac{Sh}{l} \frac{V_B}{\sin\varphi_0 \cos\alpha - \cos\varphi_0 \sin\alpha} = \sqrt{2} \frac{Sh}{l} \frac{V_B}{\cos\alpha - \sin\alpha}. \end{aligned} \tag{4}$$

Рабочие диапазоны амплитуды P_m и частот f_1 и f_2 пульсаций давления за генераторами вихрей являются исходными при выборе преобразователя пульсаций давлений вихревого датчика аэродинамического угла и истинной воздушной скорости. Как показывает анализ, по габаритным размерам, «диапазонам» регистрируемых рабочих частот и амплитуд пульсаций давления и другим техническим характеристикам в вихревом датчике аэродинамического угла и истинной воздушной скорости можно использовать электретные преобразователи пульсаций давления [3].

Погрешности вихревого датчика аэродинамического угла и воздушной скорости в зависимости от причин их вызывающих можно разделить на инструментальные и методические.

Инструментальные погрешности вихревого датчика вызываются технологическим разбросом конструктивных параметров (характерного размера l) генераторов вихрей, неточностью выдерживания угла φ_0

расположения поверхностей генераторов вихрей при изготовлении датчика, погрешностью установки продольной оси датчика относительно продольной оси самолета, а также изменением характерных размеров генераторов вихрей при изменении температуры окружающей среды за счет линейного расширения (сжатия). К инструментальным составляющим погрешности относятся также погрешность канала формирования и регистрации частот вихреобразования за генераторами вихрей и погрешность устройства обработки информации и формирования выходных сигналов по аэродинамическому углу и воздушной скорости.

Так как выделение, преобразование и обработка частотных информативных сигналов можно обеспечить с достаточно высокой точностью, то доминирующая часть инструментальных погрешностей измерения аэродинамического угла и истинной воздушной скорости вихревого датчика будет определяться технологическим разбросом (допуском) $\pm\Delta l$ характерного размера l клиновидных пирамид.

При этом максимальные отклонения частот вихреобразования будут иметь место, когда размер одного генератора вихрей, например $l_1 = l+\Delta l$, а другого $l_2 = l - \Delta l$. Тогда расчетные значения инструментальных погрешностей измерения аэродинамического угла α и истинной воздушной скорости V_B будут определяться соотношениями

$$\Delta\alpha_{\max} = \operatorname{arctg}\frac{(f_2+\Delta f_2)-(f_1-\Delta f_1)}{(f_1-\Delta f_1)+(f_2-\Delta f_2)} - \operatorname{arctg}\frac{f_2-f_1}{f_1+f_2};$$

$$\Delta V_{\mathrm{B}\max} = \frac{1}{\sqrt{2}}\left[\frac{l+\Delta l}{Sh}\frac{(f_1+\Delta f_1)(f_2+\Delta f_2)}{\sqrt{(f_1-\Delta f_1)^2+(f_2+\Delta f_2)^2}} - \frac{l}{Sh}\frac{f_1 f_2}{\sqrt{f_1^2+f_2^2}}\right]. \quad (5)$$

При выборе материала генераторов вихрей с малым коэффициентом температурного расширения, влиянием изменения температуры окружающей среды на изменение характерного размера генераторов вихрей можно пренебречь.

Важной составляющей инструментальной погрешности является погрешность, обусловленная технологическим разбросом $\pm\Delta\varphi_0$ на углы расположение рабочих поверхностей генераторов вихрей относительно продольной оси датчика, совпадающей с направлением набегающего воздушного потока.

Другой по важности является инструментальная погрешность, обусловленная точностью выделения и формирования частот вихреобразования с использованием электретных преобразователей.

Следующими по значимости инструментальным погрешностями $\Delta\alpha_{\text{обр}}$ и $\Delta V_{\text{обр}}$ вихревого датчика аэродинамического угла и истинной воздушной скорости является погрешность устройства обработки информации.

Характерной методической погрешностью вихревых датчиков является погрешность, обусловленная эффектом «замирания» вихрей Кармана, то есть временного пропадания импульсов давления за генераторами вихрей. Физическая

причина такого эффекта «замирания» (пропадания импульсов давления за генераторами вихрей), пока не установлена. При этом вероятность «замирания» вихрей одновременно за обоими генераторами вихрей весьма мала. Поэтому при появлении эффекта «замирания» запоминается последнее значение частоты «застывшего» генератора вихрей и выходные сигналы по аэродинамическому углу и истинной воздушной скорости формируются по изменению частоты вихрей другого генератора. Следует отметить, что погрешности $\Delta\alpha_{\text{проп}}$ и $\Delta V_{\text{проп}}$, вызываемые эффектом «замирания» носит динамический характер.

Тогда, с учетом того, что рассмотренные составляющие погрешности не коррелированы между собой, а вероятность максимальных значений составляющих погрешностей одного знака достаточно мала результирующие погрешности вихревого датчика можно оценивать через среднеквадратические значения погрешностей каналов аэродинамического угла и воздушной скорости.

По каналу воздушной скорости среднеквадратическую погрешность $\sigma_{\Delta V}$ вихревого датчика определим как

$$\sigma_{\Delta V} = \sqrt{\Delta V_{\max}^2 + \Delta V_{\Delta f}^2 + \Delta V_{\text{обр}}^2 + \Delta V_{\text{проп}}^2}. \qquad (6)$$

По каналу аэродинамического угла среднеквадратическая погрешность будет равна

$$\sigma_{\Delta\alpha} = \sqrt{\Delta\alpha_{\max}^2 + \Delta\alpha_{\varphi_0}^2 + \Delta\alpha_{\Delta f}^2 + \Delta\alpha_{\text{обр}}^2 + \Delta\alpha_{\text{проп}}^2}. \qquad (7)$$

Представленные материалы раскрывают методику системотехнического проектирования вихревого датчика аэродинамического угла и истинной воздушной скорости на этапе технического предложения и эскизного проекта, которая может быть использована при разработке вариантов датчика для различного класса летательных аппаратов. При этом одновременное получение информации по двум параметрам вектора истинной воздушной скорости непосредственно в цифровой форме, отсутствие влияния на точность измерения изменения характера обтекания клиновидных пирамид при различных скоростях набегающего воздушного потока, стабильность тарировочных зависимостей в широком диапазоне скоростей и высот полета, отсутствие подвижных элементов в зоне набегающего воздушного потока и в датчике в целом определяют перспективы применения вихревого датчика аэродинамического угла и истинной воздушной скорости на различных дозвуковых летательных аппаратах.

Список литературы

1. Солдаткин В.М., Солдаткина Е.С. Вихревой датчик аэродинамического угла и истинной воздушной скорости // Известия вузов. Авиационная техника. 2012. №4. С. 56 – 59.

2. Блохинцев Д.И. Акустика неоднородной движущейся среды. М.: Гостехиздат, 1946. 168 с.

3. http://ra4a.narod.ru/Spravka4/d54.htm Микрофоны. Описание. Характеристика. Цоколевка.

УДК 629.7:054: 629.7.05.67

В.В. Солдаткин, кандидат технических наук
(Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева – КАИ, Россия, г. Казань)

СИСТЕМА ВОЗДУШНЫХ СИГНАЛОВ ВЕРТОЛЕТА НА ОСНОВЕ НЕПОДВИЖНОГО МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНОГО АЭРОМЕТРИЧЕСКОГО ПРИЕМНИКА

Рассматриваются принципы построения, конструктивные особенности и алгоритмы обработки информации системы воздушных сигналов вертолета на основе неподвижного многофункционального аэрометрического приемника и информации аэродинамического поля вихревой колонны несущего вита.

Измерение воздушных сигналов вертолета, особенно при малых скоростях полета, когда приемники первичной аэрометрической информации находятся в створе вихревой колонны несущего винта, затрудняется значительными аэродинамическими искажениями, вносимыми индуктивным потоком несущего винта. Одним из направлений расширения нижней границы рабочих скоростей полета является построение систем воздушных сигналов вертолета на основе неподвижного пространственно-распределенного многофункционального аэрометрического приемника и использования для целей измерения информацию аэродинамического поля вихревой колонны несущего винта [1].

В качестве информативного параметра аэродинамического поля вихревой колонны несущего винта вертолета предложено [1] использовать вектор скорости $\boldsymbol{V}_\Sigma$ результирующего воздушного потока вихревой колонны несущего винта в виде трех составляющих:

$$\boldsymbol{V}_\Sigma = \boldsymbol{V} + \boldsymbol{V}_i + \boldsymbol{V}_\text{ф} \qquad (1)$$

стационарной составляющей $\boldsymbol{V}$, обусловленной поступательным движением вертолета относительно воздушной среды; стационарной составляющей индуктивного потока $\boldsymbol{V}_i$ и воздушного потока за счет силы тяги несущего винта; флуктуационной составляющей $\boldsymbol{V}_\text{ф}$, обусловленной маховыми движениями лопастей и работой автомата перекоса, которая может быть выделена и в значительной степени отфильтрована от составляющих $\boldsymbol{V}$ и $\boldsymbol{V}_i$ в каналах системы воздушных сигналов вертолета.

Для восприятия параметров вектора скорости $\boldsymbol{V}_\Sigma$ предложено [2] использовать неподвижный пространственно-распределенный многофункциональный аэрометрический приемник (рисунок 1).

Для конкретного места установки комбинированного аэрометрического приемника на фюзеляже вертолета составляющие V_{ix}, V_{iy}, V_{iz} вектора $\boldsymbol{V}_i$ в связанной системе координат можно описать уравнениями приведенными в работе [3]:

$$V_{ix} = K_{ix}\sqrt{\frac{Gn_y}{2\chi\rho_H F}};\quad V_{iy} = K_{iy}\sqrt{\frac{Gn_y}{2\chi\rho_H F}};\quad V_{iz} = K_{iz}\sqrt{\frac{Gn_y}{2\chi\rho_H F}};\qquad (2)$$

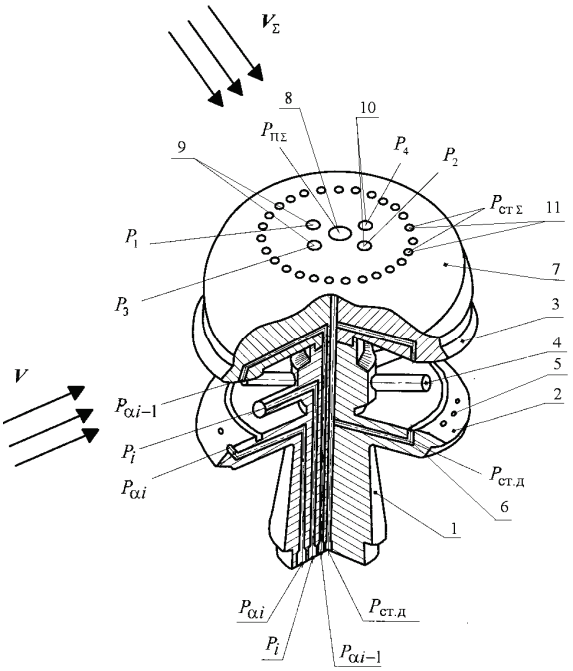


Рисунок 1 - Конструктивная схема неподвижного многофункционального аэрометрического приемника

где K_{ix}, K_{iy}, K_{iz} – безразмерные коэффициенты, зависящие от величины (модуля) вектора скорости $\boldsymbol{V}$ невозмущенного воздушного потока, равного по величине $\boldsymbol{V} = \boldsymbol{V}_в$, а также от углов атаки α и скольжения β и других параметров полета вертолета, которые определяются при летных испытаниях системы на конкретном вертолете; $\sqrt{\frac{Gn_y}{2\chi\rho_H F}} = V_{i0}$ – модуль вектора $\boldsymbol{V}_i$ скорости индуктивного потока на режиме висения (V=0); G – текущий вес вертолета; $n_y = \frac{1}{g}\frac{d^2H}{dt^2} - 1$ – нормальная перегрузка; ρ_H – плотность невозмущенного воздушного потока на данной высоте H; F – площадь, ометаемая несущим винтом вертолета; χ – коэффициент заполнения диска несущего винта; g – ускорение свободного падения.

Модуль $\boldsymbol{V}_\Sigma$ скорости и плотность ρ_Σ результирующего набегающего

воздушного потока можно определить по полному $P_{п\Sigma}$ и статическому $P_{ст\Sigma}$ давлениям и температуре $T_{т\Sigma}$ заторможенного результирующего воздушного потока, воспринимаемой приемником температуры торможения, используя зависимости [3]:

$$V_\Sigma = 44{,}826\sqrt{\frac{T_{т\Sigma}\left[\left(\frac{P_{п\Sigma}}{P_{ст\Sigma}}\right)^{0{,}2857143} - 1\right]}{\left(\frac{P_{п\Sigma}}{P_{ст\Sigma}}\right)^{0{,}2857143}}}; \quad \rho_\Sigma = \frac{P_{ст\Sigma}}{287{,}05287 T_{т\Sigma}}\left(\frac{P_{п\Sigma}}{P_{ст\Sigma}}\right)^{0{,}2857143}, \quad (3)$$

где параметры, входящие в формулу (3), имеют размерности в единицах системы СИ.

По давлениям P_1, P_2 и P_3, P_4, воспринимаемым на верхней поверхности полусферического приемника *7* (см. рисунок 1) определяются углы φ_1 и φ_2, определяющие положение вектора $\boldsymbol{V}_\Sigma$ результирующего набегающего воздушного потока вихревой колоны несущего винта вертолета.

Поскольку неподвижный аэрометрический приемник расположен на фюзеляже на определенном радиус-векторе $\boldsymbol{R}(x, y, z)$ от центра масс вертолета, то при вращении вертолета относительно центра масс имеет место кинематическое искажение вектора скорости $\boldsymbol{V}$ воздушного потока, обусловленное движением вертолета относительно окружающей среды, которое определяется уравнениями:

$$V_{кx} = V_x + \left(\omega_y z - \omega_x y\right); \; V_{ку} = V_y + \left(\omega_z x - \omega_x z\right); \; V_{кz} = V_z + \left(\omega_x y - \omega_y x\right), \quad (4)$$

где $V_{кx}$, $V_{ку}$, $V_{кz}$ – проекции кинематически искаженного вектора $\boldsymbol{V}_к$ скорости набегающего воздушного потока в месте установки аэрометрического приемника; $\boldsymbol{ш}(\omega_x, \omega_y, \omega_z)$ – вектор угловой скорости вращения вертолета относительно центра масс; *x, y, z* – координаты места установки аэрометрического приемника в связанной системе координат.

Алгоритмы вычисления высотно-скоростных параметров вертолета по информации аэродинамического поля вихревой колонны несущего винта, принимают вид [1, 2]:

$$V_x = V_\Sigma \sin\left[\frac{1}{2}\arcsin\left(\frac{4}{9}\sin 2\varphi_{01}\frac{P_1 - P_2}{P_{п\Sigma} - P_{ст\Sigma}}\right)\right]\times$$

$$\times\cos\left[\frac{1}{2}\arcsin\left(\frac{4}{9}\sin 2\varphi_{02}\frac{P_3 - P_4}{P_{п\Sigma} - P_{ст\Sigma}}\right)\right] - K_{ix}\left|V_{i0}\right| - (\omega_y z - \omega_x y);$$

$$V_y = V_\Sigma \cos\left[\frac{1}{2}\arcsin\left(\frac{4}{9}\sin 2\varphi_{01}\frac{P_1 - P_2}{P_{п\Sigma} - P_{ст\Sigma}}\right)\right]\times$$

$$\times\cos\left[\frac{1}{2}\arcsin\left(\frac{4}{9}\sin 2\varphi_{02}\frac{P_3 - P_4}{P_{п\Sigma} - P_{ст\Sigma}}\right)\right] - K_{iy}\left|V_{i0}\right| - (\omega_z x - \omega_x z);$$

$$V_z = V_\Sigma \sin\left[\frac{1}{2}\arcsin\left(\frac{4}{9}\sin 2\varphi_{02}\frac{P_3 - P_4}{P_{п\Sigma} - P_{ст\Sigma}}\right)\right] - K_{iz}\left|V_{i0}\right| - (\omega_x y - \omega_y x);$$

$$V_в = \sqrt{V_x^2 + V_y^2 + V_z^2};\ \alpha = \operatorname{arctg}\frac{V_y}{V_x};\ \beta = \operatorname{arctg}\frac{V_z}{\sqrt{V_x^2 + V_y^2 + V_z^2}} = \arcsin\frac{V_z}{V_в};$$

$$P_H = P_{ст\Sigma} - K_P\frac{\rho_\Sigma V_\Sigma^2}{2};\ P_{дин} = 0{,}5\rho_H V_в^2;\ H_{абс} = H = \frac{T_0}{\tau}\left[1 - \left(\frac{P_H}{P_0}\right)^{\tau R}\right]; \qquad (10)$$

$$\rho_H = \frac{P_H}{RT_H};\ T_H = T_0 - \tau H;\ V_{пр} = \sqrt{2gRT_0\frac{k}{k-1}\left[\left(\frac{P_{дин}}{P_0}\right)^{\frac{k-1}{k}}\right]};$$

где P_0 и T_0 – абсолютное давление и температура воздуха на уровне моря; R и k – удельная газовая постоянная и показатель адиабаты для воздуха; τ – температурный градиент; P_H, T_H и ρ_H – абсолютное давление, температура и плотность воздуха на высоте полета H; $V_{пр}$ – приборная скорость.

При выходе неподвижного многофункционального аэрометрического приемника из зоны вихревой колонны высотно-скоростные параметры вертолета определяются по давлениям P_i, $P_{бi}$, $P_{бi-1}$, $P_{ст.д}$, воспринимаемым неподвижным многоканальным проточным аэрометрическим приемником, в соответствии с уравнениями и приведенными в работе [4].

Таким образом, предложенные подходы, математические модели и алгоритмы обработки информации системы воздушных сигналов вертолета на основе неподвижного многофункционального аэрометрического приемника и информации вихревой колонны несущего винта позволяют определить высотно-скоростные параметры вертолета в области малых и околонулевых скоростей полета.

Список литературы

1. Патент №2427844 РФ, МПК G01 P 5/14. Система воздушных сигналов вертолета / В.В. Солдаткин, В.М. Солдаткин, А.А. Порунов, А.В. Никитин, Н.Н. Макаров, В.И. Кожевников, В.П. Белов, Д.А. Истомин. // Заявл. 09.03.2010 г. Опубл. 27.08.2011 г. Бюл. №24.

2. Солдаткин В.В. Методологические основы измерения высотно-скоростных параметров вертолета по аэрометрической информации вихревой колонны несущего винта // Известия вузов. Авиационная техника. 2010. № 3, С. 51 – 56.

3. Козицин В.К. Алгоритмическое обеспечение системы воздушных сигналов вертолета на основе свободно ориентированного приемника давлений // Известия вузов. Авиационная техника. 2006. № 4. С. 52 – 57.

4. Порунов А.А., Солдаткин В.В., Солдаткин В.М. Всенаправленная система воздушных сигналов вертолета с неподвижным многоканальным аэрометрическим приемником // Мехатроника, автоматизация, управление: Управление и информатика в аэрокосмических системах. 2007. №3. С. 8 – 14.

УДК 629.735.45:551.53

В.М. Солдаткин, доктор технических наук
(Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева – КАИ, Россия, Казань)

СИСТЕМА ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ОДНОВИНТОВОГО ВЕРТОЛЕТА НА СТАРТОВЫХ И ВЗЛЕТНО-ПОСАДОЧНЫХ РЕЖИМАХ

Рассмотрены ограничения на эксплуатационные параметры на стартовых и взлетно-посадочных режимах одновинтового вертолета. Раскрываются принципы построения и алгоритмы работы каналов измерения и сигнализации системы обеспечения безопасности одновинтового вертолета на стоянке, при маневрировании по земной поверхности, на режимах взлета и посадки.

Полеты вертолетов происходят в приземной слое атмосферы и безопасность их эксплуатации определяется как надежностью конструкции планера, работы силовой установки, агрегатов и систем, так и нарушением эксплуатационных режимов вследствие воздействия опасных внешних возмущений, ошибок пилотирования, других неблагоприятных факторов [1]. На стартовых и взлетно-посадочных режимах одновинтовых вертолетов, например Ми-8, Руководством по летной эксплуатации (РЛЭ) накладываются ограничения на следующие эксплуатационные параметры [2]:

1. Боковую W_z и продольную W_x составляющие или величину W и направление ψ вектора скорости ветра относительно продольной оси вертолета на стоянке, при маневрировании по земной поверхности, на режимах взлета и посадки.

2. Углы наклона ϑ_0 и $\gamma 0$ вертолета на взлетно-посадочной площадке, углы тангажа ϑ и крена γ вертолета в процессе движения на земле и в полете.

3. Вертикальную скорость и нормальную перегрузку, другие режимные параметры движения вертолета.

Все это определяет актуальность создания и применения на одновинтовых вертолетах системы информационной поддержки экипажа на стоянке и маневрировании на земле, при взлете и посадке на вертолетные взлетно-посадочные площадки вертолетным и самолетным методами, на режимах снижения и висения с последующим определением допустимых по критерию безопасности режимных параметров и формированием упреждающей сигнализации экипажу вертолета о приближении их к границам эксплуатационных режимов.

В соответствии с назначением и решаемыми задачами разработана структурная схема системы обеспечения безопасности одновинтового вертолета, приведенная на рисунке 1 [3].

Структурная схема включает три канала измерения, преобразования и обработки первичной информации – магнито-инерциальный канал, аэрометрический канал, спутниковый канал и блок информационной поддержки экипажа.

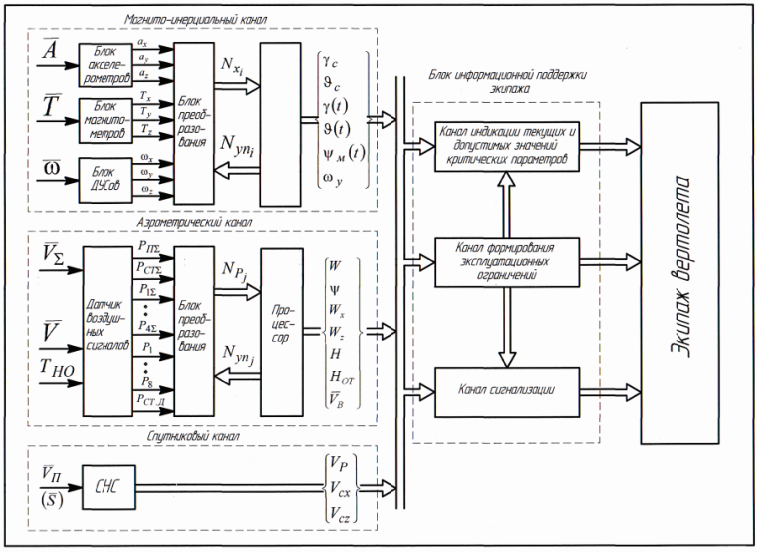


Рисунок 1 – Структурная схема системы обеспечения безопасности одновинтового вертолета на стоянке и взлетно-посадочных режимах

Магнито-инерциальный канал включает блок акселерометров, блок магнитометров и блок датчиков угловой скорости, которые измеряют составляющие a_x, a_y, a_z вектора $\overline{A}$ линейного ускорения вертолета, составляющие T_x, T_y, T_z вектора $\overline{T}$ напряженности магнитного поля в месте установки блока магнитометров, составляющие $\omega_x, \omega_y, \omega_z$ вектора $\overline{\omega}$ угловой скорости вращения вертолета относительно осей связанной системы координат. В блоке преобразования выходные сигналы соответствующих датчиков преобразуются в цифровые сигналы N_{x_i}, которые поступают в процессор. На выходе процессора формируются выходные сигналы магнито-инерциального канала по углам крена γ_c и тангажа ϑ_c на стоянке, текущим значениям угла крена $\gamma(t)$ и тангажа $\vartheta(t)$, по магнитному курсу $\psi_м$ и угловой скорости ω_y вращения вертолета вокруг вертикальной оси на взлетно-посадочных режимах.

Аэрометрический канал системы включает датчик воздушных сигналов, выполненный на основе неподвижного комбинированного аэрометрического приемника (рисунок 2) [5], воспринимающий вектор скорости ветра $\overline{W}$ и вектор $\overline{V}_\Sigma$ скорости результирующего воздушного потока вихревой колонны несущего винта, включающий вектор $\overline{V}$ воздушной

скорости набегающего воздушного потока за счет поступательного и бокового движения вертолета относительно окружающей воздушной среды, а также температуру $T_{\text{Н}}$ и давление $P_{\text{Н}}$ наружного воздуха на стоянке и взлетно-посадочных режимах.

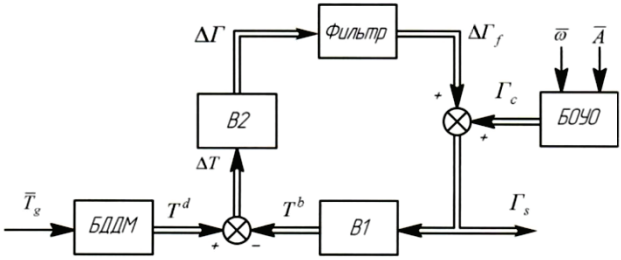


Рисунок 2 – Блок схема комплексного алгоритма определения углов наклона вертолета

На стоянке до запуска силовой установки и раскрутки трансмиссии многоканальный проточный аэрометрический приемник 1 воспринимает параметры вектора скорости $\overline{W}$ ветра. В соответствии с алгоритмом обработки массива давлений P_i, приведенным в работе [1], по выходным сигналам неподвижного многоканального проточного приемника в процессоре 5 вычисляются величина W и направление ψ вектора скорости $\overline{W}$ ветра.

Для получения информации о параметрах вектора скорости $\overline{W}$ ветра при запуске силовой установки и раскрутки трансмиссии, при рулении и маневрировании по земной поверхности, на взлете и при посадке, на режимах снижения и висения, когда неподвижный проточный аэрометрический приемник 1 находится в створе воздушного потока вихревой колонны несущего винта, искажающего набегающий на приемник воздушный поток, на наружной поверхности верхнего экранирующего дика 3 установлен дополнительный осесимметричный, например полусферический аэрометрический приемник, ось которого направлена вертикально плоскости диска 3.

Пневматические информативные сигналы $P_{\text{п}\Sigma}$, $P_{\text{ст}\Sigma}$, P_1, P_2, P_3, P_4 дополнительного аэрометрического приемника с помощью блока преобразования (рисунок 1) преобразуются в цифровые сигналы N_{y_c}, которые поступают в процессор. На выходе процессора в соответствии с алгоритмами, приведенными в работе [5], формируются выходные сигналы аэрометрического канала в виде величины W и направления ψ вектора скорости ветра $\overline{W}$, продольной W_x и боковой W_z составляющих вектора $\overline{W}$ скорости ветра, абсолютной H и относительной $H_{\text{от}}$ высоты полета вертолета, вертикальной скорости $V_y = dH/dt$, других составляющих вектора $\overline{V}_{\text{В}}$ истинной воздушной скорости вертолета.

Спутниковый канал (рисунок 1), построенный на основе спутниковой

навигационной системы (СНС), при маневрировании по земной поверхности регистрирует скорость руления $V_р$ и составляющие V_{cx}, V_{cz} скоростей продольного и бокового смещения вертолета относительно соответствующих осей земной системы координат.

Выходные сигналы магнито-инерциального, аэрометрического и спутникового каналов подаются в канал индикации текущих и допустимых значений критических параметров вертолета, в канал формирования допустимых эксплуатационных ограничений на критические параметры вертолета, в канал сигнализации о приближении текущих значений критических параметров к границам эксплуатационных ограничений блока информационной поддержки экипажа.

При построении алгоритма срабатывания сигнализации учитываются динамические характеристики и погрешности датчиков и преобразователей первичной информации, динамические свойства элементов контура штурвального управления, а также психофизиологические особенности пилота как элемента системы управления [1].

Рассмотренные принципы построения, алгоритмы работы каналов измерения и сигнализации являются исходными при проектировании и конструктивной проработки вариантов стартовой системы предупреждения критических режимов одновинтового вертолета [6].

Список литературы

1. Солдаткин В.М. Методы и средства построения бортовых информационно-управляющих систем обеспечения безопасности полета. Казань: Изд-во Казан. гос. техн. ун-та, 2004. 350 с.
2. Ерусалимский М.А., Егоров В.Н. Экипажам вертолетов – информационную поддержку // Авиасоюз. 2011. №2 (35). С. 24 – 25.
3. Солдаткин В.М., Архипов В.А., Олаев В.А., Углов А.А. Стартовая система предупреждения критических режимов одновинтового вертолета // Известия вузов. Авиационная техника. 2012. №2. С. 51 – 56.
4. Архипов В.А., Архипов А.В., Олаев В.А., Потапов А.А., Солдаткин В.М. Метод повышения точности малогабаритной магнитно-инерциальной навигационной системы // Труды VII Российской научно-технической конференции «Навигация, гидрография и океанография: приоритеты развития и инновации морской деятельности (НГО-2011)». (г. Санкт-Петербург, 18-20 мая 2011 г.) – Санкт-Петербург: ОАО «ГНИНГИ». 2011. С. 217 – 222.
5. Никитин А.В., Солдаткин В.В. Стартовая система измерения параметров ветра и составляющих вектора воздушной скорости одновинтового вертолета // Фундаментальные проблемы техники и технологии. 2012. №3. С. 113 – 121.
6. Патент РФ на полезную модель №122983, МПК B 64 D 45/00, G 08 G 5/00. Стартовая система предупреждения критических режимов одновинтового вертолета / Углов А.А., Архипов А.А., Архипов В.А., Олаев В.А., Солдаткин В.М., Никитин А.В., Потапов А.А., Солдаткин В.В., Макаров Н.Н., Деревянкин В.П., Кузнецов О.И., Моисеев К.Ю. Заявл. 30.03.2012. Опубл. 20.12.2012. Бюл. №36.

УДК 621.9.08:621.833.1:519.245

Duzhak V., Derbaba V. post-graduate, Patsera S., PhD
(State IHE «National Mining University», Dnipropetrovsk, Ukraine)

STATISTIC MODELING OF THE MEASUREMENT ERROR OF THE INVOLUTE DENT GEOMETRY

The structure of technological system is determined. Technological parameters are divided on 2 groups: influencing on tuning on a system and determining the accuracy of shaping. In parameters to a metrological block are parameters, which correspond to levels of systematic inaccuracy and random inaccuracy. Results are positive.

In this work six possible directions of using imitation stochastic models for solution the different technological problems reviewed. As a result of research one more variant of applying this modeling. Its objective is getting correspondence manufacturing defective factors from metrological characteristics the tool applied. Research is conducted for involute cog-wheels production.

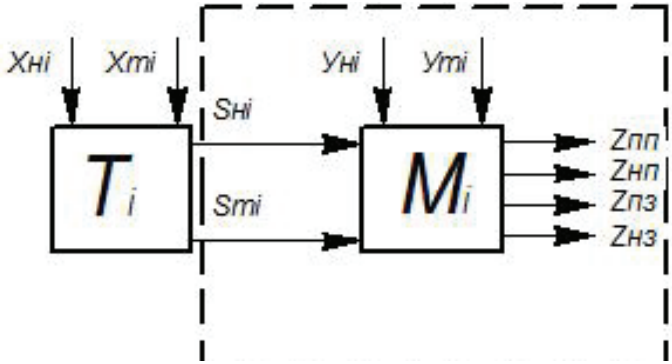
Quantative estimation of the influence the limiting error of the gear tool caliper, plus the influence of the allowance the diameter of top crest for controlling dent thickness on the outer cylinder of part blank without including its real size is a complicated problem. But it can be solved using statistic modeling method. In the same time random deviation of top crest are modeling, too [1].

The main choosing principles of instrument precision and control devices are examined at chapter XII, monograph [2]. Diagrams are cited here too, to value percents of wrong accepted and wrong rejected details while influencing of different distribution laws of controlled parameters. But, unfortunately, quite detailed description of admissions accepted is not in named project. Scientific work is about smooth coupling.

For error influence at involute dents investigation presorting results we used statistic imitation modeling method. We know [2,3] that imitation models repeat the behavior of system under investigation by analyzing the most important intercommunications parameters in it.

While modeling blocks are picked out, which show single shaping processes (technical blocks) and measuring blocks (metrological). The structure of a system concerned is presented as it consists of consistent blocks “black boxes” (pic.1). Then system consists from technological *Ti* and metrological *Mi* blocks. Technological block shows technical components: machine, jig, cutter, part blank. In its turn, metrological block in model is corresponding to the sizing tool and the method of parameters measuring.

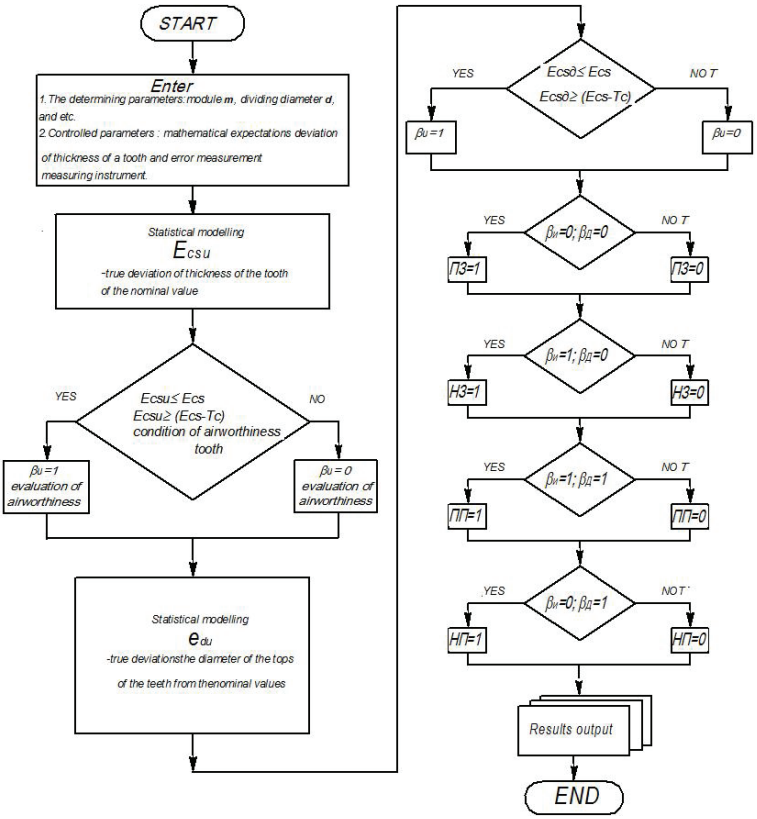
According to a structure on the picture 1 in parameters are shown for a technological block, which are signed *Хні, Хmі* , where the index *н* is corresponding to a parameter, which influence at tuning of the technological system, and the index *m* is corresponding to a parameter, which influence at precision of the technological system. Out parameters of the technological blocks, which are signed *Sні*, *Smі,* are the in parameters for metrological block. They show properties of the technological process of production without taking into account following passive control.



Pic.1 – The structure of the technical system model

Also in parameters for metrological block are parameters *Yнi*, *Ymi*, and their indexes are dividing them on 2 groups: parameters of systematic inaccuracy and random inaccuracy.

Defective factors in the model given are accepted as out factors –percent of details: $Z_{ПП}$ – right accepted; $Z_{НП}$ – wrong accepted; $Z_{ПЗ}$ – right rejected; $Z_{НЗ}$ – wrong rejected.



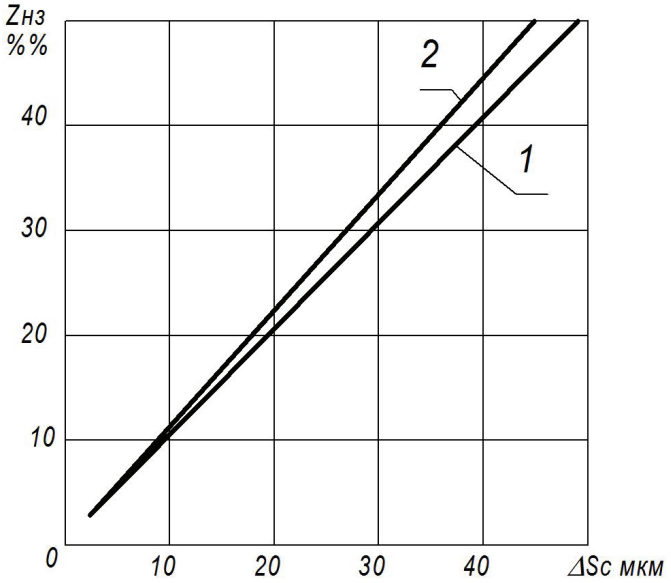
Pic. 2 Flow chart of the algorithm

Modeling realized using Microsoft Excel program. In lines the imitation modeling algorithm stages and results of modeling are shown. Method is called “The Monte-Carlo method”.

Conclusions

While modeling we determined:

1. Gear tool caliper error influence severe on the percent of wrong rejected dents for accuracy rating 6-7 for type of gear-mating H (pic. 2).
2. It is possible to recommend gear tool calipers for dent thickness control, which have limiting error no more than U=± 2 mkm if 7 and 8 accuracy rating of involute cog-wheel used. Accuracy finish needs to be toughened by 1-2 numbers in comparison with finishes recommended [4, c. 351]



Pic. 3 Dependence of the wrong rejected details percent from value limiting error of gear tool caliper for dents accuracy rating 6H for:
1–sixth finish of top crest diameter;
2– seventh finish of top crest diameter

References

1. Леонов С.Л. Обеспечение геометрических параметров качества деталей на основе прогнозирования законов распределения методами имитационного стохастического моделирования. Диссертация на соискание ученой степени д.т.н. Алтайский ГТУ имени И.И. Ползунова. Барнаул – 2009. С.471

2. Взаимозаменяемость и технические измерения в машиностроении. В.А. Балакшин, С.С. Волосов, И.В. Дунин-Барковский, А.Н. Журавлев, В.П. Коротков, А.Я. Ростовых, Б.А. Тайц, О.Ф. Тищенко, А.И. Якушев. М. «Машиностроение», 1972, С.616

3. Влияние расширенной неопределенности на риски изготовителя и заказчика при измерении толщины зуба/ В.А. Дербаба, В.И. Корсун, С.Т. Пацера// Системи обробки інформації. – Харків. – 2011 – Вип.1 (91).

УДК 681.518:658.58(075)

Р.Н. Хисамов, магистрант Ульяновского государственного технического университета. (ОАО «УКБП», Россия, г. Ульяновск)
С.К. Киселев, д.т.н., доцент кафедры «Измерительно вычислительные комплексы», начальник Управления информатизации Ульяновского государственного технического университета, Россия, г. Ульяновск.

ФОРМАЛИЗАЦИЯ И МОДЕЛИРОВАНИЕ ТРЕБОВАНИЙ К СИСТЕМАМ АВИОНИКИ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ РАЗРАБОТКИ

Рассмотрен подход к автоматизации разработки тестов систем авионики на основе формализации и моделирования требований к ним.

Необходимость сокращения сроков разработки новых изделий со встроенным программным обеспечением требует новых подходов к реализации таких проектов. Одним из возможных подходов является, например, использование в изделии готовых модулей «Of-the-shelf». Благодаря данной технологии значительно сокращаются затраты на проект, но при этом не должно снижаться качество изделия. Качества изделия обеспечивается через разработку и управление требованиями на него. Поэтому составление грамотных и четких требований является ответственным и трудоёмким процессом. При этом особенно важна согласованность требований, которые служат основой для планирования, управления, приемочного тестирования и корректировки изделия.

Разработка требований не является единичной фазой в жизненном цикле изделия, которая выполняется и заканчивается в начале разработки продукта. Требования необходимы на каждом этапе проекта. Рассмотрим, например, самую последнюю фазу проекта - приемочные испытания. На вопрос «в соответствии с чем должны выполняться приемочные испытания?» есть ответ - «в соответствии с пользовательскими требованиями». Таким образом, очевидно, что требования, разработанные в самом начале проекта, используются на его самом последнем этапе [1].

Рассмотрим классическую V-модель формирования требований при реализации сложного проекта [2]. Данная модель описывает различные стадии проекта, отображает связь между требованиями и тестированием. V-модель также отображает системную разработку в терминах уровней (layers), где каждый уровень соотноситься с определенным этапом разработки. Несмотря на то, что на каждом уровне могут быть использованы несколько различных процессов, основной принцип работы с требованиями не меняется.



Рисунок 1 - V-модель работы с требованиями при реализации сложного проекта

Согласно данной модели требования тесно связаны с тестированием. Тестирование это любое действие, направленное на выявление и предотвращение дефектов в системе, где дефект это отклонение от требований.

Проверка должна начинаться как можно раньше, так как откладывание тестирования до конца разработки может привести к значительным расходам и последующей необходимости вносить изменения в спецификации и переделывать систему в случае обнаружения даже малейшей ошибки. Проверка начинается на этапе разработки спецификаций системы и состоит в рецензировании требований, инспекции спецификаций и применении различных форм моделирования системы [1].

На рис. 2 показана V-модель дополненная стратегией проверки системы в процессе разработки. На левой стороне V-модели (горизонтальная часть рисунка) показаны методы проверки, применяемые на ранних этапах. На правой стороне показаны методы, применяемые на более поздних этапах. V-модель наглядно отображает необходимость проведения индивидуального тестирования каждого уровня требований. При проведении каждого этапа тестирования возникает потребность в создании тестов, в результате которых можно сделать заключение о выполнении предъявляемых требований.

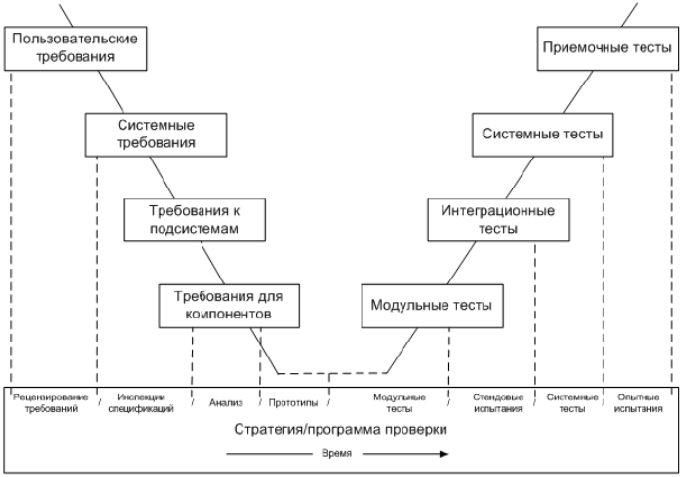


Рисунок 2 - V-модель цикла разработки и стратегия проверки системы

Если применить данный подход к современным системам авионики, то основной проблемой при его реализации будет то, что на этапе стендовых испытаний на данный момент все тесты разрабатываются вручную. Основными недостатками ручной разработки тестов являются:

1) высокая трудоёмкость;

2) большое количество ошибок, вызванных человеческим фактором.

Для устранения этих недостатков необходимо автоматизировать процесс написания тестов. Автоматизация позволит:

1) значительно снизить трудоемкость процесса;

2) устранить ошибки, вызванные человеческим фактором;

3) уменьшить время, затрачиваемое на тестирование системы.

Как правило, в настоящий момент требования представляют собой обычный текст, описывающий функции системы. Для автоматизации обработки требований необходимо их формализовать и создать некую математическую или графическую модель.

Рассмотрим формализацию требований на примере программы функционирования комплексной системы электронной индикации и сигнализации при отображении кадра информации по силовой установке и вертолетным системам в эксплуатационных режимах (кадр общевертолетного оборудования - ОВО).

Основные элементы кадра ОВО приведены в таблице 1

Таблица 1

Основные элементы кадра ОВО

1	2	3	4	5	6
Обозначение	Счетчик	Шкала	Индекс	Указатель	Признак

Наиболее информативно ёмкими являются требования для счетчиков. Данные требования могут иметь, например, следующий вид:

Счетчик давления масла правого двигателя

Счетчик давления масла правого двигателя должен быть трехразрядным, зеленого цвета. Счетчик должен отображаться в зависимости от параметра

P_OIL_R,

где

P_OIL_R – Давление масла правого двигателя.

Диапазон индикации должен быть от 0 до 5 кГс/см^2.

Точность индикации должна быть до 0,1 кГс/см^2.

Не значащие нули отображаться не должны.

Счетчик должен окрашиваться в желтый цвет в диапазоне $2 \le P_OIL_R < 3$ и в диапазоне $4 < P_OIL_R \le 4{,}8$

при

P_ MTR _01 v P_ MTR _02,

где

P_ MTR _01– Двигатель правый работает;

P_ MTR _02 – Двигатель правый - автоматика запуска включена.

Счетчик должен окрашиваться в красный цвет:

в диапазоне $P_OIL_R < 2$ и в диапазоне $P_OIL_R > 4{,}8$

при

P_ MTR _01 v P_ MTR _02,

где

P_ MTR _01– Двигатель правый работает;

P_ MTR _02 – Двигатель правый - автоматика запуска включена.

Вместо счетчика должен отображаться диагональный крест «✕» красного цвета при недостоверном значении параметра P_OIL_R.

Далее на примере требований к счетчику показано первичное преобразование текста, с выделением основной информационной части. После преобразования текст требований имеет следующий вид:

Счетчик «давления масла правого двигателя», «трехразрядный», «зеленого цвета» , «P_OIL_R», «от 0 до 5 кГс/см^2», «0,1 кГс/см^2», «желтый», «$2 \le P_OIL_R < 3$», «$4 < P_OIL_R \le 4{,}8$», «P_MTR_01 v P_MTR_02», «красный крест».

Согласно данным преобразованиям формализуем основные требования к счетчику. Введем обозначения:

-Что (счетчик и т.д.)	[A1]
-Наименование	[A2]
-Разрядность	[A3]
-Расположение	[A4]
-Параметр	[Z]
-Точность	[Y]
-Основной цвет	[B0]
-Основной диапазон	[X0]
-Условие отображения	[C0]

-Цвет перекраски [Bn]
-Диапазон перекраски [Xn]
-Условие перекраски [Cn]
-Недостоверность данных [A5]

Для автоматизации составления теста, данной формализации недостаточно, необходимо разработать графическую или математическую модель требований. На основе преобразованного текста и формализованных требований составлена графическая модель, представленная на рисунке 3.

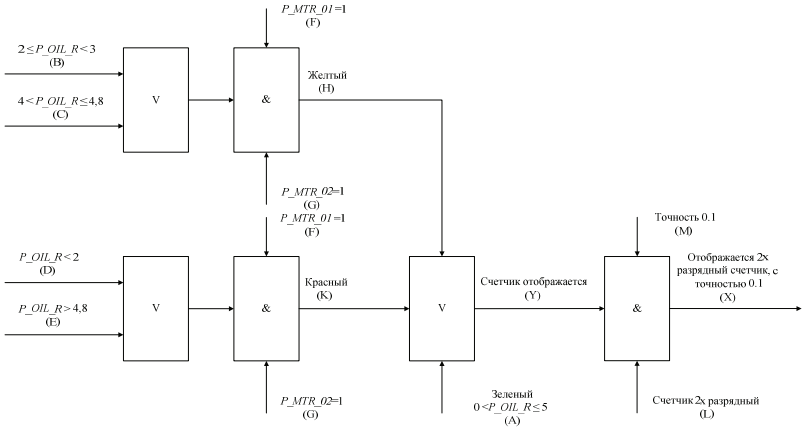


Рисунок 3 - Графическая модель требований к счетчику

Графическая модель охватывает все требования, предъявленные к отображению счетчика. Не затронутым остается лишь требование по отображению информации при недостоверных данных. Исходя из составленной схемы выведено математическое выражение:

X=M & L & (A V (F & G & (D V E)) V (F & G &(B V C))).

По полученному выражению можно автоматически составить тест проверки отображения счетчика. Исходя из составленного математического выражения и формализации требований составлена структура конечного теста. Тест имеет вид:

```
A1,A2,A3,A4
for i=MIN to MAX step Y
{
Z=i
for j=0 to j<2
        {
        C0=j
        If i=X0 and C0=1
                {
                B0
                for k=0 to k<2
```

```
                    {
                    Cn=j
                    if j=Xn and Cn=1
                            {
                            Bn
                                    }
                            }
                    }
            }
    }
    A5
```

Аналогичным образом могут быть составлены модели и тесты для других отображаемых в кадре ОВО параметров.

Вывод

Таким образом, автоматизация создания тестов на различных этапах разработки систем авионики может решаться на основе формализации и моделирования требований к ним. Это позволит сократить время на тестирование и отладку системы, повысить ее качество в смысле большего соответствия требованиям.

Список литературы

1. Э. Халл, К. Джексон, Д. Дик. Разработка и управление требованиями. Практическое руководство пользователя. USA, 2005. – 229с.
2. Clarus Concept of Operations. Publication No. FHWA-JPO-05-072, Federal Highway Administration (FHWA), 2005

УДК 004.056:004.415.532(045)

К. П. Ануфрієнко, к.т.н. НАУ, стар. викл., А. Б. Бородуліна, студент
(Національний авіаційний університет, Україна, м. Київ)

ОБҐРУНТУВАННЯ ДОЦІЛЬНОСТІ ВИБОРУ ФРЕЙМВОРКУ PEACH ДЛЯ РОЗРОБКИ СПЕЦІАЛІЗОВАНИХ ФАЗЗЕРІВ

Розглянуто застосування методу аналізу ієрархій в обґрунтованому прийнятті рішення щодо вибору фаззінгового фреймворку, реалізованого на технологіях мови Python, для розробки спеціалізованих фаззерів.

Існує чимало різноманітних фаззінгових платформ, наприклад, Spike, Peach, SNOOZE, FileFuzz, Antiparser, Dfuz, SPIKE, GPF, Autodafé, Fuzzled, Sulley та інші [1; 2]. Частина з них написані на мові програмування Python, адже він відрізняється від багатьох інших мов високою гнучкістю і динамічністю. Відомо принаймні три фаззінгові фреймворки (ФФ), які були реалізовані з використанням технологій мови Python — це Peach, Antiparser та Sulley [2]. Перевагою таких фреймворків є незалежність від програмно-апаратної платформи: для роботи підійде будь-яка операційна система, яка підтримує мову Python.

При розробці спеціалізованих фаззерів актуальним є питання обґрунтованого вибору ФФ. Тобто слід провести аналіз альтернативних варіантів ФФ. В якості критеріїв візьмемо суттєві для розробки фаззерів на початковому рівні характеристики ФФ [2]: можливість повторного використання коду (ПВК); доступність використання (ДВ); автоматизація формування формату протоколу (АФФП) [3]. Порівняння у табл. 1 не дає нам однозначної відповіді про те, яка альтернатива краща, тому використаємо метод аналізу ієрархії для обґрунтованого прийняття рішення.

Таблиця 1.

Порівняльний аналіз фаззінгових фреймворків на платформі Peach

ФФ	ПВК	ДВ	АФФП
Peach	гнучке	доступна документація	моделювання субкомпонентів протоколу
Anti-parser	ручне	просте використання; дуже бідна документація	—
Sulley	гнучке	докладна документація	блокове подання

Ієрархічну модель проблеми вибору фаззінгового фрейморку на мові Python зображено на рис. 1.

Проведемо експертну оцінка переваг і побудуємо матриці переваг. Для моделі, показаної на рис. 1, потрібно побудувати такі матриці: одну матрицю розмірами 3*3 на першому рівні ієрархії (табл. 2), три матриці розмірами 3*3 на другому рівні (табл. 3-5).

Далі виконаємо розрахунки векторів локальних переваг. Результати розрахунків, виконані за відомими відповідними формулами [4], подані в табл. 6.

Проведемо оцінку узгодженості суджень експертів (узгодженості матриць переваг).

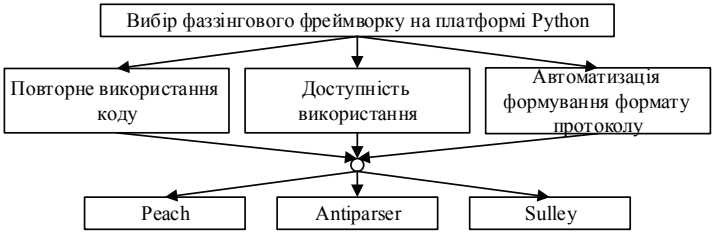


Рис. 1. Ієрархічна модель проблеми вибору фаззінгового фрейморку на мові Python

Таблиця 2.

Матриця парних порівнянь критеріїв

Критерій		1	2	3
ПВК	1	1	5	1/2
ДВ	2	1/5	1	1/7
АФФП	3	2	7	1

Таблиця 3.

Матриця парних порівнянь варіантів ФФ за критерієм ПВК

Альтернативи		1	2	3
Peach	1	1	2	9
Sulley	2	1/2	1	8
Antiparser	3	1/9	1/8	1

Таблиця 4.

Матриця парних порівнянь варіантів ФФ за критерієм ДВ

Альтернативи		1	2	3
Peach	1	1	1/2	6
Sulley	2	2	1	7
Antiparser	3	1/6	1/7	1

Таблиця 5.

Матриця парних порівнянь варіантів ФФ за критерієм АФФП

Альтернативи		1	2	3
Peach	1	1	4	9
Sulley	2	1/4	1	7
Antiparser	3	1/9	1/7	1

Таблиця 6.

Результати розрахунку матриці пріоритетів першого рівня

Характеристика	1	2	3	V_i	P_i	S_j	P_i*S_j
ПВК	1	5	0,5	1,357	0,333	3,2	1,0656
ДВ	0,2	1	0,143	0,306	0,075	13	0,975
АФФП	2	7	1	2,41	0,592	1,643	0,9727
Сума	3,2	13	1,643	4,073	1	17,843	3,0133

Як міру узгодженості матриці парних порівнянь використовують два показники: індекс узгодженості (*іу*) та відношення узгодженості (*ву*).

Індекс узгодженості розраховують за формулою:

$$іу = \frac{\lambda_{\max} - n}{n-1}$$

Тут $\lambda_{\max}$ — найбільше власне значення матриці парних порівнянь; n — розмірність матриці (в даному випадку n =3).

Відношення узгодженості (*ву*) дорівнює відношенню індексу узгодженості *іу* до випадкового індексу *ві* (в нашому випадку *ві* = 0,58):

$$ву = \frac{іу}{ві}$$

Розраховуємо індекс узгодженості матриці

$$iy = \frac{\lambda_{\max} - n}{n-1} = \frac{3{,}0133 - 3}{3-1} = \frac{0{,}0133}{2} = 0{,}00665$$

і відношення узгодженості

$$ву = \frac{iy}{ві} = \frac{0{,}00665}{0{,}58} = 0{,}0115 .$$

Відношення узгодженості матриці відповідає умові, при якій матрицю вважаємо достатньо узгодженою, а саме воно не перевищує величини 0,1. Отже, результати експертизи можемо вважати задовільними і результат розрахунку локального вектора пріоритетів даної матриці використати для подальших розрахунків.

Розрахунки власних векторів і перевірка ступеня узгодженості суджень виконані для всіх матриць моделі (табл. 7-9).

Таблиця 7.

Результати розрахунку вектора пріоритетів для критерію ПВК

ПВК	1	2	3	V_i	P_i	S_i	P_i*S_i
Peach	1	2	9	2,621	0,589	1,611	0,95
Sulley	0,5	1	8	1,587	0,357	3,125	1,116
Antiparser	0,111	0,125	1	0,24	0,054	18	0,972
Сума	1,611	3,125	18	4,448	1	L_{max}	3,038

Індекс узгодженості iy = 0,019. Відношення узгодженості $ву$ = 0,033.

Таблиця 8.

Результати розрахунку вектора пріоритетів для критерію ДВ

ДВ	1	2	3	V_i	P_i	S_i	P_i*S_i
Peach	1	0,5	6	1,44	0,35	3,167	1,08
Sulley	2	1	7	2,41	0,58	1,643	0,95
Antiparser	0,167	0,143	1	0,29	0,07	14	0,98
Сума	3,167	1,643	14	4,14	1	L_{max}	3,01

Індекс узгодженості iy = 0,005. Відношення узгодженості $ву$ = 0,0086.

Таблиця 9.

Результати розрахунку вектора пріоритетів для критерію АФФП

АФФП	1	2	3	V_i	P_i	S_i	P_i*S_i
Peach	1	4	9	3,3	0,7	1,361	0,95
Sulley	0,25	1	7	1,205	0,25	5,143	1,29
Antiparser	0,111	0,143	1	0,251	0,05	17	0,85
Сума	1,361	5,143	17	4,756	1	L_{max}	3,09

Індекс узгодженості iy = 0,045. Відношення узгодженості $ву$ = 0,078.

Розраховані величини відношень узгодженості всіх матриць задовольняють умові узгодженості. Компоненти векторів пріоритетів, одержані в результаті розрахунків, є оцінкою пріоритету кожної з альтернатив за певним критерієм.

Отримані результати розрахунків можна представити у вигляді ієрархічної моделі прийняття рішень (рис. 2).

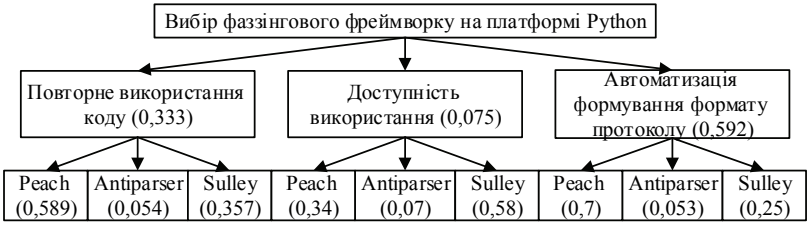


Рис. 2. Ієрархічна модель прийняття рішення

Оцінка трьох варіантів ФФ заснована на обчисленні комбінованого вагового коефіцієнта для кожного з них.

Peach: 0,333 * 0,589 + 0,075 * 0,34 + 0,592 * 0,7 = 0,636.

Sulley: 0,333 * 0,357 + 0,075 * 0,58 + 0,592 * 0,25 = 0,31.

Antiparser: 0,333 * 0,054 + 0,075 * 0,07 + 0,592 * 0,053 = 0,054.

Висновки

У результаті проведених розрахунків Peach отримує найвищу комбіновану вагу (0,636), і тому доцільно прийняти рішення — обрати фреймоврк Peach для розробки спеціалізованих фаззерів. Зауважимо, що такий критерій як наявність евристик атак, який характеризує тільки Sulley, не розглядався для порівняння альтернатив у даному дослідженні. Якщо цей критерій буде важливим для розробників, врахування цього критерію може вплинути на прийняття рішення.

Список літератури

1. Саттон М. Fuzzing: Исследование уязвимостей методом грубой силы / Майкл Саттон, Адам Грин, Педрам Амини. — Пер. с англ. — СПб. : Символ-Плюс, 2009. — 560 с. — ISBN 978-5-93286-147-9.

2. Ануфрієнко К. П. Огляд інтегрованих середовищ фаззінгу / Кирило Петрович Ануфрієнко // АВІА-2011 : Матеріали X міжнародної науково-техн. конф. — К. : НАУ, 2011. — Т.1. — С. 2.14–2.17.

3. Ануфрієнко К. П. Порівняльний аналіз фаззінгових фреймворків / М. Г. Луцький, М. М. Чепілко, К. П. Ануфрієнко // Захист інформації. — 2011. — № 1. — С. 101–105.

4. Горбань О. Основи теорії систем і системного аналізу : Навчальний посібник / Олександр Миколайович Горбань, Володимир Євгенович Бахрушин. — Запоріжжя: ГУ «ЗІДМУ», 2004. — 204 с. — ISBN 966-8227-23-9.

УДК 004.891.3:004.056 (043.2)

А.І. Гізун
(Національний авіаційний університет, Україна)

БАЗОВА АРХІТЕКТУРА ПІДСИСТЕМИ НЕЙТРАЛІЗАЦІЇ ВПЛИВУ КРИЗОВИХ СИТУАЦІЙ

У статті розглянуто проблеми захисту ресурсів інформаційних систем в умовах дії кризових ситуацій. Проаналізовані статистичні дані щодо кризових ситуацій різного (природного, техногенного, соціального) походження та дані стосовно існуючих розробок технічних систем управління процесами безперервності бізнесу. В роботі запропонована архітектура підсистеми нейтралізації впливу кризових ситуацій. Така система надає можливість забезпечувати управління безперервністю бізнесу на всіх стадіях, зазначених в стандартах та типових планах безперервності бізнесу: прогнозування, виявлення та ідентифікація кризових ситуацій, управління процесами нейтралізації і ліквідації наслідків кризових ситуацій.

Однією з найбільш суттєвих і розповсюджених загроз безпеці будь-якого підприємства, установи чи організації (інформаційній, фізичній, економічно-фінансовій, безпеці загалом) є кризові ситуації (КС). Для вирішення проблеми управління бізнес-процесами і інформаційними ресурсами в умовах КС була створена концепція управління безперервністю бізнесу (УББ), яка на даний момент є найбільш актуальним і динамічним за темпами розвитку напрямом стратегічного та оперативного менеджменту [1].

Останні статистичні дані чітко показують ріст числа КС різного роду та характеру. Так наведені в [2] статистичні дані чітко показують, що кількість гідрометеорологічних кризових ситуацій на 2000 рік в порівнянні з 1950 зросла майже в 25 раз, геологічних – в 8 раз, а біологічних – близько в 50. За даними [3] у 2010 році кількість зареєстрованих лих наближається до середнього значення протягом 2000-2009 років (387). Число жертв зросло з 198 700 000 у 2009 році до 217,3 млн. в 2010 році, але залишилася нижче середньорічного числа жертв 227500000 протягом 2000-2009 років. Економічні збитки від стихійних лих в 2010 році більш ніж в 2,5 рази вищі ніж в 2009 (47,6 млрд. $ США) і збільшились на 25,3% в порівнянні з середньорічним показником (98,9 млрд. $ США).

На сьогоднішній день процеси УББ описано в міжнародних стандартах та специфікаціях, серед яких слід відмітити BS ISO/IEC 17799:2005, BS 25999, NIST ST800-34, NFPA 1600, AS/NZ 5050, SS540:2008, COOP, HIPAA Gramm-Leach-Bliley, The Expedited Funds Availability, SAS 78/94.

Аналіз робіт [1, 4-6] показав достатній розвиток нормативно-правової бази концепції УББ, її організаційних методів (створення аварійних груп реагування, процеси аналізу впливу на бізнес тощо). Проте з точки зору технічної реалізації на даний момент розроблені лише програмні засоби для розрахунку ризиків та для документаційного оформлення так званого плану

забезпечення безперервності бізнесу (Business Continuity Plan, BCP). Тому розробка системи прогнозування та попередження КС є актуальною задачею.

Метою даної роботи є підвищення захищеності підприємства та автоматизація процесів управління в умовах КС за рахунок розробки експертної системи прогнозування та попередження кризових ситуацій (ЕСППКС). В роботі [7] була розроблена архітектура підсистеми прогнозування і ідентифікації КС (ППІКС), що входить до складу ЕСППКС. Тому актуальним завданням для досягнення мети є побудова модульно-логічної структури підсистеми нейтралізації впливу КС та зменшення рівня руйнувань, спричинених ними (ПНВКС), тобто розробка її архітектури.

Спрогнозувавши КС і виконавши запобіжні заходи не завжди можна досягнути ефекту повного захисту. ПНВКС по суті є другим захисним кордоном підприємства від впливу КС. Підсистема контролює та управляє зовнішніми обслуговуючими комунікаціями (водо- та газопроводами, лініями електропередач), щоб пом'якшити небезпеку під час лиха або інших надзвичайних ситуацій. Після виникнення КС система за потреби від'єднує зовнішні комунікації. При відсутності загрози комунікації знову під'єднуються. Функціонування ПНВКС подібне до роботи системи описаної в патенті [8].

На рис 1. зображена архітектура ПНВКС, причому підсистема представлена в вигляді окремих модулів, а ППІКС, що входить до складу ЕСППКС, – одним суцільним модулем.

Робота ПНВКС запускається в момент отримання сигналу тривоги, який формується в модулі ідентифікації КС та підняті тривоги ППІКС і поступає разом з рекомендаціями стосовно необхідних дій в стані КС.

Вхідними даними власне підсистеми в даному випадку виступають параметри середовища будівлі, враженої КС (наявність вогню, підтоплення, концентрація газу в приміщені тощо), які фіксуються датчиками контролю приміщення, і параметри стану самих комунікацій (наявність розривів і т. п.) - фіксуються датчиками контролю комунікацій.. Обидві групи датчиків входять до модулю вторинних датчиків.

Зібрані датчиками контролю приміщення дані передаються до модуля обробки. Тут вони формуються в один окремий кортеж КР, на основі якого приймається рішення про доцільність від'єднання чи збереження в робочому стані комунікацій.

Сформований кортеж передається до модуля прийняття рішень, куди також передаються дані з датчиків контролю комунікацій. Отримана послідовність Р з кортежу КР і даних стану комунікацій D_{kk} порівнюється з послідовностями PN з бази знань ПНВКС. База знань формується експертами і вміщує в собі можливі варіанти кортежів станів комунікацій і відповідні їм рішення. При співпадінні порівнюваних послідовностей приймається відповідне їм рішення. Наприклад, при фіксації датчиками контролю приміщення пожежі і збережені цілісності водопроводів приймається рішення про припинення подачі газу, вимкнення ліній електропередач, проте зберігається подача води, що може бути корисним в процесі гасіння.

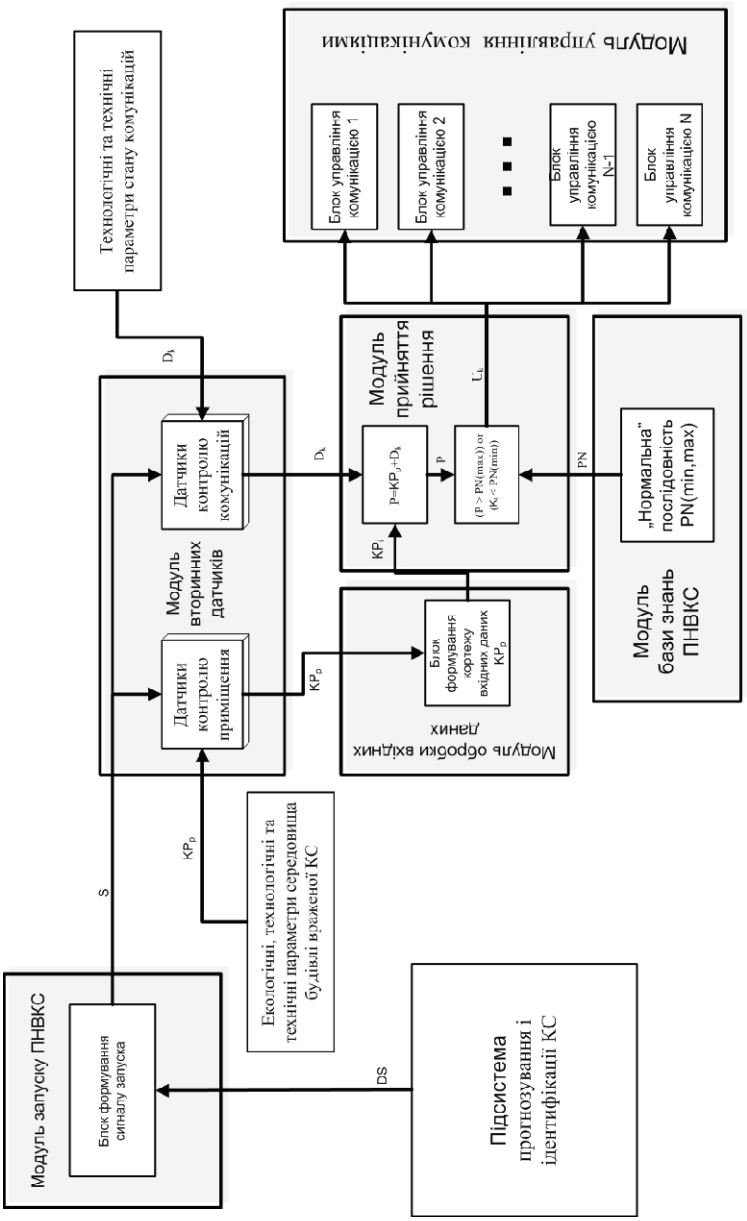


Рис. 1. Модульно-логічна структура ПНВКС

Прийняте рішення передається до блоку управління кожної з комунікацій, яка і здійснює від'єднання приміщення від комунікацій, а також їх повторне підключення. Оскільки кількість і види контрольованих комунікацій за потреби можуть бути змінені відповідно змінюється і модуль управління комунікаціями. Підсистема працює циклічно з певним періодом. При зникненні деяких з чинників КС чи появі нових ПНВКС знову приймає рішення і здійснює підключення/відключення комунікацій.

Висновки

В роботі запропонована архітектура ПНВКС, що складається з 6 модулів, а саме з модуля запуску ПНВКС, вторинних датчиків, обробки вхідних даних, прийняття рішення, управління комунікаціями і бази знань та представлені структурно-логічні зв'язки між ними. ПНВКС входить до складу ЕСППКС. В наступних роботах доцільно більш детально розглянути процедуру формування кортежів, пороговий механізм в модулях прийняття рішення ПНВКС та ППІКС, дослідити частоти появи помилок 1-ого та 2-ого роду.

Список літератури

1. *Петренко С.А.* Управление непрерывностью бизнеса. Ваш бизнес будет продолжаться / С.А. Петренко, А.В. Беляєв – М.: ДМК-Пресс, Компания АйТи, 2011. – 400 с.
2. EM-DAT: The OFDA/CRED International Disaster Database [Електронний ресурс] / UCL - Brussels, Belgium. – Режим доступу: http: //www.em-dat.net.
3. *Guha-Sapir D.* Annual Disaster Statistical Review 2010 [Електронний ресурс] / Debby Guha-Sapir, Femke Vos, Regina Below, Sylvain Ponserre // Centre for Research on the Epidemiology of Disasters (CRED). – Режим доступу: http://www.cred.be/sites/default/files/ADSR_2010.pdf.
4. *Van Bon Jan*. ИТ СЕРВИС–МЕНЕДЖМЕНТ. Вводный курс на основе ITIL / Jan Van Bon. – Van Haren Publishing, по заказу ITSMF Netherlands, 2003. – 72 с.
5. *Harris S.* CISSP Certification All-in-One Exam Guide / S. Harris. – McGraw-Hill Osborne Media, 2010. – 5th edition. – 1216 p.
6. Business continuity management. Code of practice: BS25999-1:2006 – BSI British Standards, 2006 – 28p. Specification: BS25999-2:2007 – BSI British Standards, 2007. – 38p.
7. *Гізун А. І.* Базова архітектура експертної системи прогнозування та попередження кризових ситуацій / А. І. Гізун, Ю.Б. Іванчук // Безпека інформаційних технологій (ITSEC-2012) : II науково-технічна конференція : Збірник тез. – К. : НАУ, 2012. – С. [3-5].
8. Patent No.: US 6266579 Bl. System for reducing disaster damage / Mohammad Reza Baraty. – № 09/022.667; заявл. February 12, 1998; опубл. July 24, 2001.

УДК 004.056(043.2)

С.В. Казмірчук, к.т.н., доцент,
А.Ю. Гололобов , аспірант, К.В. Нікітіна, студент,
(Національний авіаційний університет, Україна)

ПРОГРАМНА СИСТЕМА ПІДТРИМКИ ПОБУДОВИ МОДЕЛІ ЗАГРОЗ

Стрімкий розвиток ІТ-інфраструктури підприємств спричиняє неконтрольоване зростання кількості загроз і вразливостей інформаційних ресурсів. У цих умовах розробка моделі загроз дозволяє визначити необхідний рівень захисту інформації і розробити стратегію розвитку інформаційної структури підприємства. Представлена програмна система побудови такої моделі, яка на основі вказаних експертом з інформаційної безпеки параметрів, дозволяє відображати у вигляді звіту основні характеристики загроз та розподіляти їх за класами.

Із стрімким розвитком інформаційних технологій зростає і кількість загроз інформаційної безпеки (ІБ). Визначення їх повної множини на практиці є достатньо складним завданням, але відносно повний опис їх, стосовно до об'єкту захисту, може бути представлений при детальному складанні моделі загроз (МЗ), створення якої базується на аналізі та оцінці ризику (АОР) [2].

У зв’язку з цим, на підприємствах, установах і організаціях, незалежно від форм власності, все більше значення надають створенню надійної системи ІБ, яка дозволить забезпечити високий рівень захисту від «неврахованих» загроз. Для цього реалізовуються такі заходи, як, наприклад, побудова комплексної системи захисту інформації (КСЗІ), системи менеджменту ІБ (СМІБ) та інше.

На сьогоднішній день розробляються нормативні документи, стандарти, методики та методології, які відображають в собі технології оцінки захищеності інформації в КСЗІ. В них описано поетапний аналіз КСЗІ та перелік необхідних заходів, таких, наприклад, як: ідентифікація ресурсів та загроз; оцінка ризиків; побудова МЗ та моделі порушника.

Основоположними етапами при визначені рівня захищеності інформації в КСЗІ є ідентифікація та ранжування за цінністю інформаційних ресурсів, оцінка ризиків втрати цих ресурсів та побудова МЗ. Важливим завданням експерта з ІБ, який займається розробкою КСЗІ, є оптимізація процесу організації та забезпечення ІБ. Для того, щоб прискорити та структурувати процес розробки КСЗІ, актуальною буде задача зі створення програмної системи підтримки побудови МЗ, яка на основі вказаних, експертом з ІБ, параметрів, у вигляді автоматизованого звіту, відображає основні характеристики загроз та розподіляє їх за класами.

У зв’язку з цим метою даної роботи є визначення основних складових компонентів МЗ та створення автоматизованої системи підтримки її побудови, яка дозволить спростити процес розробки відповідної моделі. Визначення складових компонентів МЗ здійснюється на основі аналізу документації з оцінки захищеності інформації та побудови КСЗІ. Аналіз проводився в декілька етапів.

На першому етапі, в ході дослідження та аналізу літератури у сфері захисту інформації, було виділено основні документи, які містять перелік можливих загроз ІБ і їх характеристики, порядок проведення оцінки захищеності КСЗІ та порядок проведення робіт з експертизи КСЗІ: НД ТЗІ 3.7-003-05; НД ТЗІ 2.6-001-11; НД ТЗІ 2.7-009-09; НД ТЗІ 1.4-001-00; ISO IEC 27005-2008; РС БР ИББС-2.2-2009; Стандарт BSI-100-2.

На другому етапі проведення аналізу та дослідження нормативних документів України і міжнародних практик з оцінки захищеності інформації, було визначено основні складові компоненти МЗ: 1) природа виникнення; 2) ступінь навмисності; 3) джерело загроз; 4) стан джерела загроз; 5) поточне місце розміщення інформації, що зберігається і обробляється в інформаційній системі [1].

Аналіз основних міжнародних та національних методик з оцінки захищеності дозволяє зробити висновки щодо структури МЗ, але цього не достатньо. Для того, щоб створити програмну систему для її побудови, необхідно дослідити відповідне існуюче програмне забезпечення. Наприклад, в Росії реалізовано програмний комплекс WINGDOC, який у напівавтоматичному режимі створює пакет організаційно-розпорядчої документації, включаючи МЗ і технічне завдання. Цей комплекс має модульну архітектуру, до її складу, якого входять:

1) «Модель загроз ІСПДн» - виконує автоматичне складання МЗ згідно з документом «Методика визначення актуальних загроз безпеки персональних даних при їх обробці у відповідних інформаційних системах»;

2) «Модель загроз ІСПДн-к» - допомагає розробляти МЗ і порушника у відповідності з документом ФСБ Росії, № 149/5-144, 2008 р.;

3) «Документи» - забезпечує автоматичне створення організаційно-розпорядчих документів щодо захисту персональних даних;

4) «Технічне завдання» - працює з проектами модулів «Модель загроз ІСПДн» та/або «Модель загроз ІСПДн-к» і за списками загроз, який був складений даними модулями, програма формує список вимог, необхідних для нейтралізації загроз з урахуванням нормативно-методичних документів Росії. Результатом роботи цього модуля є вихідний документ - «Технічне завдання на створення системи захисту ІСПДн» [4].

Ця програма є потужним засобом для побудови МЗ у сфері захисту інформації, але може застосовуватися лише в Росії, оскільки модулі цієї програми працюють відповідно до нормативно-правової бази цієї країни. Саме тому використання цього продукту в українському інформаційному просторі для оцінки захищеності інформаціє є проблематичним.

Слід зауважити, що в Україні розроблено нормативний документ із зазначенням основних принципів і вимог до розробки МЗ, а саме Додаток «Методичні вказівки щодо структури та змісту Плану захисту інформації в автоматизованій системі» до [1], але програмної системи підтримки побудови її ще й досі не було реалізовано. З використанням результатів аналізу та дослідження, була запропонована автоматизована система побудови МЗ. До складу основних компонентів цієї системи включено:

1) перелік інформаційних ресурсів;

2) перелік суттєвих загроз і для кожної з них зазначено на порушення яких базових характеристик безпеки інформаційних ресурсів вони спрямовані (конфіденційності, цілісності, доступності інформації), джерела виникнення (які суб'єкти, зовнішні по відношенню до неї, можуть ініціювати загрозу) та можливі способи здійснення загроз [1].

Розроблена програмна система дозволяє в автоматизованому режимі будувати МЗ для будь-якої організації та підприємства. Структура системи досить проста, вона складається із бази даних ресурсів інформаційної системи організації (БДРІС), бази даних загроз (БДЗ), модуля АОР та модуля генерації звіту «Модель загроз». Структурна схема програмної системи побудови МЗ представлена на рис.



Рис. Структурна схема програмної системи побудови МЗ

Розглянемо кожен елемент схеми окремо. База БДРІС – містить в собі сформований перелік інформаційних ресурсів організації A_i (i=1..n-порядковий номер інформаційного ресурсу) у відповідності із НД ТЗІ 2.7 -009-09, а саме: прикладні та системні програми у вигляді виконуваних модулів; динамічні бібліотеки; системні драйвери, каталоги; файли; сегменти оперативної пам'яті; процеси; зовнішні пристрої; джерела та/або приймачі даних для мережевих комунікацій тощо [5].

База БДЗ - містить сформований перелік найбільш поширених загроз B_k (k=1..m – порядковий номер загрози), які класифіковані залежно від впливу на

базові характеристики безпеки інформаційних ресурсів, природи джерела загрози та стану цього джерела. Модуль АОР - функціональний блок системи, в якому на основі даних A_i із БДРІС та B_k із БДЗ проводиться оцінка ризиків ІБ по кожній можливій загрозі для обраного ресурсу P_{ik} та визначається середнє значення ризику для цього ресурсу P_{icep}. Модуль генерації звіту «Модель загроз» - формує звіт, в якому відображена вся історія роботи експерта з ІБ із системою, а саме - перелік ресурсів інформаційної системи організації A_i та можливих загроз по кожному з цих ресурсів B_k з відображенням ступеня ризику по кожній можливій загрозі для обраного ресурсу P_{ik} та середнє значення ризику для цього ресурсу P_{icep}.

Висновки

Розробка програмної системи підтримки побудови МЗ проводилася з метою оптимізації роботи експертів з ІБ. Результатом роботи цієї системи є електронний звіт, який повністю відображатиме структуру МЗ відповідно вимогам НД ТЗІ, а саме: ідентифіковані ресурси інформаційної системи, клас і детальний опис характеристик загроз та оцінку ступеня ризику. Результати роботи системи можуть використовуватися при побудові КСЗІ для формування МЗ.

Список літератури

1. НД ТЗІ 1.4-001-2000 Типове положення про службу захисту інформації в автоматизованій системі. Затверджено наказом ДСТЗІ СБ України від 04 грудня 2000 р. №53.
2. Корченко А. Г. Системы анализа и оценки риска потерь государственных информационных ресурсов / Корченко А. Г. , Казмирчук С.В., Охрименко А.А. // Защита информации — 2012. — №1(54).
3. Корченко А.Г. Методы анализа и оценки рисков потерь государственных ресурсов / Корченко А.Г., Щербина В.П., Казмирчук С.В. // Защита информации – 2012. - №1. – С. 126-139.
4. Программный комплекс WINGDOC ПД [Электронный ресурс] / КИТ-Журнал – Режим доступа к журналу: http://kit-ural.ru/products/wingdoc_pd/view/
5. НД ТЗІ 2.7-009-09 Методичні вказівки з оцінювання функціональних послуг безпеки в засобах захисту інформації від несанкціонованого доступу. Затверджено наказом Адміністрації Держспецзвязку 24 липня 2009 року № 172.

УДК 004.056:004.891

В.В. Волянська, В.О. Гнатюк, аспірант
(Національний авіаційний університет, Україна, м. Київ)

НОРМАТИВНЕ ТА ТЕХНІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ ІНЦИДЕНТАМИ ІНФОРМАЦІНОЇ БЕЗПЕКИ

У роботі проаналізовано основні нормативні документи та процедури, пов'язані з реалізацією систем управління інцидентам інформаційної безпеки. Розглянуто організацію процесу реагування на інциденти і архітектуру типової системи управління інцидентами інформаційної безпеки.

Функціонування сучасних інформаційних систем (ІС) вимагає забезпечення доступності, цілісності, а також конфіденційності оброблюваної інформації. Порушення безпеки ІС може істотно ускладнити процес оброблення та передавання інформації, тому проблема створення ефективної системи управління інформаційною безпекою (СУІБ) набуває дуже важливого значення. Система управління інцидентами інформаційної безпеки (СУІБ) є базовою частиною загальної СУІБ і дозволяє виявляти, враховувати, реагувати й аналізувати події та інциденти інформаційної безпеки (ІІБ). Без реалізації цих процесів неможливо забезпечити рівень захищеності, що відповідає сучасним стандартам і галузевим нормам.

Метою роботи є пошук основних нормативних документів та процедур, пов'язаних із організацією і реалізацією СУІБ.

Жоден найдосконаліший спосіб зниження ризиків інформаційної безпеки (ІБ), будь це політика безпеки, що досконало опрацьована, або найсучасніший брандмауер, не може захистити від виникнення в інформаційному середовищі подій, ІІБ, що потенційно несуть загрозу діяльності організації. Інцидент інформаційної безпеки – одна або декілька небажаних, або несподіваних подій ІБ, які мають значну ймовірність компрометації бізнес-операцій і загрожують ІБ[5].

Для зниження ймовірності виникнення ІІБ рекомендується використовувати СУІБ. Для найбільш ефективної її реалізації необхідно спиратись на вимоги міжнародних нормативних документів, основні з яких:

1) ISO 27035:2011 «Information technology. Security techniques. Information security incident management». Цей стандарт являє собою керівництво з управління інцидентами інформаційної безпеки (УІБ) для великих і середніх організацій. Невеликі організації можуть використовувати базовий набір документів, процесів і процедур описаних у цьому стандарті, в залежності від їх розміру і типу бізнесу по відношенню до ситуації ризику ІБ. У ньому також містяться рекомендації для зовнішніх організацій, що надають послуги управління інцидентами інформаційної безпеки. Стандарт забезпечує структурований і плановий підхід до: виявлення, повідомлення та оцінки ІІБ, реагування та УІБ, оцінки та управління вразливостями ІБ, а також постійне поліпшення ІБ та УІ. Варто зазначити, що ISO 27035 скасовує та замінює ISO TR 18044:2004.

2) ITU-T X-1051 «Information technology. Security techniques. Information security management guidelines for telecommunications organizations». В розділі Information security incident management даного стандарту містяться вказівки щодо визначення слабких сторін в ІБ та покращення керівництва в УІ.

3) ISO 27001:2005 Information security management system. Requirements. У рамках цього стандарту висуваються загальні вимоги для створення, впровадження, експлуатації, моніторингу, аналізу, підтримки і вдосконалення документованої СУІБ, що відносяться у тому числі і до процесів УІ. Він визначає вимоги для здійснення контролю безпеки та налаштований на потреби окремих організацій або їх частин.

4) ISO 20000:2005 в розділі Service Delivery and Support описується ряд вимог щодо організації процесу УІ в IT-інфраструктурі. Слід зазначити, що в новій версії даного стандарту ISO 20000:2011 було істотно перероблений розділ УІ, визначено стандартний перелік процедур, розділ розширився і став ближче до ITIL v3. Управління інцидентами включило в себе управління запитами на обслуговування (service request).

5) CMU/SEI-2004-TR-015 Defining incident management processes for CISRT. Цей документ описує методологію планування, впровадження, оцінки і поліпшення процесів управління інцидентами. Основний наголос робиться на організації роботи CISRT (Critical Incident Stress Response Team) – групи або підрозділів, які забезпечують сервіс і підтримку запобігання, обробки і реакції на ІІБ. Вводиться низка критеріїв, на підставі яких можна оцінювати ефективність цих сервісів, приводяться докладні процесні карти.

6) NIST SP 800-61 Computer security incident handling guide. Тут наведена збірка кращих практик щодо побудови процесів УІ. Детально розглядається реагування на різні типи загроз, такі як розповсюдження шкідливого програмного забезпечення, несанкціонований доступ та ін.

7) МСЕ-Т Е.409 «Організація з реагування на інциденти та обробка інцидентів безпеки: Керівництво для організацій електрозв'язку». Метою рекомендацій є аналіз, структурування методу для створення організації з УІ всередині організації електрозв'язку, що бере участь в забезпеченні міжнародного електрозв'язку, в центрі уваги якої знаходяться перебіг і структура інциденту. Поняття «потік» і «обробка» використовуються при визначенні необхідності класифікувати яку-небудь подію як «подія», «інцидент», «інцидент безпеки» або «криза». Ця рекомендація містить огляд і рамкові положення, які є керівництвом для планування організації з реагування на інциденти та обробки ІБ. Рекомендація [2] носить загальний характер, в ній не визначаються і не розглядаються вимоги для конкретних мереж.

Варто зазначити, що не можливо проаналізувати усі наявні рекомендації щодо УІ, і цілком ймовірно, що найбільш ефективним для конкретної організації буде використання якої-небудь іншої методології, у тому числі і розробленої самостійно. Але, будь-яка використовувана методологія повинна відповідати вимогам сучасних міжнародних нормативних документів.

Як показав проведений аналіз, на сьогодні у міжнародній практиці розроблено достатню кількість нормативних документів різного характеру (стандарти, рекомендовані практики, керівництва тощо), що регламентують питання УІІБ. Відповідно до [1] для ефективного УІІБ необхідно організувати комплекс процесів управління інцидентами, забезпечити його належними ресурсами, відповідною нормативно-розпорядчою і робочою документацією, технічними засобами забезпечення механізмів контролю. Для обробки подій та інцидентів ІБ необхідно організувати *процес реагування на інциденти.* Потім слід розробити необхідні нормативні документи щодо УІІБ. Відповідно до [3], такі документи повинні описувати: 1) Визначення ІІБ – перелік подій, що є інцидентами (тобто, що саме в цій організації є ІІБ); 2) Порядок сповіщення відповідальної особи про виникнення інциденту (необхідно визначити формат звіту, а також відобразити контактну інформацію осіб, яких слід оповіщати про інцидент); 3) Порядок усунення наслідків і причин інциденту; 4) Порядок розслідування інциденту (визначення причин інциденту, винних у виникненні інциденту, порядок збору і збереження доказів); 5) Внесення дисциплінарних стягнень; 6) Реалізація корегуючих і превентивних заходів.

Архітектура типової СУІІБ має включати такі основні компоненти [1, 4]: інтеграційну платформу, апаратно-програмні засоби моніторингу і аудиту, апаратно-програмні засоби захисту інформації, сховище інформації про ІІБ; аналітичні інструменти і засоби генерації звітів, засоби управління та користувацькі інтерфейси.

Однією з кращих СУІІБ серед присутніх на вітчизняному ринку є система *netForensics nFX Open Security Platform* [1], архітектура якої зображена на рис. 1:

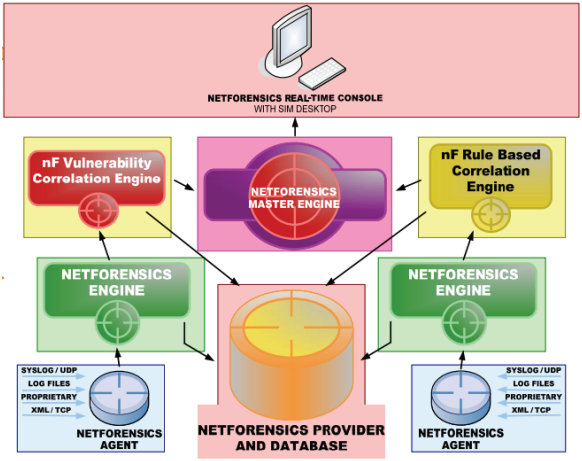


Рис. 1. Архітектура nFX OSP

Система netForensics призначена для роботи з гетерогенним середовищем продуктів забезпечення ІБ і реалізує безперервний збір, обробку

та відображення подій безпеки. Система може працювати на платформах Windows, Linux або Solaris, використовуючи у якості сховища повнофункціональну систему управління базами даних Oracle. Ця СУІБ має широкі можливості щодо роботи в розподіленому режимі, підтримку різних відмовостійких конфігурацій тощо. Система netForensics реалізована на базі технології Java за модульним принципом. Основними модулями системи є сервер додатків (реалізує основну логіку обробки подій, представлення даних, взаємодії з користувачами); база даних (забезпечує зберігання інформації, що надходить до системи); модуль кореляції (здійснює кореляцію зібраних даних); модуль автоматизації УІБ (здійснює автоматизацію процесів УІБ); агенти (збирають інформацію безпосередньо з пристроїв). До складу системи також входять засоби для написання агентів збору даних з нестандартних систем захисту, засоби формалізації користувацьких правил кореляції і створення звітів.

Висновки

У роботі було проаналізовано основні нормативні документи, якими необхідно користуватися для ефективної реалізації СУІБ. Розглянуто організацію процесу реагування на ІІБ, наведено типову архітектуру СУІБ. Ефективне функціонування останньої дозволить акумулювати інформацію щодо ІІБ, категоризувати їх та визначити найбільш актуальні загрози.

Список літератури

1.Звіт «Розробка та впровадження типових рішень щодо комплексної системи захисту інформації в АІС НАНУ» (КСЗІ АІС НАНУ): Система управління інцидентами інформаційної безпеки. Керівництво адміністратора. 05540149.90000.043.ИЗ-06. — К.: НАН України 2009. — 149 с.

2.Організація щодо реагування на інциденти та обробка інцидентів безпеки: Керівництво для організації електрозв'язку. Рекомендація МСЭ-Т Е.409 (ITU-T E.409). – [Чинний від 2004-28-05]. — Женева, 2004. – С. 13-22 – (Рекомендація Міжнародної організації телекомунікацій).

3.*Гнатюк С.О.* Теоретичні основи побудови та функціонування систем управління інцидентами інформаційної безпеки / *Гнатюк С.О., Хохлачова Ю.Є., Охріменко А.О., Гребенькова А.К.* // Захист інформації. – №1 (54). – 2012. – С. 121-126.

4.Модель підсистеми моніторингу інцидентів безпеки інформації в інформаційних системах організацій / *І.А. Пількевич, В.І. Котков, Н.М. Лобанчикова, І.І. Сугоняк* // Восточноевропейский журнал передовых технологий. — 2012. — № 2 (56). — С. 18–21.

5.Information technology. Security techniques. Information security management systems. Requirements (ISO 27001:2005): ИСО/МЭК 27001: 2005. — [Чинний від 2008-10-15]. — 34 с.

УДК 003.26:004.056.55

Д. М. Грабінський, аспірант
(Національний авіаційний університет, Україна)

ПЕРЕВАГИ ТА НЕДОЛІКИ СУЧАСНИХ ПРОТОКОЛІВ РОЗПОДІЛУ КРИПТОГРАФІЧНИХ КЛЮЧІВ

В статті розглядаються сучасні методи та протоколи розподілу криптографічних ключів. Відображаються переваги та недоліки використання таких протоколів.

Управління ключовою інформацію (КІ) представляє собою інформаційний процес, який включає в себе три елемента: генерацію, накопичення та розподіл криптографічних ключів. Для потенційних зловмисників найбільш привабливим процесом являється розподіл ключів, адже у більшості випадків він відбувається через незахищені канали зв'язку. На сьогоднішній день відомо багато методів розподілу ключових даних [1], для використання яких реалізовано чимало протоколів розподілу КІ [2]. Однак, з швидким розвитком інформаційних технологій та потенційним ростом обчислювальних можливостей зловмисників, деякі протоколи уже не гарантують достовірної надійності використання. З огляду на це, дослідження методів та протоколів розподілу криптографічних ключів є **актуальною** задачею.

Метою роботи є аналіз існуючих методів та протоколів розподілу криптографічних ключів для визначення переваг та недоліків їх використання.

Під розподілом криптографічних ключів розуміється такий процес управління КІ, який забезпечує оперативність, точність та секретність доставки ключів від довіреного центру (користувача, який генерує ключ) до інших легітимних користувачів [2]. Така доставка може здійснюватися різними шляхами (довірений кур'єр, захищений або незахищений канал зв'язку, квантовий канал та інше) та використовувати для цього різні алгоритми. На сьогоднішній день відомо багато методів розподілу КІ, найпоширенішими з яких є:

1.Симетричний криптографічний метод. Такий метод базується на використанні симетричних алгоритмів шифрування з одним ключем для шифрування та розшифрування повідомлень [3]. Розподіл ключів ж найчастіше відбувається за такими протоколами:

a) Протокол Барроуза. Для розподілу ключів за даним протоколом залучається довірена третя сторона – центр реєстрації ключів (ЦРК) [2]. Недоліки використання: відповідальність за генерацію та зберігання стійкого ключа повністю лежить на користувачу, який ініціює взаємодію; коректність роботи протоколу залежить від синхронізації годинників у всіх взаємодіючих суб'єктів; можливе зловживання повноваженнями збоку ЦРК.

b) Протокол Нідхема-Шредера. Розподіл ключів також відбувається із залученням ЦРК. Недоліком роботи протоколу Нідхема-Шредера є той факт, що легітимний користувач (Боб) не може точно визначити стан новизни

отриманого ключа. Зловмисник, отримавши повідомлення та ключ минулих сеансів, може використовувати старі листи для взаємодії з Бобом та видавати себе за ініціатора взаємодії (Алісу).

c) Протокол Kerberos. Даний протокол використовується в мережах стеку TCP/IP та базується на протоколі Нідхема-Шредера усуваючи вразливість останнього до атаки з використанням ключів минулих сеансів. Проте, можливість атаки на протокол виникає внаслідок асинхронізації годинників між ЦРК та користувачами системи, яку може здійснити зловмисник (Єва). Також,] знайдені вразливості у практичній реалізації даного протоколу, що не гарантує надійності його використання.

d) Протокол розподілу ключів по паралельним каналам. Вирішення проблеми розподілу ключів часто здійснюється шляхом розбиття ключа на декілька частин та їх передача різними каналами зв'язку (розподіл ключів по паралельним каналам) [2]. Недоліком використання такого протоколу є його висока вартість, адже потрібно підтримувати у постійному функціонуванні декілька каналів зв'язку. Також, якщо Єва змінить хоча б одну частину розподіленого ключа, то зміниться увесь ключ вцілому. Зловмиснику це не дасть ніякої вигоди, а от для легітимних користувачів виникне суттєва проблема.

Усі симетричні протоколи шифрування наділені обчислювальною крипостійкістю, яка залежить від розвитку сучасних комп'ютерних технологій та можливості використання квантових алгоритмів, а отже можуть з часом піддаватися деяким видам атак.

2. Асиметричний криптографічний метод. На відмінно від симетричного методу, в асиметричному так само як і в асиметричних криптосистемах використовуються два ключа — відкритий і секретний [3]. При чому, відкритий ключ, зазвичай, розташовується у відкритому доступі, секретний ж — має зберігатися у надійному місці. До протоколів розподілу ключів цього методу належать:

a) Протокол обміну ключами Діффі-Хелмана. В протоколі вперше запропоновано використовувати різні ключі для шифрування та розшифрування повідомлень [2]. Цей протокол вразливий до атаки типу "людина посередині", адже при обміні даними, Аліса та Боб достовірно не знають з ким вони спілкуються. Тому, Єва може видавати себе за одного із користувачів для взаємодії з іншим. Вирішення такої проблеми можливе за рахунок залучення ЦРК, але разом з тим, виникає можливість зловживання своїми обов'язками збоку ЦРК.

b) Триразовий протокол рукостискання. Цей протокол використовується для обміну загальним секретним ключем між легітимними користувачами за рахунок асиметричного розподілу [2]. Протокол вразливий до атаки типу "людина посередині". Також, зважаючи на належність протоколу до типу "запит-відповідь", в деяких випадках можливе виявлення закономірностей між запитом та відповіддю користувачів, що дає можливість до підміни даних Євою.

c) Протокол MQV (Менезес-Кью-Ванстоун). Протокол MQV базується на протоколі Діффі-Хеллмана з можливістю взаємної аутентифікації сторін. В

ньому виправлена вразливість до атаки типу “людина посередині”, але знайдені можливості реалізації атак, які представлені в роботі [4].

На відмінно від симетричних криптоалгоритмів, асиметричні наділені теоретичною криптостійкістю, яка базується на задачах факторизації чи розкладання числа на множники. Однак, існування навіть теоретичної можливості розкриття ключа не може гарантувати абсолютної стійкості такого алгоритму.

3. Квантовий розподіл ключів (КРК). Цей метод фундаментально відрізняється від попередніх, адже розподіл ключів відбувається квантовими каналами. Секретність даних таких каналів базується на законах фізики (непорушності постулатів квантової механіки), на відмінно від математичних методів традиційної криптографії. Таким чином, виникає можливість створення такої інформаційно-комунікаційної системи, в якій завжди можна виявити прослуховування каналу зловмисником.

a) Протокол BB84. Даний протокол представляє собою однофотонний протокол КРК, який використовує фотони в чотирьох поляризаційних станах для передачі ключової інформації [5]. Такий протокол виявився вразливим до атаки розподілення числа фотонів. Також, створення систем із можливістю випромінювання однофотонних імпульсів є досить трудоємкою та високовартісною задачею, що у поєднанні з зазначеною вище атакою на протокол ставить під сумнів ефективність використання протоколу вцілому.

b) Протокол B92. Так само, як в BB84, використовується однофотонна передача інформації, однак фотони можуть перебувати тільки у двох поляризаційних станах [5]. Перевагою над попереднім протоколом є простіша апаратна реалізація обладнання, завдяки зменшені кількості поляризованих станів. Що ж до недоліків, то варто відзначити зменшення ймовірності виявлення факту прослуховування каналу у порівнянні із протоколом BB84. Також, враховуючи проблеми із створення систем з випромінюванням однофотонних імпульсів, доцільність його використання ставиться під сумнів.

c) Протокол E91 (EPR). В його основі лежить парадокс Енштейна-Подольскі-Розенберга (EPR). Запропоновано для КРК використовувати пари фотонів, які знаходяться в антисиметричних поляризаційних станах, при чому напрям поляризаціє стає відомим тільки після його вимірювання. Якщо Єва навіть зможе підключитися до каналу, то все-одно вона не знає в якому з базисів необхідно здійснити перевірку фотонів. Тому, мінімум в 50% випадків буде порушена ERP кореляція. Прослуховування каналу виявляється легітимними користувачами шляхом проведення процедури контролю помилок (так само як в протоколах BB84 та B92). Проте, на практиці дуже важко реалізувати можливість реєстрації та вимірювання поляризації фотонів, що впливає на застосуванні протоколу вцілому.

d) Протокол розподілу ключів оснований на кодуванні через часові зсуви. Для КРК використовуються когерентні лазерні імпульси, потужність яких послаблена до рівня одиничних фотонів [5]. Функціонування протоколу залежить від постійної синхронізації генераторів передавальної та приймальної сторони, що при великій відстані передачі даних важко

реалізувати. Також, протоколу притаманні проблеми створення системи випромінювання однофотонних імпульсів.

е) Протоколи квантового прямого безпечного зв'язку (КПБЗ). Головною особливістю таких протоколів є можливість обміну інформацією без будь-яких криптографічних перетворень, що в свою чергу вирішує проблему розподілу криптографічних ключів [6]. Виділяють такі типи КПБЗ протоколів: пінг-понг протокол та його аналоги; протоколи з передаванням одиничних кубітів; протоколи з передаванням одиничних кубітів блоками. На сьогоднішній день (на відміну від протоколів КРК) такі протоколи поки не знайшли широкого застосування в зв'язку з недостатнім розвитком сучасних технологій.

4. Метод довірених кур'єрів. Розподіл ключів за даним методом відбувається шляхом передачі секретного ключа довіреним кур'єром (сертифікованим кур'єром) від одного легітимного користувача до іншого [1]. Незважаючи на високу вартість та залежність від людського чинника, такий метод найбільш частіше використовується у банківській сфері та сфері державного управління.

Висновки

У роботі проведено пошук сучасних методів та протоколів розподілу криптографічних ключів, представлено переваги та недоліки їх використання. Варто відзначити, що стійкість усіх протоколів базується на математичні чи квантовій криптографії (за винятком методу довірених кур'єрів). На основі здійснених досліджень планується удосконалення та розробка нових, більш ефективних методів та протоколів.

Список літератури

1.Гнатюк С.О. Методи розподілу криптографічних ключів / С.О. Гнатюк // Вісник інженерної академії. — №1. — 2013. — С.34-37.

2.Барычев С.Г. Основы современной криптографии / С.Г. Барычев, В.В. Гончаров, Р.Е. Серов — М. : Горячая линия — Телеком, 2002. — 175 с.

3.Шнаер Б. Практическая криптография / Н. Фергюсон, Б. Шнаер. — М. : Вильямс, 2005. — 425 с.

4.Koblitz Neal. The Uneasy Relationship Between Mathematics and Cryptography / N. Koblitz // Notices of the American Mathematical Society. — Vol. 54, № 8. — 2007. - P. 972 — 979.

5.Василиу Е.В. Стойкость квантовых протоколов распределения ключей типа «приготовление измерение» / Е.В. Василиу // Computer sciences and telecommunications. — №2. — 2007. — С. 50 — 62.

6.Шурупов А.П. Протоколы квантового распределения ключей [Електронний ресурс] / А.П. Шурупов. — Режим доступу: http://qi.phys.msu.ru/ru/science/ qkd.html

УДК 004.056.53

І.В. Олешко, аспірант (Кафедра безпеки інформаційних технологій, Харківський національний університет радіоелектроніки, Україна, м. Харків)

ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ДЖЕРЕЛ БІОМЕТРИЧНОЇ ІНФОРМАЦІЇ ТА МЕТОД ОЦІНКИ ЇХ ЕНТРОПІЇ

Біометричні системи дозволяють ідентифікувати людину на основі фізіологічних або поведінкових параметрів. Показується, що особливості біометричної інформації можуть бути розраховані за допомогою відносної ентропії. Виконується порівняльний аналіз методів біометричної автентифікації.

Ідентифікація на основі біометричних даних – це засіб автоматичного розпізнавання особистості на основі зіставлення біометричних даних, що зафіксовано носіями цих даних, з особистими даними власника. Вважається, що ця методика незабаром стане головним конкурентом цифрових сертифікатів і смарт-карт завдяки своїм перевагам: 1. Для біометричної ідентифікації достатньо фізичних параметрів людини і не потрібні ніякі файли, які можна скопіювати, або паролі, які можна зламати. 2. Унікальні людські ознаки гарні тим, що їх важко підробити. 3. На відміну від паперових ідентифікаторів (паспорт, посвідчення особи), від пароля або персонального ідентифікаційного номера (ПІН), біометричні характеристики не можуть бути забуті або втрачені, їх завжди легко «пред'явити». На сьогоднішній день біометричні технології ідентифікації особи одержали широке поширення в різних областях забезпечення безпеки: криміналістика, системи контролю доступу, системи ідентифікації особи, системи електронної комерції, інформаційна безпека (доступ в систему, авторизація на ПК) і т.д. Одним із головних показників розвитку біометрії є стандартизація цієї області [1]. В даний час активно використовуються такі біометричні ознаки: відбиток пальця, геометрична форма кисті руки, форма і розміри обличчя, особливості голосу, візерунок райдужної оболонки і сітківки ока. Актуальною залишається проблема вибору того чи іншого методу. Порівняльний аналіз методів біометричної автентифікації найчастіше виконується на основі помилок першого і другого роду. В роботі пропонується виконувати порівняльний аналіз методів біометричної автентифікації на основі критерію відносної ентропії. Використання відносної ентропії як критерію ефективності ідентифікації робить можливим не тільки порівняння біометричних ознак між собою, але і з ПІНом, паролем та іншими методами автентифікації. Проведемо порівняльний аналіз джерел біометричної інформації на основі вище наведених критеріїв.

Помилка першого роду (FRR - False Rejection Rate) - це ймовірність помилкового відмови в доступі клієнтові, який має право доступу. Помилка другого роду (FAR - False Acceptance Rate) - це ймовірність помилкового доступу, коли система помилково розпізнає чужого як свого. Якщо систему необхідно охарактеризувати одним критерієм, то використовується коефіцієнт

рівної ймовірності помилок 1-го і 2-го (EER - Equal Error Rates), який є точкою збігу ймовірностей FRR і FAR. Якісна і надійна система повинна мати низький рівень EER. В ідеальному варіанті система біометричної автентифікації мала б FAR = 0 і FRR = 0. Однак, такі значення в реальності не досяжні. Зазвичай системні параметри налаштовують так, щоб досягти необхідного коефіцієнта помилкових підтверджень, що визначає відповідний коефіцієнт помилкових відмов. В таблиці 1 наведено порівняння методів біометричної автентифікації на основі FAR, FRR та EER. Також враховувалися переваги і недоліки методів.

Таблиця 1

Порівняльний аналіз методів біометричної автентифікації

Біометричний параметр	**Ціна пристрою у $**	**Помилки I, II роду та значення EER у %**
Відбиток пальця	Близько 100$	FRR = 0,01 - 0,0001 FAR = 0,002 - 0,0001. EER = 0,01
Геометрія кисті руки	Від 600$	FRR = 0,001 FAR = 0,000001 EER = 0,1-0,5
Райдужна оболонка ока	Від 500$	FRR = 0,009 FAR = $1*10^{-6}$ EER = 0,0021
3-х мірне зображення обличчя	Близько 4000$	FRR = 0,103. FAR = 0,0047 EER = 0,75
Рукописний підпис	Від 200$	EER = 2,46
Голос	Близько 400$	EER ~ 2 - 5

На основі проведеного аналізу, можна зробити висновок про те, що найбільш точним і найкращим методом біометричної автентифікації є автентифікація по райдужній оболонці ока.

Для порівняння систем біометричної автентифікації на основі критерію відносної ентропії необхідно визначити кількість інформації кожної системи окремо. Визначимо термін біометрична інформація наступним чином: зменшення невизначеності ідентичності людини за рахунок вимірювання набору біометричних характеристик. Алгоритм для обчислення біометричної інформації з використанням відносної ентропії полягає в наступних кроках [2]: 1) висування вимог; 2) відносна ентропія біометричних характеристик; 3) Гауссова модель для обчислення біометричних характеристик і відносної ентропії, 4) методи регуляризації для вироджених характеристик; 5) методи регуляризації для неповних даних.

Найкраща міра для характеристики біометричної інформації – відносна ентропія $D(p \| q)$, де $p(x)\, ma\, q(x)$ розподіли біометричних характеристик людини і населення відповідно. $D(p \| q)$ або відстань Кульбака - Лейблера визначається як "додаткові біти" інформації необхідні для подання $p(x)$ відносно $q(x)$. $D(p \| q)$ визначається як [2]:

$$D(p \parallel q) = \int_x p(x) \log_2 \frac{p(x)}{q(x)} dx \tag{1}$$

В загальній біометричній системі біометричні характеристики S вимірюються для створення вектора біометричних характеристик $x(S \times 1)$ для кожної людини. Для людини p ми маємо N_p зразків характеристик, в той час як для населення – N_q зразків характеристик. Визначивши x як значення випадкової величини X, ми обчислюємо середнє зображення населення [2]:

$$\mu_q = \underset{q}{\mathrm{E}}[X] = \frac{1}{N_q} \sum_{i=1}^{N_q} x_i \tag{2}$$

Середнє зображення людини визначається аналогічно, замінюючи q на p. Далі необхідно нормалізувати всі зображення у навчальній вибірці, віднявши середнє зображення. Це робиться для того, щоб залишити тільки унікальну інформацію, прибравши спільні для всіх зображень елементи. Матриця коваріації для населення Σ_q визначається як [2]:

$$\Sigma_q = \frac{1}{N_q - 1} \sum_{i=1}^{N_q} \left(x_i - \mu_q\right)^T (x_i - \mu_q) \tag{3}$$

Матриця коваріації для людини обчислюється аналогічно. Однією з важливих проблем під час прямих вимірювань характеристик є придатність даних. Найбільш загальною моделлю є Гауссовий розподіл. Допускається використання такої моделі для отримання верхньої оцінки ентропії. Ґрунтуючись на Гауссовій моделі і відповідних p і q, отримуємо:

$$D(p \parallel q) = k(\ln \frac{\left|2\pi\Sigma_q\right|}{\left|2\pi\Sigma_p\right|} + trace((\Sigma_p + T)\Sigma_q^{-1} - I)) \tag{4}$$

Розглянемо регуляризаційний метод для вироджених характеристик. Для захисту від чисельної нестабільності в наших вимірах ми прагнемо отримати взаємно незалежний набір W «важливих» характеристик ($W \le S$). Для генерації відображення ($U^T : X \to Y$) з початкових біометричних характеристик $x(S \times 1)$ в новий простір характеристик Y, розміром $W \times 1$ ми використовуємо метод головних компонент (PCA) [3]. PCA може бути

обчислено на основі декомпозиції єдиного значення (SVD) матриці коваріантних характеристик. Переписавши $D(p \| q)$ в PCA просторі, отримаємо:

$$D(p \| q) = k(\beta + traceU((S_p + S_t)S_q^{-1} - I)U^T) \quad (5)$$

Методи регулярізації для неповних даних. Розроблений вище вираз вирішує проблему некоректності Σ_q. Тим не менш, Σ_q може залишатися єдиною в загальному випадку, коли тільки невелике число зразків кожної особистості доступно. Щоб побороти цю проблему, ми розробили оцінку, яка може служити нижньою границею. Щоб зробити це, ми робимо такі припущення: 1) оцінки дисперсії характеристик матриці $[S_p]_{i,i}$ дійсні для всіх i; 2) оцінки коваріації характеристик $[S_p]_{i,j}$ для $i \neq j$ дійсні тільки для найбільш важливих L характеристик, де $L < N_p$. Характеристики, які не вважаються дійсними, ґрунтуючись на цих припущеннях, встановлюються в 0 множенням S_q на маску M.

Використовуючи, наведений вище алгоритм, була обчислена біометрична інформація райдужної оболонки ока та обличчя. Для обличчя: для методу PCA вона склала 45 біт, для FLD - 37 біт, а для ICA - 39 біт. Кількість біометричної інформації райдужної оболонки ока для PCA методу - 278 біт, а для ICA - 288 біт. Виходячи з отриманих даних, можна зробити висновок про те, що метод розпізнавання на основі райдужної оболонки ока має більше біометричної інформації і тому дозволяє більш надійно виконувати автентифікацію особи.

Висновки

З отриманих нами даних можна зробити висновок про те, що райдужна оболонка ока є найкращим методом біометричної автентифікації, який містить найбільшу кількість біометричної (розрізнювальної) інформації. Використання відносної ентропії робить можливим не тільки порівняння джерел біометричної інформації між собою, але і з іншими методами автентифікації (на основі ПІНу, пароля і т.д.).

Список літератури

1. ГОСТ Р ИСО/МЭК 19794-6-2006. Автоматическая идентификация. Идентификация биометрическая. Форматы обмена биометрическими данными. Часть 6 Данные изображения радужной оболочки глаза. – М.: ИПК Изд-во стандартов, 2006. – 27 с.

2. Adler A. Towards a measure of biometric feature information / A. Adler, R. Youmaran, S. Loyka // Pattern Anal. Appl. – 2009. – №12(3). – P. 261-270.

3. Recognizing faces with PCA and ICA / B. Draper, K. Baek, M. Bartlett, J. Beveridge // Computer Vision and Image Understandin. – 2003. – vol. 91. – P. 115 - 137.

УДК 004.056

Колесник М.С., Колесник К.С.,
Лыков Ю. В., к.т.н., доц.
(Харьковский национальный университет
радиоэлектроники, Украина, г. Харьков)

ВЫБОР МЕТОДИКИ РАСЧЕТА ДАЛЬНОСТИ ДЕЙСТВИЯ РАДИОЗАКЛАДНЫХ УСТРОЙСТВ

В данной работе решается задача выбора методики для определения реальной дальности действия закладного устройства. Проблема заключается в том, что максимальный радиус зоны покрытия излучением от закладного устройства при расчете для свободного пространства значительно завышен. В работе проводится сравнение результатов расчета методиками Окамура, Хата, ITU-R P.1546.

Быстрое развитие информационных технологий привело к обострившимся вопросам защиты информации, ставшей одновременно и более уязвимой, и значимой для многих отраслей экономики и политики. На всех этапах развития средств информационной безопасности была очевидна необходимость защиты от внутренних угроз.

Безопасность информации определяется отсутствием риска, связанного с утечкой информации по техническим каналам, несанкционированными и непреднамеренными воздействиями на данные, используемые в автоматизированной системе.

Существуют всевозможные виды угроз, приводящие к хищению, уничтожению, искажению информации. Наиболее информативным каналом утечки информации является радиоэлектронный канал. Поэтому самыми распространёнными техническими средствами съема акустической информации являются радиозакладные устройства. Это также объясняется простотой их использования, дешевизной и малыми размерами.

Безопасность информации достигается только комплексным подходом к её защите. Для определения целесообразности применения мер по предотвращению утечки информации по радиоэлектронному каналу, необходимо оценить дальность действия вероятного закладного устройства. В случае, по результатам расчета, выхода электромагнитного излучения за пределы контролируемой зоны данная методика должна обеспечить выбор параметров активных средств защиты и мест их размещения.

В работе приведены расчеты дальности действия закладного устройства по методикам Окамура, Хата и ITU-R P.1546. В качестве исходных данных использовалось параметры возможных средств съема информации наиболее популярных частотных диапазонов: закладное устройство с частотой $F_{рзу}$ = 95 МГц и мощностью $P_{рзу}$ = 51мВт, а также рации Motorola PMR TLKR T8 с частотой $F_{рац}$ = 446 МГц и мощность $P_{рац}$ = 0.5 Вт. Высота подвеса антенн выбрана $h_{рзу} = h_{рац} = h_{пр}$ = 1.5 м. Уровень шума в точке приема выбран в качестве чувствительности приемника (сигнал/шум=1) и на частоте *95 МГц*

составляет $P_{пр} = 6{,}325 \cdot 10^{-13}$ Вт, на частоте 446 МГц - $P_{пр} = 0.02 \cdot 10^{-12}$ Вт (измеренные значения).

Для любых передатчиков УКВ диапазона максимальная дальность ограничивается как минимум дальностью прямой видимости:

$$r = 4.12(\sqrt{h}_{пер} + \sqrt{h}_{пр}) \quad (1)$$

Для выше приведенных высот дальность прямой видимости будет равна r = 10 км.

Модель свободного пространства

Используем выражение для мощности сигнала на выходе приемной антенны как функцию расстояния между передающей и приемной антеннами при распространении ЭМВ в свободном пространстве [1]:

$$P_{пер} = P_{пр} G_{пр} G_{пер} (\frac{\lambda}{4\pi r}) \quad (2)$$

где $P_{пр}$ – чувствительность приемника, $P_{пер}$ - мощность передатчика, $G_{пр}$ и $G_{пер}$ - коэффициенты усиления приемной и передающей антенны соответственно, r - расстояние между передающей и приемной антеннами в км.

В результате расчета для закладного устройства $r_{рзу}$=200 км, для рации $r_{рац}$= 735 км.

Максимальные потери в свободном пространстве для отношения сигнал/шум равного 1 на входе приемника составляют:

$$L = 10 \log \frac{P_{пер}}{P_{пр}} \quad (3)$$

Максимальные потери в свободном пространстве для закладного устройства $L_{сп.\ рзу}$ = 109 дБ, для рации $L_{сп.\ рац.}$ = 134 дБ.

Модель Окамура

Модель свободного пространства является весьма идеализированной. В реальных условиях дальность действия такого закладного устройства (при прямой видимости) намного меньше. Это обусловлено затуханием сигнала, его ослаблением, влиянием шумов. При распространении радиоволн в городе их характер существенно искажается по сравнению с распространением на открытых пространствах за счет многочисленных переотражений от стен зданий, помещений и затуханий в них [1].

Модель Окамура - эмпирическая модель распространения радиоволн, основанная на результатах измерений. Модель Окамура достаточно проста и, при соответствующей настройке, может использоваться для прогнозирования дальности распространения радиоволн. Можно также отметить отсутствие в модели механизмов учета рельефа местности [3].

В основе модели Окамура лежат результаты измерений затухания на трассах различных высот подвеса передающей и приемной антенн. Данный

метод пригоден для частот 100-3000 МГц, расстояний до 100 км. Окамура предложил семейство кривых для расчета среднего ослабления в условиях города относительно ослабления в свободном пространстве [1].

$$L = L_{сп} + A(f, r) - G_{пер} - G_{пр} - G_{area} \quad (4)$$

L – средняя величина потерь, $L_{сп}$ - потери в свободном пространстве, *A(f, r)* - усредненное дополнительное ослабление, обусловленное влиянием земной поверхности, выбирается из графика [1], G_{area} - поправочный коэффициент (для расчета выбран G_{area} = 15 дБ. В результате расчета было получено максимальное расстояние от закладного устройства до приемной антенны $r_{рзу}$ = 0.35 км. Так как в модели Окамура приведены графики зависимости корректирующей поправки *A(f, r)* для максимальной дальности в свободном пространстве 300 км, то расчет дальности действия для указанных раций не представляется возможным.

Модель Хата

Модель Окамуры основана на графическом представлении экспериментальных данных, полученных Окамурой при измерениях уровней радиосигнала. Очевидно, что такая модель неудобна для вычислений с помощью ЭВМ. Для удобства ее реализации Хата предложил эмпирическую модель описания графической информации [3]:

$$\begin{aligned} L &= 69.55 + 26.16\log(f) - 13.82\log(h_{пер}) + \\ &+ k(44.9 - 6.55\log(h_{пер}))\log r - a(h_{пр}) \end{aligned} \quad (5)$$

где f – рабочая частота в МГц, $h_{пер}$ и $h_{пр}$ - высоты подвеса антенн в м, r - расстояние между передающей и приемной антеннами в км, $a(h_{пр})$ - поправочный коэффициент, зависящий от высоты подвеса антенны приемника для больших городов. Поправочный коэффициент, учитывающий протяженность трассы распространения k .

В результате расчета было получено максимальное расстояние от закладного устройства до приемной антенны $r_{рзу}$ = 0,6 км, а от рации до приемной антенны $r_{рац}$ = 1,7 км.

Модель ITU-R P.1546

Модель ITU-R P.1546 предназначена для использования в линиях радиосвязи в условиях тропосферы над сухопутными трассами, морскими трассами и/или смешанными трассами, состоящими из сухопутных и морских участков, длиной от 1 до 1000 км для эффективной высоты передающей антенны менее 3000 м. Этот метод основан на интерполяции/экстраполяции по полученным эмпирическим путем кривым напряженности поля как функциям от расстояния, высоты антенны, частоты и процента времени.

В рекомендации ITU-R P.1546 изложена методика расчета напряженности поля, основанная на использовании кривых распространения

радиоволн. Кривые представляют собой экспериментально полученные зависимости значений уровней напряженности поля, от частоты (номинальные значения частот 100 МГц, 600 МГц, 2000 МГц) [2].

Результаты расчетов по данной методики приведены в Таблице 1.

Экспериментальные исследования

В работе проведены экспериментальные исследования дальности действия радиозакладных устройств при прямой видимости. Эксперимент с рациями выполнялся на окраине г. Харькова. Для этого выбирался участок с минимально возможным количеством преград. Эксперимент с радиозакладным устройством выполнялся в центре города. Результаты измерений приведены в таблице 1.

Таблица 1.

Результаты расчётов и экспериментов

Источник излучения	Модели распространения радиоволн				Эксперимент, км
	Свободное пространство, км	Окамура, км	Хата, км	ITU-R P.1546, км	
Закладное устройство	200	0,35	0,6	2	0,3
Рация	735	-	1,7	13	8,31

Выводы

Исходя из полученных результатов, модель свободного пространства не подходит для расчета дальности действия радиозакладного устройства. Используя модели Окамура, Хата и ITU-R P.1546 можно получить более точные значения, поскольку в них учитываются дополнительные потери по трассе. Данные выводы являются предварительными, оценочными, основанные только на результатах данных испытаний. Для получения более объективных заключений необходимы дополнительные более широкие исследования.

Список литературы

1. Лихограй В.Г., Крючкова Л.П. Производительность и помехозащищенность радиоканалов систем абоненского радиодоступа: [учебное пособие] / Под. ред. проф. В.М. Шокало, проф. В.А. Хорошко. – Харьков: КП «Городская типография», 2011. – 165с.

2. Сектор радиосвязи МСЭ-R. Рекомендация МСЭ-R P.1546-4 (10/2009). Метод прогнозирования для трасс связи «пункта с зоной» для наземных служб в диапазоне частот от 30 МГц до 3000 МГц. Серия P. Распространение радиоволн. ITU 2010. – 33с.

3. Абилов А.В. Распространение радиоволн в сетях подвижной связи: Теоретический материал и задачи для практических занятий. – Ижевск: Изд-во ИжГТУ, 2001 – 12с.

УДК 681.327

Л.В. Рябова, ассистент, Е.И. Подгорный, доцент,
(Национальный авиационный университет, Украина)

ОСОБЕННОСТИ АЛГОРИТМИЧЕСКИХ ПРОЦЕДУР “БИОМЕТРИЧЕСКАЯ ИДЕНТИФИКАЦИЯ” И “БИОМЕТРИЧЕСКАЯ АУТЕНТИФИКАЦИЯ“

В статье на качественном уровне выполнен сравнительный анализ двух алгоритмических процедур «биометрическая идентификация–аутентификация». Показаны отношения этих процедур в глобальном процессе информации, применительно принципа обобщённой биометрии. По результатам анализа сформулированы области использования.

В терминологии идентификация/аутентификация в настоящее время существует некоторая путаница. В российской литературе по безопасности эти понятия разделены: идентификация — это проверка наличия предъявляемого идентификатора (обычно имени пользователя) в списке зарегистрированных, аутентификация — это проверка принадлежности пользователю (человеку) предъявленного им идентификатора. В иностранной литературе вся процедура проверки имени/пароля может называться как идентификацией, так и аутентификацией. С другой стороны, в литературе по биометрии под идентификацией часто понимается сравнение «один ко многим», то есть аутентификация. В данной статье для общего описания используется термин “биометрическая идентификация” как составная часть устойчивого английского выражения “biometric identification”, описывающего биометрическую проверку.

Классическая идентификация предполагает изучение некоторого неизвестного объекта и создание его математической модели, описывающей вход/выход объекта идентификации с заданной погрешностью. При этом предполагается, что имеется возможность исследовать объект идентификации достаточно подробно, подавая на его вход различные тестовые воздействия [3,4]. Кроме того, в рамках технической кибернетики принято различать идентификацию в широком смысле этого понятия, когда выбирается структура модели, число и вид учитываемых ею параметров, а также многочисленные условия и ограничения в рамках, которых выбранная модель корректно описывает объект идентификации. Идентификация в узком смысле этого понятия предполагает только измерение или уточнение вполне конкретных параметров ранее выбранной модели. Понятие биометрической идентификации является частным случаем, приведенного выше, более общего понятия, отражающего ряд специфических моментов биометрии. В частности, биометрическая идентификация в отличие от классической идентификации имеет дело только с (откликами объекта) статическими и динамическими образами личности.

По аналогии с классической идентификацией биометрическую идентификацию следует рассматривать в широком и узком смысле этого

понятия. На этапе биометрической идентификации в широком смысле должен быть решен ряд весьма важных вопросов:

– выбран вид контролируемых биометрических параметров;

– выбран способ измерения контролируемых биометрических параметров;

– выбран вид математических преобразований (представлений), позволяющих достаточно эффективно извлекать биометрические данные из исходной измерительной информации;

– выбрана математическая модель, увязывающая между собой стабильную и нестабильную часть контролируемых биометрических параметров;

– выбран состав принимаемых во внимание биометрических параметров в разрабатываемой системе;

– выбран вид решающего правила и заданы его параметры;

– должны быть статистически оценены уровни ошибок первого и второго рода для среднестатистического пользователя разрабатываемой биометрической системы.

Очевидно, что только корректное решение всех перечисленных выше вопросов позволяет надеяться на создание достаточно надежной системы биометрической идентификации личности.

Задачу биометрической идентификации в узком смысле решают пользователи этих систем на этапе их обучения распознаванию характерных биометрических образов, порождаемых конкретной личностью и сводится к следующим основным идентификационным процедурам:

– предъявление биометрических образов идентифицируемой личностью;

– измерение заданных биометрических параметров в предъявленных образах идентифицируемой личности;

– создание биометрического эталона идентифицируемой личности;

– оценка качества созданного биометрического эталона по отношению к среднестатистическому биометрическому эталону;

– предсказание будущего уровня ошибок первого и второго рода для полученного биометрического эталона.

Следует подчеркнуть, что сегодня активно обсуждаются только три первых обязательных процедуры биометрической идентификации в узком смысле этого понятия. Две последних процедуры фактически не используются и не обсуждаются, что, видимо, является временным и связано с недостаточным уровнем конкуренции на сравнительно молодом рынке биометрических систем.

Весьма негативным моментом, является то, что современные биометрические системы идентификации личности дают значительный разброс своих показателей качества [2] по отношению к заявленным в рекламе среднестатистическим показателям. Для того, чтобы избежать этой ситуации биометрические системы будущего должны уметь сравнивать биометрический эталон конкретной личности со среднестатистическим эталоном и

предсказывать показатели качества системы для конкретного пользователя. На сегодня ни одна из коммерческих биометрических систем подобным свойством не обладает.

С точки зрения потребителя биометрическая идентификация является некоторой подготовительной операцией перед основными процедурами биометрической аутентификации. Принципиальным отличием идентификации и аутентификации является уровень доверия к пользователю. На предварительном этапе идентификации (обучения системы) уровень доверия к регистрируемому пользователю априорно высок.

Режим биометрической аутентификации, напротив, предполагает низкий уровень доверия к аутентифицируемой личности. При биометрической аутентификации личность-заявитель должна доказать подлинность своего заявленного имени путем предъявления своих уникальных биометрических образов. Следует особо отметить, что биометрическая аутентификация потенциально уязвима, если она используется независимо от методов классической аутентификации, построенных на протоколах с использованием паролей и криптографических ключей [5,6]. При этом синтез биометрического эталона пользователя и его биометрического ключа осуществляется на этапе обучения системы или на этапе биометрической идентификации в узком смысле.

Для современных биометрических систем оптимальным является наличие контроля качества биометрического эталона в процессе обучения системы. При распределении между участниками биометрической аутентификационной информации могут быть использованы специальные меры по обеспечению ее конфиденциальности и целостности (личные встречи, шифрование, потайные каналы) т.к. существует угроза компрометации паролей и ключевой информации.

При биометрической аутентификации система осуществляет измерение биометрических параметров пользователя. Далее по заявленному пользователем имени система извлекает его биометрический эталон и сравнивает с ним значения измеренных биометрических параметров. Сравнение предъявленных биометрических параметров с их эталонными значениями может осуществляться с помощью достаточно сложного решающего правила, которое в конечном итоге принимает аутентификационное решение “ДА” или “НЕТ”. В частности, как “контролируемую зону” при аутентификаии следует рассматривать охраняемую территорию предприятий, где соответствующие гарантии обеспечиваются рядом организационно-технических мероприятий.

Целесообразно подчеркнуть, что наряду с аутентификацией пользователей (участника) информационного обмена принято выделять аутентификацию источника информации (авторизация электронных документов). Для подтверждения своего авторства пользователь может много позже предъявить эксперту образцы подписи, обучая его до момента однозначного аутентификационного решения.

Биометрия может решать задачи двух существенно различных режимов ее применения: режим идентификации личности; режим аутентификации личности.

В свою очередь каждый из этих двух режимов может иметь существенные отличия применительно к участникам информационного обмена или источнику информации. В итоге биометрия распадается на четыре варианта приложений: биометрическая идентификация личности участника информационного обмена, осуществляемая в реальном времени; биометрическая идентификация личности источника информации (авторизация рукописных текстов, звуковых файлов); биометрическая аутентификация личности участника обмена информации (реальное время); биометрическая аутентификация личности источника информации (в будущем времени).

Выводы

Все эти четыре режима использования биометрии имеют много общих черт, однако, они имеют и существенные различия. Многообразие вопросов, связанных с аутентификацией (протоколы, требования, уровень защищенности, атаки и т.д.) будут рассматриваться как подчиненные вопросы в связи с главной биометрической идентификацией личности. Кроме того, биометрическая идентификация как разработка и обучение биометрической системы – это гораздо более сложные и неоднозначные процессы в сравнении с биометрической аутентификацией. В первую очередь следует рассматривать саму биометрию, а уже затем можно будет подробно обсуждать множество проблем стыковки биометрии с криптографическими протоколами аутентификации.

Список литературы

1.Фор А., Корман А., Денни-Папен М. Современная математика. М.: Мир, 1986.

2. Бекман Д. Аутентификация пользователей при подключении к сети. 1997. http://www.koi.mpei.ac.ru/

3. Ладыженский Г.М. Биометрическая технология. 1997. http://www.icsti.su/

4. Иванов А.И. Оценка систем биометрической аутентификации. 1998. http://www.confident.ru/

5. Горелик А. Л., Скрипкин В. А. Методы распознавания. М.: Высшая школа, 1984.

6. Фор А. Восприятие и распознавание образов. М.: Машиностроение, 1989.

7. Трушина Е.А. Идентификация пользователя ЭВМ по клавиатурному почерку, как метод защиты от несанкционированного доступа. 1997. http://www.securityclub.ru/

8. Кобиелус Джеймс. Информационная безопасность: идентификация и аутентификация. 1997. http://www.old.jet.msk.su/.

УДК 004.415.24:534.87

Т.В. Мелешко, ст.. викладач, О.О. Туз, студентка
(Національний авіаційний університет,Україна, м. Київ)

МАСКУВАННЯ АУДІОСИГНАЛІВ ПСЕВДОВИПАДКОВИМИ ЗАВАДАМИ

Проаналізувавши акустичні характеристики мовного сигналу, запропоновано генерувати шум з щільністю розподілу ймовірностей (ЩРІ) оберненою до ЩРІ сигналу, що маскується, з метою отримання рівномірної ЩРІ суміші сигнал/шум.

Мовний сигнал є засобом передачі різноманітної інформації як вербальної (словесної), так і невербальної (емоційної). Для швидкої передачі інформації в процесі еволюції був відібраний особливим образом закодований і структурований акустичний сигнал.

Процес утворення й сприйняття мовних сигналів, містить у собі наступні основні етапи: формулювання повідомлення, кодування в язикові елементи, нейромускульні дії, руху елементів голосового тракту, випромінювання акустичного сигналу, спектральний аналіз і виділення акустичних ознак у периферичній слуховій системі, передача виділених ознак по нейронних мережах, розпізнавання язикового коду (лінгвістичний аналіз), розуміння змісту повідомлення.

Мовний сигнал має двоїсту природу – з одного боку, це звичайний акустичний сигнал, що являє собою процес поширення енергії акустичних коливань у пружному середовищі. Як будь-який акустичний сигнал, він може бути представлений у вигляді звукових хвиль, що представляють собою поширення процесів стиску й розрядження часток середовища, форми фронтів яких залежать від властивостей джерела й умов поширення.

З іншого боку, мова як фізичне явище викликає певні суб'єктивні слухові відчуття (гучності, висоти, тембру, локалізації, маскування й ін.).

Для того, щоб зрозуміти, який вид шумів буде маскувати мова щонайкраще, було проведено аналіз акустичних характеристик мовного сингала.

Аналіз акустичних характеристик мовного сигналу починається із запису зміни звукового тиску в часі за допомогою мікрофона - ця залежність миттєвого значення звукового тиску від часу представляється у вигляді осцилограми. Звичайно в технічних додатках, зокрема при комп'ютерній обробці, відбувається запис усередненого за деякий відрізок часу рівня звукового тиску від часу, ця залежність називається осцилограмою (рис. 1). Безпосередньо з аналізу осцилограм мовного сигналу, насамперед, може бути отримана інформація про розподіл миттєвих значень і рівнів звукового сигналу в часі (рис. 2).

В результаті цього було з’ясовано, що ЩРІ більшості мовних сигналів має гаусовський характер та відрізняються між собою в залежності від величини диспесії. Статистичний аналіз тривалості безперервного існування різних рівнів у мовному сигналі показує, що максимальні рівні сигналу

досягаються в короткочасні проміжки часу, щільність розподілу імовірностей апроксимується нормальним законом з дисперсією і математичним сподіванням.

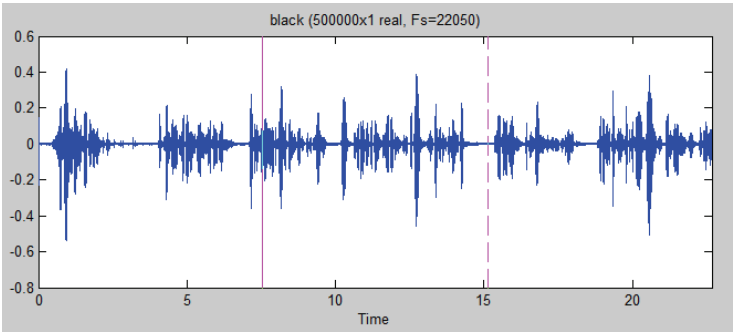


Рис. 1. Осцилограма мовного сигналу

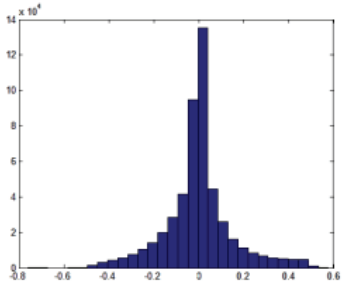


Рис. 2. ЩРІ доповідача

Спектральний аналіз мовного сигналу, як усякого акустичного сигналу, що безупинно змінюється в часі, може бути виконаний на основі записаної осцилограми за допомогою перетворення Фур'є (рис. 3).

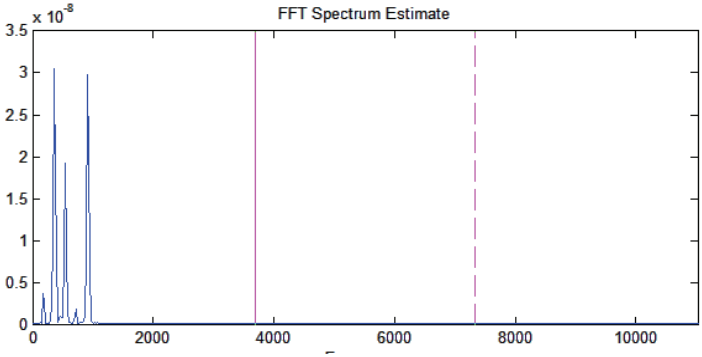


Рис. 3. Спектр мовного сигналу

Виходячи з результатів проведеного аналізу, для маскування мовних сигналів запропоновано генерувати шум з ЩРІ оберненою до ЩРІ сигналу

(рис.4), що маскується, з метою наприкінці отримати рівномірну ЩРІ суміші сигнал/шум (рис. 5).

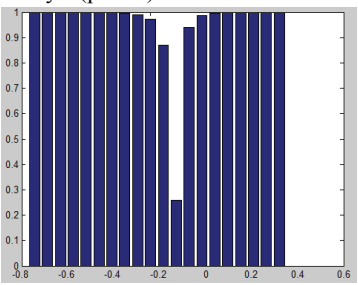


Рис. 3. ЩРІ шуму

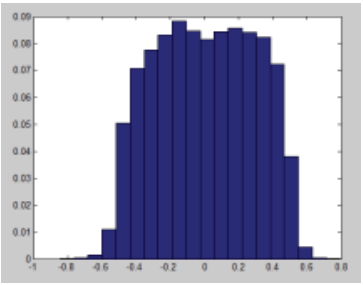


Рис. 4. ЩРІ суміші сигнал/шум

Тоді ефективна фільтрація шуму зловмисником буде практично неможлива. Таким чином, переданий сигнал повинен аналізуватися на щільність розподілу, потім повинен генеруватися шум із ЩРІ зворотною до отриманої. Якщо на виході з каналу зв'язку поставити генератор шуму, аналогічний тому, що на вході, і відняти з отриманої суміші такий же шум, що додавався, ми на виході одержимо вихідний мовний сигнал (рис. 6).

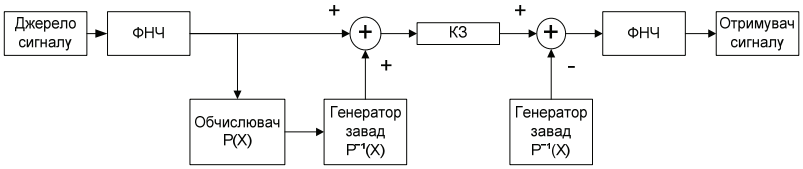


Рис. 6. Схема генерації шумів, їхнього накладення на мовний сигнал на вході й вирахування на виході КЗ

Після накладання шуму на звуковий сигнал отримується нерозбірлива суміш (рис.7). В такому вигляді суміш передається по каналу зв’язку. На виході від сигналу віднімається шум, ідентичний до доданого, в результаті чого отримується вихідний аудіо сигнал. Як видно із осцилограми (рис.8), сигнал не відрізняється від того сигналу, що був переданий (рис.1).

Для перевірки якості маскування аудіосигналів запропонованим способом, було згенеровано кілька шумів для різних видів мови. Провівши суб'єктивну оцінку розбірливості, можна зробити висновок, що на слух розібрати інформаційну складову суміші не представляється можливим.

Для оцінки стійкості отриманої суміші до фільтрації був використаний фільтр зі смугою пропускання 20 до 4000 Гц. Після фільтрації мова так само залишалася нерозбірливою.

Не зважаючи, на недоліки, порівняно з іншими, такий засіб маскування мовних сигналів набагато простіший і дешевший в реалізації, і тому може застосовуватися у випадках, коли потрібно ефективне маскування аудіосигналів без великих на це витрат або без використання громіздкої апаратури.

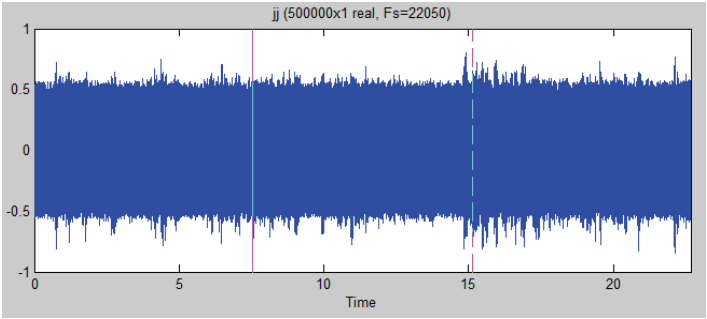


Рис. 7. Суміш аудіосигналу з шумом

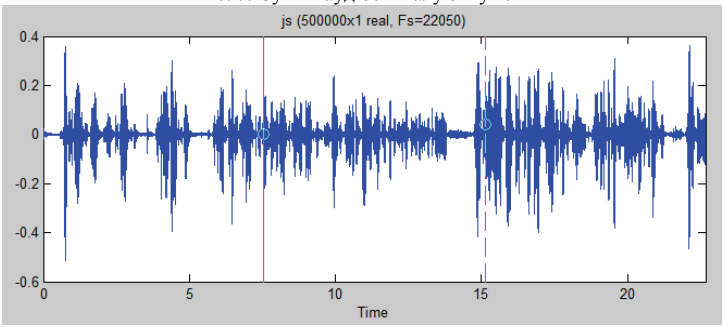


Рис. 8. Аудіосигнал після віднімання шуму

Висновок

В результаті виконаної роботи можна зробити висновок, що запропонований метод виявився достатньо ефективним. Отримана суміш має низьку розбірливість. Згенеровану заваду не можливо якісно відфільтрувати стандартними фільтрами. Але , після віднімання від суміші на виході доданого шуму, мовний сигнал знов стає «чистим».

Однак, цей метод він потребує додаткових досліджень. Так, не було досліджено як вплине на якість вихідного сигналу, отриманого після віднімання шуму від суміші, випадок, якщо сигнал на вихід надійде з затримкою та початок суміші не буде співпадати з початком шуму.

Список літератури

1. Железняк, В.К., Макаров Ю.К., Хорев А.А. Некоторые методические подходы к оценке эффективности защиты речевой информации//Специальная техника, 2000, № 4

2. Лукин А. Введение в цифровую обработку сигналов (математические основы). – М.: МГУ, 2002 – 44 с.

3. Цифровая обработка сигналов / под ред. А.Б. Сергиенко – СПб: Питер, 2002. – 606 с.

УДК: 004.415.3:004.056.5(645)

Д. О. Навроцький, аспірант
(Національний авіаційний університет, Україна, Київ)

МАТРИЧНЕ ПРЕДСТАВЛЕННЯ ПОСЛІДОВНОСТІ ФІБОНАЧЧІ ДЛЯ КРИПТОГРАФІЇ ТА ІНФОРМАЦІЙНОЇ БЕЗПЕКИ

В статті розглянуто Q-матриці, узагальнені «Фібоначчієві» матриці і їх використання в інформаційній безпеці. Розглянуто властивості детермінанта спеціальних матриць і його використання в криптографії.

В останні десятиліття теорія чисел Фібоначчі доповнилась теорією матриці спеціального типу [1], названою *Q-матрицею* [2]. Остання являє собою найпростішу квадратну матрицю розміром 2 × 2 наступного виду:

$$Q_p = \begin{vmatrix} 1 & 1 \\ 1 & 0 \end{vmatrix} \tag{1}$$

Зауважимо, що детермінант *Q-матриці* дорівнює - 1.Але яке відношення має *Q-матриця* до чисел Фібоначчі? Щоб відповісти на це питання, досить звести *Q-матрицю* до *n* ступеня. Тоді ми отримуємо:

$$Q_p = \begin{vmatrix} F_{n+1} & F_n \\ F_n & F_{n-1} \end{vmatrix} \tag{2}$$

де F_{n-1}, F_n, F_{n+1} числа Фібоначчі.

Якщо тепер обчислити детермінант матриці (2), то ми прийдемо до наступної тотожності, що пов'язує сусідні числа Фібоначчі:

$$F_n^2 - F_{n-1}F_{n+1} = (-1)^{n+1} \tag{3}$$

де, ціле *n* може приймати будь-яке значення в межах від - ∞ до + ∞.

Ця формула є, мабуть, однією з найважливіших математичних властивостей чисел Фібоначчі.

Узагальнені "Фібоначчієві" матриці

Можна використовувати ідею "Фібоначчієвої" *Q-матриці* для отримання узагальнених "Фібоначчієвих" матриць для *p*-чисел Фібоначчі. Введемо наступне визначення для Q_p*-матриці*:

$$Q_p = \begin{vmatrix} 1 & 1 & 0 & 0 & \cdots & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & \cdots & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & \cdots & 0 & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \cdots & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \cdots & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & \cdots & 0 & 0 \end{vmatrix} \qquad (4)$$

де індекс *p* приймає такі значення: 0, 1, 2, 3, ...

Зауважимо, що Q_p-*матриця* являє собою квадратну (p + 1) × (p + 1) матрицю. Вона містить одиничну (p × p) матрицю, обмежену останнім рядком, що складається з нулів, і першим стовпцем, який складається з нулів, обмежених одиницями. Для випадків p = 0, 1, 2, 3, 4 Q_p-*матриці* мають наступний відповідний вигляд:

$$Q_0 = 1;\ Q_1 = \begin{vmatrix} 1 & 1 \\ 1 & 0 \end{vmatrix} = Q;\qquad Q_2 = \begin{vmatrix} 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 \end{vmatrix};$$

$$Q_3 = \begin{vmatrix} 1 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \end{vmatrix};\qquad Q_4 = \begin{vmatrix} 1 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{vmatrix}.$$

Порівняємо тепер сусідні матриці Q_4 і Q_3. Дуже просто побачити, що матриця Q_4 зводиться до матриці Q_3, якщо в матриці Q_4 викреслити останній, тобто 5-й стовпець і передостанній, тобто 4-й рядок. Зауважимо, що ми маємо 1 на перетині 5-го стовпця і 4-го рядка. Оскільки сума 5 + 4 дорівнює непарному числу 9, це означає, що детермінант матриці Q_3 відрізняється від детермінанта матриці Q_3 тільки знаком [1], тобто

$$\text{Det } Q_4 = -\text{ Det } Q_3 . \qquad (5)$$

За аналогією дуже просто довести наступні співвідношення для детермінантів сусідніх Q_p-*матриць*:

$$\text{Det } Q_3 = -\text{ Det } Q_2;\ \text{Det } Q_2 = -\text{ Det } Q_1.$$

Враховуючи, що Det Q_0 = 1 і Det Q_1 = -1, ми отримуємо таку мате-автоматичну властивість *Q_p-матриць* в загальному випадку:

$$\text{Det } Q_p = (-1)^p . \tag{6}$$

Таким чином, детермінант кожної матриці (4) залежить від значення індексу *p*. Якщо індекс *p* є парним числом, тоді Det Q_p = 1 для всіх матриць типу (4). У протилежному випадку (*p* є непарним числом) Det Q_p = -1.

Розглянемо тепер матрицю Q_p^n, яка є n-й ступенем *Q_p-матриці*.

Дійсно, з теорії матриць випливає [1], що

$$\text{Det } Q_p^n = (\text{Det } Q_p)^n . \tag{7}$$

Використовуючи (3), ми можемо записати вираз (4) у вигляді:

$$\text{Det } Q_p = (-1)^{pn}, \tag{8}$$

де *p* = 0, 1, 2, 3, ... ; *n* = 0, ± 1, ± 2, ± 3, ...

Для будь-якого заданого *p* і *n* детермінант матриці (4) дорівнює завжди або 1 або (-1), що випливає з (8).

"Фібоначчієва" криптографія

Загальна ідея "Фібоначчієвої" криптографії подібна "Фібоначчієвому" кодуванню і ґрунтується на застосуванні узагальнених "Фібоначчієвих" матриць, *Q_p-матриць*, для шифрування і дешифрування вихідного повідомлення *M*. В (9) та (10) демонструється загальна ідея "Фібоначчієвого" алгоритму шифрування-дешифрування.

Зауважимо, що "шифрувальним ключем" є пара чисел *p* і *n*. Так як *p* = 0, 1, 2, 3, ... і *n* = 1, 2, 3, ..., це означає, що метод має теоретично необмежену кількість "шифрувальних ключів" [1].

Розглянемо метод "Фібоначчієвого" шифрування:

$$E = M \times Q_p^n \tag{9}$$

і потім метод "Фібоначчієвого" дешифрування:

$$M = E \times Q_p^{-n} \tag{10}$$

З (9) і (10) випливає, що алгоритм "Фібоначчієвого" шифрування (9) зводиться до *n*-кратного множення вихідної матриці *M* на матрицю Q_p і алгоритм "Фібоначчієвого" дешифрування зводиться до *n*-кратного множення "таємного" повідомлення *E* на "зворотну" матрицю Q_p^{-1}.

Розглянемо тепер вираз (9) для "Фібоначчієвого" шифрування і обчислимо детермінанти матриць в лівій і правій частинах виразу (9). Тоді відповідно до теорії матриць [1] ми маємо:

$$\text{Det } E = \text{Det } M \times \text{Det } Q_p^n . \quad (11)$$

Але ми знаємо з (8), що детермінант матриці Q_p^n має наступну властивість:

$$\text{Det } Q_p^n = (-1)^{pn} . \quad (12)$$

Якщо ми підставимо вираз (11) в (12), то ми отримаємо наступне властивість "Фібоначчієвої" криптографії:

$$\text{Det } E = \text{Det } (\text{M} \times Q_p^n) = \text{Det M} \times \text{Det } Q_p^n = \text{Det } M \times (-1)^{pn} . \quad (9)$$

Висновки

Детермінант кодової матриці з точністю до знаку співпадає з детермінантом вихідної матриці. Якщо тепер ми будемо завжди обчислювати детермінант Det *M* і використовувати його в «каналі зв'язку» в якості «контрольного повідомлення», то це дозволить нам вельми ефективно використовувати цю властивість для виявлення та виправлення помилок [3]. Зауважимо, на відмінність від класичної теорії кодування, де об'єктами виявлення та виправлення є «біти» і їх сукупності, в пропонованому способі кодування об'єктами виявлення та виправлення є елементи кодової матриці, які можуть бути цілими числами теоретично необмеженої довжини.
Грунтуючись на *Q-матрицях* автором був розроблений криптографічний примітив для шифратора на основі просторових матриць [4, 5].

Список літератури

1. А.П. Стахов. Компьютеры Фибоначчи и новая теория кодирования: история, теория, перспективы // Перспективные информационные технологии и интеллектуальные системы, № 2 (18), 2004. - с.17-30
2. Hoggat, Verner E. Fibonacci and Lucas Numbers, Houghton-Mifflin, Palo Alto, California (1969).
3. Stakhov A.P., Sluchenkova A.A., Massingue V. Introduction into Fibonacci Coding and Cryptography. – Харьков: Изд-во «Основа» Харьковского университета, 1999 г.
4. Соколов Н.П. Пространственные матрицы и их приложения М.: Физматлит, 1960.
5. Соколов Н.П., Введение в теорию многомерных матриц, Киев, 1972.

УДК 004.056.5(043.2)

О.С.Карнацький, студент інституту ІКІТ, кафедри КСЗІ,
В.Г.Павлов, доцент кафедри КСЗІ
(Національний Авіаційний Університет, Україна)

ОСОБЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ СТЕГАНОГРАФІЧНИХ МЕТОДІВ

В данній статті розглядаються основні критерії вибору стеганографічного методу при необхідності приховати конфіденційні дані. Продемонстрований вплив на вибір стегоконтейнеру сфери використання стеганографії.

Із розвитком сучасних інформаційних систем зростає роль захисту інформації. Провідним напрямком у галузі захисту інформації є криптографія – тобто шифрування даних. Але одночасно свого розвітку набула стеганографія. На відміну від криптографії, яка переводить дані у незрозумілий для потенційного зловмисника вигляд, стеганографічні методи приховують дані, тобто роблять їх непомітними для потенційного зловмисника. [2]

Зазвичай розрізняють три типи стеганографії:

- класична стеганографія - приховування у певних матеріальних носіях;
- комп'ютерна стеганографія - використання для приховування особливостей файлових систем та файлів;
- цифрова стенографія - приховування даних у файлах різних типів.

Цифрова стеганографія на даний момент є найпоширенішою.

Кожний раз, коли виникає необхідність приховати інформацію, виникає питання вибору стаганографічного методу. Тож метою даного дослідження є визначення основних критеріїв вибору стеганографічного методу.

Можна визначити чотири основні напрямку використання стеганографії:

- прихований зв'язок;
- захист авторських прав;
- прихована анотація документів;
- завадостійка аутентифікація.[1]

При використанні стеганографічних методів для прихованого зв'язку повідомлення приховується у певний файл, і отримувачу передається просто файл, вміст якого не викликає підозр у потенційного зловмисника. Але щоб цей файл не відрізнявся від інших, необхідно правильно вибрати стеганографічний метод.

Першим фактором, який впливає на вибір стеганографічного методу, є обрання типу контейнера, що може бути використаний для приховування. Якщо ми маємо певну замкнуту автоматизовану систему в якій і буде проходити передача прихованого повідомлення, ми маємо проаналізувати інформацію, яка циркулює в ній, і обрати такий тип файлу-контейнера, щоб

він не виділявся серед інших інформаційних носіїв у даній автомтизованій системі. Тобто, якщо, наприклад, автоматизована система встановлена у поліграфічному цеху, то файлом-контейнером варто обирати якийсь графічний файл (приховувати повідомлення у брошурі, зображенні для постеру, і т.д.), і, відповідно, обирати стеганографічний метод, який використовує зображення. Якщо ж ми оперуємо, наприклад, у сфері звукозапису, то природно буде обраний стеганографічний метод, який приховує дані у звукових файлах. Адже аудіофайл у поліграфії, як і зображення чи текстовий файл в студії звукозапису будуть виглядати підозріло та привернуть зайву увагу, через те що файли такого типу будуть відрізнятися від інших, тому вони будуть перевірятися потенційним зловмисником першими.

Тепер, коли ми визначилися із типом файлу-контейнеру постає питання вибору конкретного контейнера для повідомлення. Тут існує два випадки: випадок в якому ми обираємо контейнер довільно, так званий сурогатний метод, та випадок коли нам необхідно обрати найбільш придатний у даному випадку контейнер (наприклад треба негайно відправити повідомлення і немає часу на вибір контейнера, тобто доводиться обирати із того що є в наявності).

Тут, власне, треба враховувати характеристики самого повідомлення, а саме його обсяг. Справа в тому, що для ефективного приховування повідомлення контейнер має бути більшим за повідомлення, при тому, чим він більший від повідомлення тим менше контейнер з прихованим повідомленням буде відрізнятися від порожнього. Зазначимо, що якщо ми використовуємо сурогатний метод вибору контейнера, то застосування певного стеганографічного методу не дає будь-яких суттєвих переваг, і тому результат від цього буде мало залежати.

Тут слід зауважити, що при формуванні стеганографічної системи ми завжди вважаємо що потенційний зловмисник має уявлення про нашу стеганосистему і деталі її реалізації. Але він не володіє ключем, за допомогою якого повідомлення було вбудоване у контейнер і за допомогою якого це повідомлення може бути виявлене та виділене (потенційний зловмисник може побачити заповнений контейнер, але не виявити у ньому повідомлення, і прийняти його за звичайний файл).

Якщо ж ми не можемо самі обрати контейнер, нам необхідно обирати стеганографічний метод виходячи з співвідношення:

[об’єм повідомлення]/[надійність стеганосистеми]. (1)

Дане співвідношення важливе тому, що при фіксованому контейнері воно має зворотньопропорційний характер, тобто чим більший об’єм нашого повідомлення, тим меншу надійність матиме дана стеганографічна система (тим простіше виявити заповнений контейнер, навіть можливо на рівні зорової системи людини можуть бути видимі викривлення, що створюються внесеним повідомленням). І, відповідно, стеганографічний метод ми обиратимемо по його характеристиці надійності (наскільки великий об’єм даних можна приховати за допомогою даного методу без помітного викривлення контейнера). І якщо методи, що можуть забезпечити необхідну найдійність, в нашому арсеналі відсутні, нам залишається зробити вибір між необхідністю відправлення повідомлення і його конфіденційністю.

Використання стеганографічних методів для захисту авторських праве означає, що за допомогою стеганографії ми вбудовуємо у файл, який необхідно захистити, певні мітки, які називаються цифровими водяними знаками. Перший критерій вибору методу приховування – тип файлу, який нам необхідно захистити: чи то буде зображення, і тоді ми будемо обирати метод із переліку методів приховування даних у нерухомих зображеннях, чи то буде музикальна композиція, і, відповідно, будемо обирати з переліку методів приховування у аудіофайлах, чи то буде текстовий документ, і відповідний перелік методів. Вбудовування цифрових водяних знаків в останньому випадку (в текстовий документ) дуже схоже на електронний цифровий підпис. Оскільки мітка автора зазвичай зовсім невелика за об'ємом, остаточний вибір стеганографічного методу буде визначатися лише необхідним рівнем надійності, тобто стійкістю результуючого контейнеру до викривлень, оскільки сенс цифрових водяних знаків у тому, що вони не повинні руйнуватися.

Прихована анотація документів використовує стеганографічні методи, власне, для приховування коментарів, які має бачити в документи лише визначене обмежене коло осіб,. Оскільки дана сфера використання стеганографії передбачає використання у ролі контейнера лише текстові документи, то використовуватися будуть лише методи приховування у текстових файлах.

Під завадостійкою аутентифікацією із використанням стеганографічних методів розуміється прихована передача ідентифікаторів авторизованого користувача на сервер аутентфікації. При використанні лише криптографічних методів їх захисту потенційний зловмисник може бачити, перехопити а згодом розшифрувати ці ідентифікатори. Використання ж стеганографічних методів дозволяє піти іншим шляхом – не дати потенційному зловмиснику взагалі побачити ці дані. Оскільки метою використання стеганографічних методів в даному випадку є прихована передача інформації, критерії вибору методу приховування такі ж самі як і у прихованого зв'язку. Тобто, спочатку обирається «сімейство» методів відповідно до типу інформації, яка циркулює в даній автоматизованій системі, далі обирається власне метод, який забезпечить найбільший рівень прихованості повідомлення. Оскільки в даному випадку попередньо відомо про майбутню необхідність прихованої передачі ідентифікаторів, то можна заздалегідь створити бібліотеку контейнерів з високим рівнем прихованості за рахунок відбору у цю бібліотеку контейнерів лише великого розміру.

Висновки

Успішність використання стеганографічних методів залежить від кінцевої мети та сфери застосування. Для кожного повідомлення, яке необхідно приховати, стеганографічний метод обирається індивідуально. Визначено, що основними критеріями при виборі стеганографічного методу є: тип контейнера, об'єм повідомлення та надійність заповненого контейнера

(стійкість до викривлень). Головний критерій обирається в залежності від поставленої цілі. Подальшим напрямком дослідження є аналіз ефективності атак на стеганографічні системи та визначення рівня стійкості основних стеганографічних методів до даних атак.

Список літератури

1. Компьютерная стеганография / Г.Ф.Конахович, А.Ю.Пузыренко // МК-Пресс, 2006 - 288 с.
2. Захист інформації в мережах передачі даних: Підручник. / Юдін О.К., Конахович Г.Ф., Корченко О.Г. // ТОВ НВП «ІНТЕРСЕРВІС», 2009. – 714с., іл.

UDC 003.26:621.39:530.145

S.O. Gnatyuk PhD, Associate Professor, V.M. Kinzeryavyy Assistant, T.O. Zhmurko Postgraduate Student (National Aviation University, Ukraine, Kyiv)

IMPROVEMENT OF PING-PONG PROTOCOL WITH MANY-QUBIT GHZ-STATES

In this paper the calculation of intercepted information by unauthorized user`s attack on quantum cryptography system was carried out. Two methods of security amplification for ping-pong protocol have proposed. The tests for assessment randomness level of ternary sequences have proposed for their more effective applying in modern quantum technologies of information security.

Introduction. Well-known and proven fact [1-3] than Quantum Key Distribution (QKD) protocols can generally provide higher information security level than appropriate classical cryptographic schemes. There are also many others quantum technologies of IS but in practice they have not been extended beyond laboratory experiments yet. Despite this, some of them provide high information security level up to the information-theoretic security. For example, Quantum Secure Direct Communication (QSDC) protocols remove the secret key distribution problem because they do not use encryption. One of these is the ping-pong protocol [1, 4] and its improved versions. This protocol does not require qubit transfer by blocks. In its first variant entangled pairs of qubits and two coding operations that allow the transmission of one bit of classical information for one cycle of the protocol are used in [4]. The usage of quantum superdense coding allows transmitting two bits for a cycle. The subsequent increase in the informational capacity of the protocol is possible by the usage instead of entangled pairs of qubits their triplets, quadruplets etc. in Greenberger-Horne-Zeilinger (GHZ) states. The informational capacity of the ping-pong protocol with GHZ-states is equal to *n* bits on a cycle where *n* is the number of entangled qubits. Another way of increasing the informational capacity of ping-pong protocol is using entangled states of qudits. Thus, the corresponding protocol based on Bell's states of three-level quantum system (qutrit) pairs and superdense coding for qutrits is introduced in [4].

Attacks on the ping-pong protocol. Eve's (violator, unauthorized user – legal authorized users will be Alice & Bob) information at attack with usage of auxiliary quantum systems (probes) on the ping-pong protocol with entangled *n*-qubit GHZ-states is defined by von Neumann entropy [1]:

$$I_0 = S(\rho) \equiv -Tr\{\rho \log_2 \rho\} = -\sum_i \lambda_i \log_2 \lambda_i, \qquad (1)$$

where λ_i are the density matrix eigenvalues for the composite quantum system «transmitted qubits - Eve's probe».

For the protocol with Bell pairs and quantum superdence coding the density matrix ρ have size 4x4 and four nonzero eigenvalues:

$$\lambda_{1,2} = \frac{1}{2}(p_1 + p_2) \pm \frac{1}{2}\sqrt{(p_1 + p_2)^2 - 16p_1p_2d(1-d)},$$
$$\lambda_{3,4} = \frac{1}{2}(p_3 + p_4) \pm \frac{1}{2}\sqrt{(p_3 + p_4)^2 - 16p_3p_4d(1-d)}. \quad (2)$$

For the protocol with GHZ-triplets a density matrix size is 16x16, and a number of nonzero eigenvalues is equal to eight. At symmetrical attack, their kind is [1]:

$$\lambda_{1,2} = \frac{1}{2}(p_1 + p_2) \pm \frac{1}{2}\sqrt{(p_1 + p_2)^2 - 16p_1p_2 \cdot \frac{2}{3}d\left(1 - \frac{2}{3}d\right)},$$
$$\lambda_{7,8} = \frac{1}{2}(p_7 + p_8) \pm \frac{1}{2}\sqrt{(p_7 + p_8)^2 - 16p_7p_8 \cdot \frac{2}{3}d\left(1 - \frac{2}{3}d\right)}. \quad (3)$$

For the protocol with *n*-qubit GHZ-states, the number of nonzero eigenvalues of density matrix is equal to 2^n, and their kind at symmetrical attack is [6]:

$$\lambda_{1,2} = \frac{1}{2}(p_1 + p_2) \pm \frac{1}{2}\sqrt{(p_1 + p_2)^2 - 16p_1p_2 \cdot \frac{2^{n-2}}{2^{n-1}-1}d\left(1 - \frac{2^{n-2}}{2^{n-1}-1}d\right)},$$
$$\lambda_{2^n-1,2^n} = \frac{1}{2}\left(p_{2^n-1} + p_{2^n}\right)$$
$$\pm \frac{1}{2}\sqrt{\left(p_{2^n-1} + p_{2^n}\right)^2 - 16p_{2^n-1}p_{2^n} \cdot \frac{2^{n-2}}{2^{n-1}-1}d\left(1 - \frac{2^{n-2}}{2^{n-1}-1}d\right)}, \quad (4)$$

where *d* is probability of attack detection by legitimate users at one-time switching to control mode; p_i are frequencies of *n*-grams in the transmitted message.

The probability of that Eve will not be detected after *m* successful attacks and will gain information $I = mI_0$ is defined by the equation:

$$s(I,q,d) = \left(\frac{1-q}{1-q(1-d)}\right)^{I/I_0}, \quad (5)$$

where *q* is a probability of switching to control mode.

In fig. 1 dependences of $s(I,q,d)$ for several *n*, identical frequencies $p_i = 2^{-n}$, q = 0.5 and $d = d_{\max}$ are shown [6]. $d_{\max}$ is maximum probability of attack detection at one-time run of control mode, defined as

$$d_{\max} = 1 - \frac{1}{2^{n-1}}. \quad (6)$$

At $d = d_{\max}$ Eve gains the complete information about transmitted bits of the message. Ping-pong protocol with many-qubit GHZ-states is asymptotically

secure at any number n of qubits that are in entangled GHZ-states. A similar result for the ping-pong protocol using qutrit pairs is presented [4].

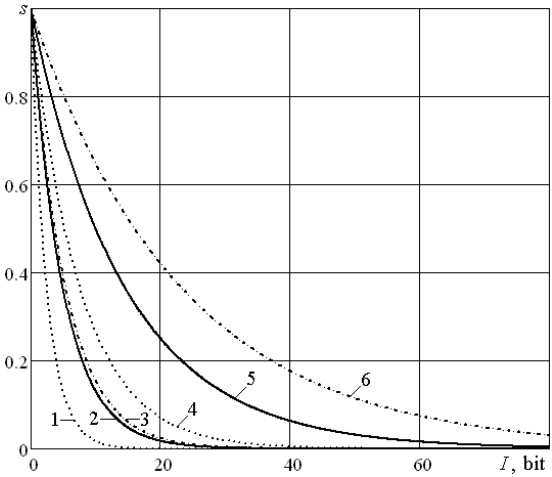


Fig. 1. Composite probability of attack non-detection s for the ping-pong protocol with many-qubit GHZ-states: n=2, original protocol (1); n=2, with superdense coding (2); n=3 (3); n=5 (4); n=10 (5); n=16 (6). I is Eve's information

Privacy amplification. A *non-quantum method of security amplification for the ping-pong protocol* is suggested in [6]. Such method has been developed on the basis of a method of privacy amplification which is utilized in quantum key distribution protocols. In case of the ping-pong protocol this method can be some kind of analogy of the Hill cipher. *Similar method of privacy amplification of the ping-pong protocol*. In this method in place of matrix K_i of size $r \times r$ the key ternary (trit) sequence k_i of size r using was proposed. The message will be calculated by the equation $b_i = k_i + a_i$, where $a_i = b_i - k_i$ («+» & «–» are operations of trit addition and subtraction by modulo 3). Key ternary sequence k_i will be formed by means of ternary pseudorandom generator and 96-trit one-time key. The trit key (instead matrices K_i) are transmitted to Bob via usual (non-quantum) open channel after the end of quantum transmission but only in the event when Alice and Bob were convinced lack of eavesdropping. Using of this method can increase the security of pong-pong protocol and its work rate at least 3 times than mentioned method [6].

Assessment of randomness for ternary sequences. Randomness is very significant in providing IS. Random (pseudorandom) sequences are applying anyway in every security system. However, binary random sequences are studied at a high level. Nevertheless, ternary or trinary sequences (by analogy to a bit, although it contains «0», «1», «2»), which is more advisable to use in QC protocols

(particularly in mentioned ping-pong protocol), are badly highlighted. Besides, the existence of the assessment tool is low-to-nonexistent. Therefore, methods of assessing ternary pseudorandom sequence need to be considered. For today, exists a number of different valuation techniques for binary pseudorandom sequences. However, in the analyses of these techniques there is no possibility to estimate the ternary pseudorandom sequences. These tests have been developed in work: Frequency test, Assessment series test & Spectral tests.

Conclusion

Accordingly, in this paper the efficiency problems of quantum cryptography (QSDC protocols) were describes. The calculation of intercepted information (quantity) by unauthorized user`s attack on quantum cryptography system (based on ping-pong protocol with pairs of entangled qudits) carried out. In addition, two known methods of security amplification for quantum cryptography systems based on QSDC were analyzed. Besides the tests for assessment randomness level of ternary sequences were proposed in the paper. This results will be interesting for IS experts for assessment security level of QC (QKD & QSDC) systems. Future researches can be related to organization of effective ternary pseudorandom generator and full suite of statistical tests for trits.

References

1. Quantum secure telecommunication systems / [Oleksandr Korchenko, Petro Vorobiyenko, Maksym Lutskiy, Yevhen Vasiliu, Sergiy Gnatyuk] // Telecommunications Networks: Current Status and Future Trends / edited by Jesus Hamilton Ortiz. — Rijeka, Croatia : InTech, 2012, pp. 211-236.

2. *Korchenko O.* Modern quantum technologies of information security against cyber-terrorist attacks / O. Korchenko, Ye. Vasiliu, S. Gnatyuk // Aviation. Vilnius: Technika, 2010, V. 14, № 2, pp. 58-69.

3. *Korchenko O.* Modern directions of quantum cryptography / O. Korchenko, E. Vasiliu, S. Gnatyuk // «AVIATION IN THE XXI-st CENTURY» — «Safety in Aviation and Space Technologies»: IV World Congress: Proceedings, September 21-23, Kyiv, NAU, 2010, pp. 17.1-17.4.

4. *Vasiliu Ye.V.* Non-coherent attack on the ping-pong protocol with completely entangled pairs of qutrits // Quantum Information Processing, 2011, V. 10, №. 2, pp. 189-202.

5. *Gnatyuk S.O.* Assessment of randomness for ternary sequences in quantum cryptography / S.O. Gnatyuk, T.O. Zhmurko // «AVIATION IN THE XXI-st CENTURY» — «Safety in Aviation and Space Technologies»: V World Congress: Proceedings, September 25-27, Kyiv, NAU, 2012, pp. 17.2-17.5.

6. *Vasiliu Ye.V.* Synthesis of the secure system of direct message transfer based on the ping-pong protocol of quantum communication / Vasiliu Ye.V., Nikolaenko, S.V. // Scientific works of the Odessa national academy of telecommunications named after O.S. Popov, 2009, №1, pp. 83-91.

УДК 621.391.8

Є.А. Мачуський, д.т.н., проф., Я.А. Малецька, студентка
(Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут", Україна, м.Київ)

ЗАХИСТ ІНФОРМАЦІЇ ПРИ ПЕРЕДАЧІ СИСТЕМАМИ ЗВ'ЯЗКУ СТАНДАРТУ IEEE 802.16 — 2004: WiMAX

Розглянуто вплив адитивних та стуктурованих завад на передачу інформації в системах зв'язку WiMAX

На сьогоднішній день інформатизація суспільства призводить до широкого поширення послуг зв'язку в цілому, і, перш за все, телекомунікаційних послуг. Ринок телекомунікаційних послуг демонструє за останнє десятиліття дуже високі темпи розвитку і грає велику роль в соціально-економічному житті суспільства.

В постіндустріальному суспільстві володіння інформацією і засобами швидкої передачі інформації стає необхідністю для забезпечення життєдіяльності суспільства, гарантування безпеки.

З поширенням мережі зв'язку WiMAX постало питання про можливість блокування роботи системи. Для задоволення цих потреб розроблено прилади, що здатні бокувати мережі даного стандарту. Подавлювачі сигналів призначенні для запобігання несанкціонованої бездротової високошвидкісної передачі даних стандарту WiMAX, здійснюваних за допомогою модемів, що використовують канали технології 4G з метою запобігання витоку інформації в межах радіусу дії подавлювача сигналів.

Аналіз подавлювачів сигналів показав, що більшість недорогих пристроїв випромінюють ЛЧМ – імпульс. ЛЧМ – імпульс виробляється генератором, керованого напругою (ГКН), з вхідною напругою пилоподібної форми. Інші подавлювачі сигналів, які представлені на ринку, генерують гармонічні коливання з рівнем 3 дБ.

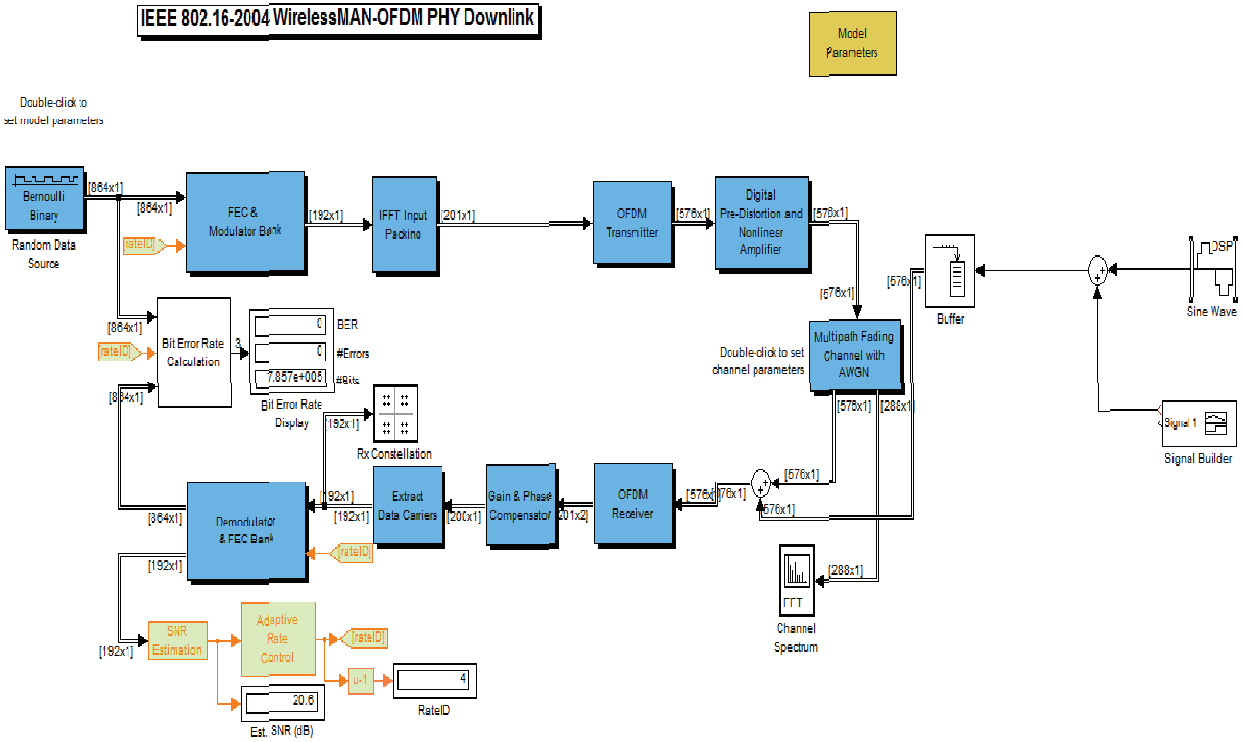
В даній роботі було проведено моделювання системи зв'язку стандарту WiMAX у підсистемі моделювання динамічних процесів MATLAB Simulink та проаналізовано вплив структурованих і адитивних завад.

Структурна схема системи WiMAX представляє собою файл бібліотеки Simulink та являється моделлю реальної системи зв'язку в напрямку "вниз".

Найбільша ефективність впливу адитивної завади буде тоді, коли вона буде діяти прямо на вхід приймача системи. Адитивна завада складається з імпульсної та гармонічної складових. Потужність генерованої завади на 3 дБ більша, ніж потужність сигналу.

Для формування адитивної завади були використані наступні блоки:

2. Блок, який формує гармонічну заваду (DSP Sine Wave);
3. Блок, який формує імпульсну заваду (Signal Builder).


IEEE 802.16-2004 WirelessMAN-OFDM PHY Downlink
Model Parameters
Double-click to set model parameters
Bernoulli Binary
Random Data Source
[864x1]
[rateID]
FEC & Modulator Bank
[192x1]
IFFT Input Packing
[201x1]
OFDM Transmitter
[576x1]
Digital Pre-Distortion and Nonlinear Amplifier
[576x1]
[676x1]
Buffer
DSP
Sine Wave
Signal 1
Signal Builder
Bit Error Rate Calculation
BER
#Errors
#Bits
7.857e+005
Bit Error Rate Display
Rx Constellation
Double-click to set channel parameters
Multipath Fading Channel with AWGN
[288x1]
[676x1]
Demodulator & FEC Bank
Extract Data Carriers
[200x1]
Gain & Phase Compensator
[201x2]
OFDM Receiver
FFT
Channel Spectrum
SNR Estimation
Adaptive Rate Control
u-1
4
RateID
20.6
Est. SNR (dB)

Для того, щоб створити структуровану заваду, необхідно проникнути на рівень фізичних каналів. Для цього було створено структуру подібну до реального передавача WiMAX.

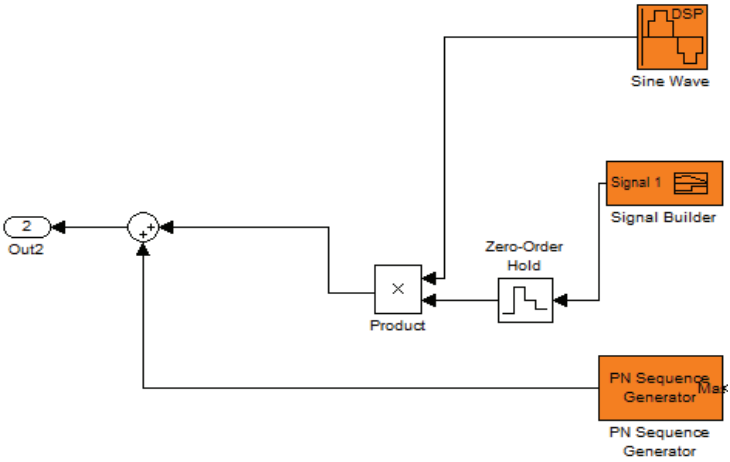


Рис. 1. Структура блоку Generator

Результатом роботи моделі виступає кількості помилок у приймачі. Підрахунок помилок проходить по бітно (величина BER). Тобто кожен біт, що передається, відстежується в системі і після виходу з системи значення біту порівнюється з його початковим значенням. Система рахує кількість помилок, кількість прийнятих біт.

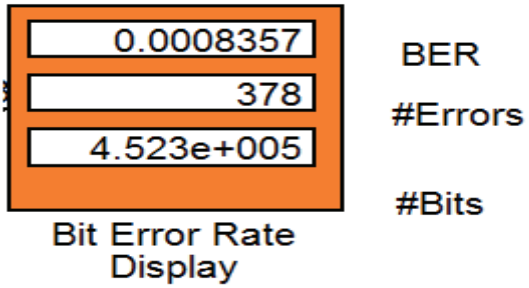


Рис. 2. Результати моделювання для адитивної завади

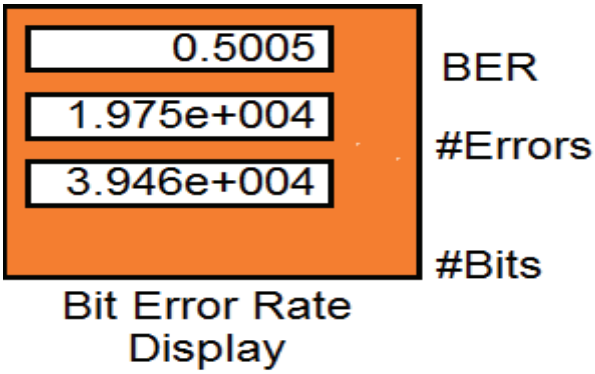


Рис. 3. Результати моделювання для структурованої завади

В результаті проведеного моделювання для адитивної завади, кількість прийнятих бітів з помилкою становить 0,08%, а для структурованої завади — 50%.

Висновки

В результаті проведених досліджень показано, що за вплив змодельованої адитивної завади незначний. Кількість помилок при прийомі в системі становить 0,08%, а при впливі структурованої завади кількість помилок — 50%. Для ефективного продавлювання сигналів потрібно знати структуру самого сигналу.

Список літератури

7. Лазарев А.Ф. Начала программирования в бреде MatLAB: учебное пособие. К.: - НТУУ «КПИ», 2003. – 424 с.

8. Дьяконов В.П. MatLab 6.5 SP1/7.0 + Simulink 5/6 основные применения. — М.: «СОЛОН-Пресс», 2005. — 800 с.

9. В.М. Вишневский, С.Л. Портной, И.В. Шахнович. «Энциклопедия WIMAX пусть к 4G». – М.: Техносфера, 2009 – 472 с.

УДК 658:005.5

Стегній Наталія Миколаївна
(Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут»)

ЗАХИСТ ПЕРСОНАЛЬНИХ ДАНИХ В БАЗАХ КОЛЕКТИВНОГО КОРИСТУВАННЯ

Розглянуто методи та засоби захисту персональних даних. В результаті запропоновано для запобігання витоку конфіденційної інформації використання систем Data Loss Prevention.

Вступ

Враховуючи активність у використанні сучасних інформаційно-комп'ютерних технологій та телекомунікаційних мереж і автоматизовану обробки персональних даних, їх втрата може призвести до негативних наслідків як суб'єкта так і власника бази персональних даних.

Мета та задачі досліджень

Метою роботи є підвищення рівня захисту персональних даних шляхом удосконалення управління інформаційною безпекою організацій відповідно до вимог Закону України «Про захист персональних даних» .

Для досягнення поставленої мети необхідно виконати завдання:

1. Провести порівняльний аналіз положення Конвенції Ради Європи та законодавства України, з метою визначення відповідностей вимог;
2. Проаналізувати особливості обробки персональних даних в їх інформаційних базах, з метою визначення актуальних загроз;
3. Порівняти захист персональних даних існуючими системами (ЛОЗА™) і DLP-систем, з метою визначення ефективного засобу захисту;

Аналіз результатів досліджень

1. Отримана порівняльна таблиця положень Конвенції Ради Європи «Про захист осіб у зв'язку з автоматизованою обробкою персональних даних» та законодавства України. Виділеним шести основних вимог відповідає чотири законодавчих документа України. Загалом на правовому рівні досягнуто установлені європейські вимоги щодо захисту персональних даних.
2. Персональні дані в інформаційних базах зазвичай передаються мережами загального користування. За даними аналітичного центру актуальними останнім часом є внутрішні загрози.
3. Програмний продукт торгової марки ЛОЗА захищає інфраструктуру обробки інформації, що не відповідає особливостям і актуальним загрозам персональних даних. Обробка інформації Data Loss Prevention спрямована на

запобігання витоку конфіденційної інформації методами аналізу даних документа.

4. В результаті аналізу Data Loss Prevention отримана порівняльна діаграма функціональних можливостей за критеріями представленими на рис.1.

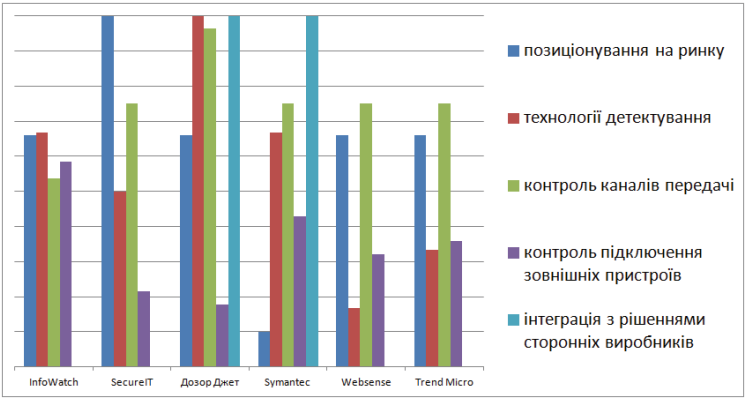


Рис. 1. Результат порівняння Data Loss Prevention

Висновки

З часу активної автоматизованої обробки персональних даних гостро постала проблема їх захисту. На правовому рівні ухвалено Закон України «Про захист персональних даних», ліцензіати пропонують комплекси захисту, що не відповідають вимогам захисту персональних даних. Надійні програмні продути не достатньо вивчені для впровадження.

Наукова новизна роботи. Для обробки персональних даних потрібно використовувати програмне забезпечення, яке виконує всі вимоги інформаційної безпеки.

Практична значення. Результати порівняльного аналізу систем Data Loss Prevention спростять вибір програмного забезпечення для обробки персональних даних, яке виконує всі вимоги інформаційної безпеки. .

Список літератури

1. Закон України «Про захист персональних даних»;
2. Конвенція Ради Європи № 108 “Про захист осіб у зв’язку з автоматизованою об-робкою персональних даних”.

УДК 004.94:629.735.02(043.2)

П.М. Павленко, д.т.н., професор
П.М. Ратушний
(Національний авіаційний університет, Україна)

МЕТОДИКА СИНТЕЗУ ПРОЕКТНИХ ВАРІАНТІВ КОНЦЕПТУАЛЬНОГО ПРОЕКТУВАННЯ СКЛАДНИХ ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ

Представлено розроблений метод і методику синтезу проектних варіантів концептуального проектування складних технічних систем, які розширюють функціональні можливості відповідних інформаційних систем

Вступ. Створення складних технічних систем типу літаків, автомобілів, верстатів та ін. є одним з основних напрямів розвитку економіки країн світу. Тому виготовлення якісної, надійної та конкурентоспроможної продукції залежить від швидкого і ефективного здійснення робіт на етапі проектування. На сьогоднішній день сучасні системи не можуть повною мірою здійснювати інформаційну підтримку ранніх етапів проектування, коли здійснюються одні з найважливіших операцій – створення концепції виробу і прийняття рішення щодо проектного варіанту. Тому, з метою підвищення продуктивності процесу концептуального проектування, необхідно удосконалювати інформаційні системи, які могли б надавати інформаційну підтримку у проектуванні складних технічних систем.

Постановка задачі. В ході досліджень виявлені проблемні місця у роботі сучасних CAD/CAM/CAE систем, що вказують на відсутність універсальної ідеї до проектування технічних систем і ролі комп'ютерів та людей в процесі концептуального проектування. Поставлена задача розробки методу та методики синтезу проектних варіантів, що має на меті розширення функціональності сучасних інформаційних систем шляхом програмної реалізації алгоритму концептуального проектування складних технічних систем.

Результати дослідження. На стадії концептуального проектування відбувається опрацювання вхідних даних, отриманих із технічного завдання та втілення їх у певній послідовності, тобто концептуальне проектування являє собою роботу з формування основної ідеї проекту. Проводиться загальне дослідження системи, її будови, складових елементів, характеристик, аналіз концептуальних ідей та їх варіантів для пошуку оптимальної сукупності параметрів. До складу інформації, що обробляється при концептуальному проектуванні відносяться вибір варіанту системи, загальні дані про неї, визначення принципу роботи та основних характеристик, оптимізація найважливіших параметрів виробу.

Синтез проектних варіантів передбачає певну процедуру генерації множини проектів на основі вхідних даних. Проте виникає задача визначення вхідних даних. Вони мають бути впорядковані певним чином, відповідати структурі проектованої системи. Тому необхідним стає створення деякої моделі технічної системи. Тобто, розроблювана методика повинна включати в себе послідовність кроків, що базуються на використанні розробленого методу синтезу проектних

варіантів для перетворення вхідної множини даних у результуюче проектне рішення технічної системи [1].

Суть даної методики полягає у виконанні певної послідовності операцій з інформаційної підтримки процесів передачі даних про технічні вимоги з PDM-системи ENOVIA SmarTeam v6 до CAD/CAM/CAE-системи CATIA v6 в узагальненому систематизованому вигляді, синтезування множини проектних варіантів та вибору основного рекомендованого варіанту і переходу в модуль системного проектування розроблюваної технічної системи у системі CATIA.

Методика синтезу проектних варіантів технічних систем в процесі концептуального проектування представлена у вигляді алгоритму (рис. 1). Розглянемо детально кожен з наведених кроків, які розкривають основні етапи методики.

Етап 1. Після першочергових процедур, таких як прийняття рішення про розробку нової технічної системи та формування замовником технічних вимог до неї, відбувається підготовка вхідних даних для синтезу проектних варіантів. При цьому вимоги систематизуються і групуються, а також задаються пріоритети для визначення напрямку руху при синтезі системи.

Етап 2. При визначенні основних майбутніх характеристик технічної системи, необхідно визначити, що в цьому напрямку вже було створено, і таким чином використати досвід попередніх розробників. В більшості випадків існують аналогічні технічні рішення. Навіть коли проектується щось кардинально нове, то воно, як правило, складається з функціональних блоків, які існують в інших системах. Таким чином, багато аналогів можна знайти у відповідних базах даних. Проте неможливо створити абсолютно повну базу даних і виконати коректний пошук необхідної інформації. Тому розробнику доведеться самостійно шукати потрібні аналоги, доки не буде сформовано достатньо повну множину.

Етап 3. На визначених аналогах проектованої технічної системи проводять функціональну декомпозицію, яка має не меті перехід від конкретних, одиничних функцій, до загальних. Тобто кожна окрема деталь технічної системи виконує одну чи кілька простих дій, а задача полягає у спрощенні і узагальненні всіх операцій.

Етап 4. Порівнюють дані щодо функціоналу систем, і вибирають характеристики, які є ключовими і присутні в усіх системах. Тому проектована система розробляється з визначенням обов'язкових функцій, які так чи інакше повинні бути присутніми. Такі спільні функціональні ознаки створюються експертними методами, тому цей процес є достатньо трудомістким, проте це один з визначальних факторів методу, що полягає у переході від компонентної структури до функціональної.

Етап 5. На даному етапі здійснюється формування структурної функціональної схеми. Вона складається з спільних функціональних ознак, які об'єднуються у один граф, за рахунок додавання взаємозв'язків між функціями, щоб створити адекватну функціональну систему. Синтез нової функціональної схеми відбувається послідовно, від найбільш загальних, ключових функцій, до простіших, розширюючи систему. Такий спосіб дозволяє не прив'язуватись до існуючих компонентів, а формально уявляти елементи системи, їх призначення.

Цим ми можемо досягнути великої гнучкості у виборі компонентів, не обмежуючи себе нічим, окрім технічних умов.

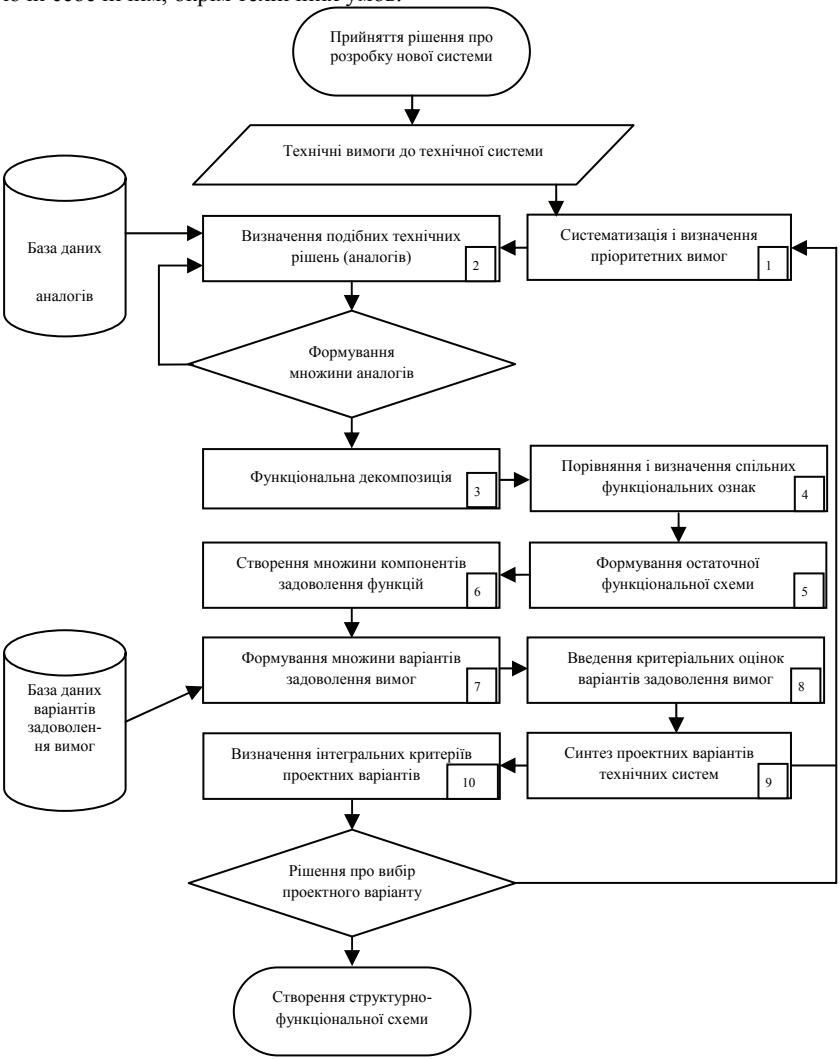


Рис. 1. Алгоритм методики синтезу проектних варіантів технічної системи

Етап 6. Визначення можливих компонентів системи, які можуть задовольняти встановлені функціональною схемою функції технічної системи.

Етап 7. Визначаються можливі комбінації компонентів системи, тому що для виконання деякої функції може використовуватись не лише один компо-

нент. В більшості випадків необхідне об'єднання властивостей кількох складових. Тоді така сукупність елементів буде одним із варіантів задоволення вимог. Для автоматизації операцій цього етапу доцільно створити базу даних варіантів задоволення вимог – деяку таблицю відповідності функцій і можливих варіантів компонентів, що реалізовують їх.

Етап 8. Включає в себе набір операцій введення критеріальних оцінок варіантам задоволення вимог. Оцінками є критерій відповідності вимогам, критерій модифікації компонента і критерій вартості. Усі вони потрібні для прийняття рішення щодо вибору проектного варіанту.

Етап 9. Відбувається генерація проектних варіантів на основі створеної раніше концептуальної моделі технічної системи, що включає варіанти задоволення вимог, компонентів системи і вимог, таким чином, щоб для кожного проектного варіанту виконувалась кожна вимога. При необхідності можна виконати корекцію вимог [1, 2].

Етап 10. Це заключний етап методики синтезу проектних варіантів, що включає обчислення часткових та інтегральних критеріїв якості, на основі визначених раніше критеріальних оцінок [3]. Найкращим проектним варіантом може бути система, що має екстремум трьох критеріїв. Проте, у особи, що приймає рішення, залишається деяка свобода вибору із подібних рекомендованих проектних варіантів технічних систем. Тому тут виникає задача прийняття рішення, щодо оптимальності системи. Часто, при виявленні деяких характеристиках, може виявитись, що зміна деяких вхідних вимог може значно покращити систему, тому передбачено механізм їх модифікації.

Висновки. Розроблена методика синтезу проектних варіантів реалізована як підсистема інформаційної підтримки розробників у створенні і виборі проектних варіантів складних технічних систем. Застосування даної методики підвищує продуктивність процесу концептуального проектування, та сприяє пошуку нових ефективних технічних систем.

Список літератури

1. Трейтяк В.В. Метод синтезу проектних варіантів концептуального проектування вузлів літака / В.В. Трейтяк, О.О. Борисов, П.М. Ратушний // Вісник Чернігівського державного технологічного університету. − 2013. − №49. − С. 145-151.

2. Елтаренко Е.А. Оценка и выбор решений по многим критериям. – М.: МИФИ,1995. –111 с.

3. Павленко П.М. Алгоритм концептуального проектування технічних систем літака / П.М. Павленко, В.В. Трейтяк, П.М. Ратушний // Вісник Національного авіаційного університету. – 2013. − № 54. – С. 147-153.

УДК 681.84.083

М.Б. Гумен, к.т.н., доцент
(Національний авіаційний університет, Київ, Україна)

МЕТОДИ КОМП'ЮТЕРНОЇ ОБРОБКИ ЗОБРАЖЕНЬ ТА ОБЛАСТІ ЇХ РАЦІОНАЛЬНОГО ЗАСТОСУВАННЯ

Вступ. Сьогодні важко уявити область діяльності, в якій можна обійтися без комп'ютерної обробки зображень. Інтернет, мобільний телефон, відеокамера, фотоапарат, сканер, принтер стрімко увійшли в наш побут. Комп'ютерна обробка зображень застосовується в задачах експертизи живопису неруйнівними методами, в промисловості, медицині, космічній галузі, при управлінні процесами, автоматизації виявлення і супроводу об'єктів, розпізнаванні образів, при аналізі місцевості, при розвідці корисних копалин, в системах протипожежної безпеки, контролі якості виробленої продукції, для відновлення старих фільмів тощо.

При комп'ютерній обробці зображень вирішується велика кількість завдань, таких як поліпшення якості зображень; вимірювання параметрів; спектральний аналіз багатовимірних сигналів; розпізнавання та стиснення зображень. Тому дуже важливо володіти сучасними комп'ютерними методами обробки зображення та раціонально застосовувати їх в усіх сферах діяльності людей.

Методи та результати досліджень. У багатьох комп'ютерних системах результати обробки даних подаються у вигляді зображення на екрані. При цьому одержувачем інформації є спостерігач. Процедуру, що забезпечує таке подання, називають *візуалізацією*. Бажано за допомогою обробки надати виведеному зображенню такі якості, завдяки яким його сприйняття людиною було б по можливості комфортним. Для реалізації зазначеної мети застосовуються методи, в яких здійснюється тільки по елементна обробка. В цьому випадку результат обробки в будь-якій точці кадру залежить тільки від значення вхідного зображення в цій же точці. Очевидною перевагою таких процедур є їх гранична простота.

По елементна обробка означає, що існує однозначна функціональна залежність

$$g(n,m) = \varphi[f(n,m)], \qquad (1)$$

де $f(n,m)$ і $g(n,m)$ - значення яскравості необробленого (вхідного) і одержуваного після обробки (вихідного) зображень відповідно в точці кадру, що має декартові координати *n* (номер стовпця) і *m* (номер рядка).

Лінійне контрастування. Слабкий контраст - найбільш поширена властивість ТВ та ІЧ зображень, зумовлене умовами спостереження, обмеженням діапазону відтворюваної яскравості. При лінійному контрастуванні реалізується лінійне по елементне перетворення $g(n,m) = af(n,m) + b$. Для заданих

значень мінімальної $g_{\min}$ та максимальної $g_{\max}$ вихідної яскравості

$$g(n,m) = [(f - f_{\min})(g_{\max} - g_{\min})]/(f_{\max} - f_{\min}) + g_{\min,} \cdot \qquad (2)$$

де $f_{\min}$ та $f_{\max}$ - мінімальна і максимальна яскравості вхідного зображення.

Корекція динамічного діапазону. Відомо, що при недостатньому освітленні формуються зображення з обмеженим динамічним діапазоном. Корекція певного діапазону яскравості $[f_{\text{л}}, f_{\text{п}}]$ проводиться перетворенням, передатна характеристика якого має форму, зображену на рис. 1. При цьому інші ділянки виявляються представленими деяким «сірим» фоном (мають яскравість, що відповідає рівню $g_{\min}$).

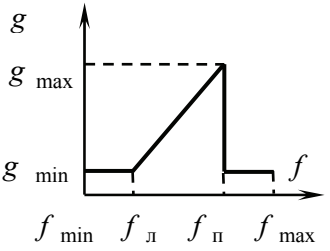


Рис. 1 Передаточна характеристика.

Перетворення гістограм. Під час поелементних перетворень відбувається зміна закону розподілу ймовірностей зображення. Лінійне контрастування зберігає вид функції щільності ймовірності, проте в загальному випадку змінює її параметри. При вирішенні практичних задач обробки зображень може бути поставлено завдання: за відомими функціями щільності ймовірностей $p(f)$ і $p(g)$ визначити потрібне перетворення $g = \varphi(f)$.

Встановлено, що для рівномірного закону розподілу

$$g(n,m) = (g_{\max} - g_{\min})p(f) + g_{\min} \cdot \qquad (3)$$

Таким чином, перетворення (3) передбачає знання закону розподілу вхідного зображення. Як правило, достовірні відомості про нього відсутні. Тому на практиці перетворення розподілів виконують у два етапи. На першому етапі спочатку визначається гістограма вхідного зображення за шкалою його яскравості, а потім на її основі оцінка $p(f)$. На другому виконується саме нелінійне перетворення (3). Зазначимо, що процедури перетворення гістограм можуть застосовуватися як до зображення в цілому, так і до окремих його фрагментів.

Переважна більшість процедур обробки для отримання результату в кожній точці кадру використовує вхідні дані з деякої безлічі точок вхідного зображення, що оточують оброблювану точку. Це методи не по елементної обробки зображень.

Фільтрація зображень зображення здійснюється в просторовій і частотній областях. Застосування процедур фільтрації призводить до істотного зниження рівня шуму в зображенні. При просторовій фільтрації перетворення виконується безпосередньо над значеннями відліків зображення. Ідеологія просторової фільтрації грунтується на використанні як даних для поточної точки, так і області навколо неї.

У якості просторової фільтрації в практиці цифрової обробки зображень широко застосовується маскова фільтрація. Як маски використовується безліч вагових коефіцієнтів, заданих для всіх точок, що зазвичай симетрично оточують поточну точку кадру в певній області. Поширеною формою такої області є квадрат 3х3 з поточним елементом в центрі. Одним із варіантів є рівномірна маска, всі дев'ять вагових коефіцієнтів якої дорівнюють 1/9. Такий вибір коефіцієнтів відповідає умові збереження середньої яскравості.

Лінійна просторова фільтрація грунтується на операції двовимірної згортки імпульсної характеристики (ІХ) фільтра $h(s,t)$ з зображенням $f(x,y)$, де s – координата характеристики в горизонтальному напрямку вздовж осі x, $s \in [-n/2, n/2]$, t – координата характеристики у вертикальному напрямку вздовж осі y, $t \in [-m/2, m/2]$. Маскою такого фільтра є прямокутна область розміром n х m, на якій задана імпульсна характеристика. Відгук фільтра $g(x,y)$ у цьому разі визначається сумою дубутків відліків зображення на відповідні відліки дзеркального відображення ІХ. Лінійна фільтрація широко застосовується при придушенні шумів в зображенні, для компенсації нерівномірності чутливості, створення ефектів розмиття зображень, в задачах виділення контурів на зображенні, підкреслення верхніх просторових частот.

Нелінійна просторова фільтрація. В результаті застосування лінійних фільтрів відбувається послаблення шумів, але одночасно розмиваються межі між областями з різною амплітудою сигналу. Для підвищення чіткості границь розроблені різні нелінійні фільтри, які функціонують в ковзному вікні і виконують нелінійні перетворення відліків зображення за певною маскою фільтра. Так, у *сигма фільтрі* центральний елемент маски подається зваженим середнім значенням, яке обчислюється за амплітудами відліків яскравості, значення яких потрапляють в область S навколо центрального елемента:

$$S = \{(s,t) : |f(x-s, y-t) - f(x,y)| \le k\sigma,$$

де σ - середньо-квадратичне відхилення (СКВ) шуму, або СКВ в масці, або СКВ зображення.

Найбільш ефективними за сукупністю факторів: згладжування шуму на однорідних ділянках зображення, збереження стрибків змін яскравості, мінімального спотворення форми границь, послаблення імпульсного шуму, обчислювальної ефективності є *медіанні фільтри*.

Медіанний фільтр (МФ), запропонований Тьюкі в 1974 р. подає центральний елемент маски медіаною впорядкованої вибірки, сформованої з усіх амплітуд відліків, що покриваються маскою фільтра. При медіанній фільтрації використовується ковзне двовимірне вікно непарної розмірності m х n. Відліки зображення, що опинилися в межах вікна, утворюють робочу вибірку поточного відліку. Для упорядкованої зростаючої послідовності $\{f_i,\ i = 1,..., mn\}$ медіаною буде той елемент вибірки, який займає серединне положення в ній. Цей елемент і визначає результат медіанної фільтрації для даної точки кадру.

Звичайні МФ спричинюють приглушення ВЧ складової зображення, і, як наслідок, - розмивання країв і текстур. Застосування адаптивних МФ зі змінюваною ІХ залежно від локального значення сигналу зображення дає змогу видалити біполярну імпульсну заваду, забезпечити згладжування шумів і зменшити приглушення ВЧ в зображенні.

МФ фільтр відноситься до рангових фільтрів. Так, вибір мінімального відліку в масці (ранг дорівнює 1), дає змогу виконати ерозію, а максимального (ранг дорівнює *mn*) - дилатацію. Ці операції широко використовуються в морфологічній обробці зображень.

Частотна фільтрація зображень забезпечується застосуванням частотних фільтрів із потрібною частотною характеристикою. Зазвичай, це фільтри Баттерворта, Чебишева, Лежандра, Беселя тощо.

Виділення границь. Границі - це такі криві на зображенні, уздовж яких відбувається різка зміна яскравості або її похідних по просторових змінних. Найбільш цікавими є зміни яскравості, які відображають важливі особливості зображуваної поверхні. До них відносяться місця, де орієнтація поверхні змінюється стрибкоподібно, або один об'єкт загороджує інший, або розміщується границя тіні, або відсутня безперервність у відбивних властивостях поверхні тощо. У будь-якому разі потрібно локалізувати місця розривів яскравості, а отже і ділянки, де можна виявити фрагмент краю. Інтуїтивно краєм зазвичай є границя між двома областями, кожна з яких має приблизно рівномірну яскравість. Традиційними способами вирішення зазначеної проблеми є *градієнтні методи на прямій та площині*.

Комп'ютерне дослідження розглянутих методів покращення зображення в середовищі MATLAB дало змогу виробити низку рекомендацій щодо їхнього застосування в системах цифрової обробки зображень, використовуваних у різних сферах людської діяльності

Так, в космічній галузі, зважаючи на те, що зображення, отримані за допомогою космічних засобів дистанційного зондування Землі, грають виключно важливу роль в наукових дослідженнях, промислових, господарських, військових сферах доцільним є застосування таких методів покращення зображення, як контрастування, підкреслення границь, вирівнювання гістограми.

У медицині інтенсивно впроваджують різні електронні пристрої, які позитивно впливають на підвищення діагностики, лікування та профілактики захворювань. У більшості випадків, відеодані отримують за допомогою мікроскопії, рентгенографії, ангіографії, ультразвукових досліджень та томографії. Ці дані дають змогу виявляти пухлини, атеросклероз, оцінювати розміри органів, параметри кровообігу тощо. Цифрові системи обробки зображень спрощують та прискорюють роботу, дають шанс скоротити час обробки інформації, що може бути життєво важливим. Ось чому, наприклад, у медицині доцільно застосовувати такі методи покращення візуальної якості зображення, як підсилення локальних контрастів, фільтрацію, збільшення динамічного діапазону.

Для систем відео спостереження, які функціонують працюють у різних погодних умовах, як вдень, так і вночі, часто при недостатньому освітленні для покращення зображення заслуговують на увагу методи вирівнювання гістограм,

підкреслення границь, розширення динамічного діапазону, фільтрації, підсилення локальних контрастів.

Висновки

Комп'ютерна обробка інформації - це один з найінтенсивніших напрямків розвитку, пов'язаний із автоматизацією систем, автоматичним аналізом отриманої інформації, що підвищує рівень безпеки та спрощує роботу людини. Значна частина задач обробки інформації та аналізу даних пов'язана із зображеннями. При розгляді методів покращення зображень завжди гостро стоїть питання вибору критеріїв оцінки якості їх перетворення.

Для покращення зображення у медицині доцільно застосовувати підсилення локальних контрастів, фільтрацію, збільшення динамічного діапазону, для аерокосмічних знімків - контрастування, підкреслення границь, вирівнювання гістограми, а у системах відео спостереження - підкреслення границь, розширення динамічного діапазону, вирівнювання гістограм, фільтрації, підсилення локальних контрастів.

Список літератури

1. Гонсалес Р. Цифровая обработка зображений / Р. Гонсалес, Р. Вудс. – М. : Техносфера, 2005. – 1072 с.

2. Зубарев Ю. Б. Цифровое телевизионное вещание. Основы, методы, системы / Ю. Б. Зубарев, М. И. Кривошеев, И. Н. Красносельский. – М. : НИИР, 2001. – 568 с.

Телевидение: учебник для высших учебных заведений / [Гоголь А. А., Джакония В. Е., Друзин Я. В. и др.]. – М. : Горячая линия – Телеком, 2007. – 616 с.

УДК 621.855.001.24

О.І. Пилипенко, д-р техн. наук, А.В. Полуян, аспірант
(Чернігівський державний технологічний університет, Україна, м. Чернігів)
А.А. Бажан, Національний авіаційний університет, Україна.

3D МОДЕЛЮВАННЯ КІНЕМАТИКИ ЛАНЦЮГОВОЇ ПЕРЕДАЧІ ЗА ДОПОМОГОЮ ПРОГРАМНОГО КОМПЛЕКСУ SOLIDWORKS

Представлене моделювання кінематики руху ролика ланцюга відносно глобальних координатних осей за допомогою програмного комплексу SolidWorks. Виявлено періодичність зміни лінійних, кутових переміщень та швидкостей ролика ланцюгового контуру і пов'язані з цим поперечні, поздовжні та крутильні коливання під час усталеного руху ланцюгової передачі.

Ланцюгова передача застосовується у вертольотній техніці та обладнанні наземних комплексів для перевірки літальних апаратів. Вона представляє собою досить складну систему, яка містить велику кількість взаємодіючих елементів та має багато можливих реалізацій в процесі свого функціонування.

Одним з основних шляхів виявлення повної картини, динамічних явищ, які мають місце в процесі експлуатації ланцюгових передач, є застосування CAD програм [1, 2, 3], які використовують комплексний підхід до розв'язування складних задач, що пов'язані з структурно-параметричним аналізом та оптимізацією.

Питання кінематики ланцюгової передачі розглядались у роботах [4, 5], в яких дослідження кінематики передачі проводились без врахування наявності веденої вітки ланцюгового контуру. В [6] було викладено подальший розвиток теорії та систематизовані наукові основи синтезу ланцюгових передач, які розглядалися як коливальна система. Робота ланцюгової передачі у вище наведеній літературі описана диференціальними рівняннями крутильних коливань, при розв'язанні яких чисельним методом на ЕОМ отримують власні частоти та форми коливань ланцюгової передачі з практично будь-якою кількістю мас.

Більш точний та досконалий математичний апарат розв'язання диференціальних рівнянь використовується програмним продуктом SolidWorks, оскільки він враховує демпфірування деталей, маси віток ланцюгового контуру, їх інерційність.

Розглянемо процедуру аналізу продуктом SolidWorks рівнянь руху лінійної системи з n ступенями вільності, яка приведена в рух силою, що змінюється з часом [7]:

$$[M]\{\ddot{u}(t)\}+[C]\{\dot{u}(t)\}+[K]\{u(t)\}=\{f(t)\}$$

де $[M]=n\times n$ – симетрична матриця інерції;

$[C]=n\times n$ – симетрична матриця демпфірування;

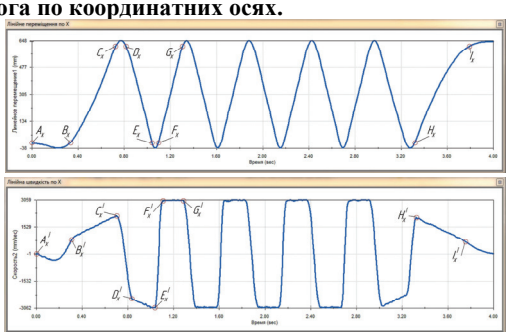
$[K]=n\times n$ – симетрична матриця жорсткості;

$\{f(t)\}=n$ – розмірний вектор сили;

$\{u\}$, $\{\dot{u}\}$, $\{\ddot{u}\}$ – n-розмірні вектори переміщення, швидкості і прискорення відповідно.

3D модель ланцюгової передачі побудована за такими параметрами: кількість зубців ведучої зірочки (z_1 = 23); кількість зубців веденої зірочки (z_2 = 43); профіль зубця "зі зміщенням"; клас точності зірочки "А"; ланцюг ПР-15,875-2300-1; попередня міжосьова відстань 555 мм; кут нахилу лінії центрів "0". Під час 3D проектування використаємо параметри та якісні характеристики зірочок ланцюгової передачі по ГОСТ 591-69; ланцюг – по ГОСТ 13568-97, що відповідає ISO 606-94. Задана швидкість обертання ведучої зірочки (n_1 = 500 хв$^{-1}$) та момент опору веденої зірочки (T_2 = 114,94 Н·м). Проміжок часу (0 – 4 секунд), на протязі якого відбуватиметься розрахунок, пов'язано з тим, що він містить в собі більше двох періодів обертання ланцюгового контуру, на протязі яких можна дослідити кінематику руху ролика ланцюга. На рисунках 1 – 4 побудовані графіки лінійних та кутових переміщень, швидкостей і прискорень відносно глобальних координатних осей. Зауважимо, що програмний комплекс SolidWorks дає можливість визначити положення відносно глобальної системи координат будь-якої деталі в складальній одиниці на відповідному проміжку часу.

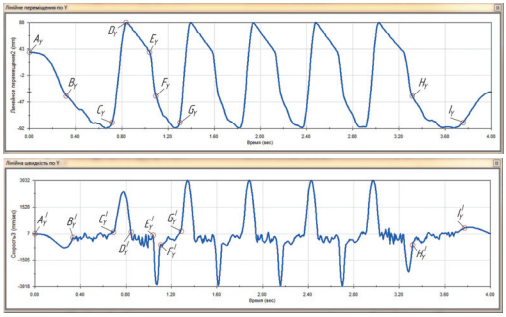
Аналіз кривих зміни лінійного і кутового переміщень та швидкостей ролика ланцюга по координатних осях.



а)

б)

Рис. 1. Лінійне переміщення (а) та швидкість (б) ролика ланцюга по осі X



а)

б)

Рис. 2. Лінійне переміщення (а) та швидкість (б) ролика ланцюга по осі Y

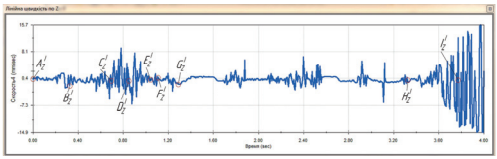


Рис. 3. Лінійна швидкість ролика ланцюга по осі Z

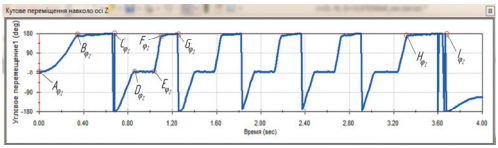


Рис. 4. Кутове переміщення відносно осі Z

На рисунках 1-4 позначені точки, які ділять криву кожного з графіків на відрізки, що характеризують розташування ролика ланцюга. В точках A_X, E_X, A'_X, E'_X, A_Y, E_Y, A'_Y, E'_Y, A'_Z, E'_Z $A\varphi_Z$, $E\varphi_Z$ ролик входить в зачеплення з ведучою зірочкою, а на відрізках A_XB_X, E_XF_X, $A'_XB'_X$, $E'_XF'_X$, A_YB_Y, E_YF_Y, $A'_YB'_Y$, $E'_YF'_Y$, $A'_ZB'_Z$, $E'_ZF'_Z$, $A\varphi_ZB\varphi_Z$, $E\varphi_ZF\varphi_Z$ він контактує з нею, і в точках B_X, F_X, H_X, B'_X, F'_X, H'_X, B_Y, F_Y, H_Y, B'_Y, F'_Y, H'_Y, B'_Z, F'_Z, H'_Z, $B\varphi_Z$, $F\varphi_Z$ виходить з контакту. На відрізках B_XC_X, F_XG_X, H_XI_X, $B'_XC'_X$, $F'_XG'_X$, $H'_XI'_X$, B_YC_Y, F_YG_Y, H_YI_Y, $B'_YC'_Y$, $F'_YG'_Y$, $H'_YI'_Y$, $B'_ZC'_Z$, $F'_ZG'_Z$, $H'_ZI'_Z$, $B\varphi_ZC\varphi_Z$, $F\varphi_ZG\varphi_Z$, $H\varphi_ZI\varphi_Z$ ролик ланцюга переміщується по веденій вітці ланцюга, а в точках C_X, G_X, I_X, C'_X, G'_X, I'_X, C_Y, G_Y, I_Y, C'_Y, G'_Y, I'_Y, C'_Z, G'_Z, I'_Z, $C\varphi_Z$, $G\varphi_Z$, $I\varphi_Z$ з веденої вітки ланцюгового контуру входить в зачеплення з веденою зірочкою. На відрізках C_XD_X, $C'_XD'_X$, C_YD_Y, $C'_YD'_Y$, $C'_ZD'_Z$, $C\varphi_ZD\varphi_Z$ ролик ланцюга контактує з веденою зірочкою, а в точках D_X, D'_X, D_Y, D'_Y, D'_Z, $D\varphi_Z$ він виходить з контакту з веденою зірочкою. На відрізках D_XE_X, $D'_XE'_X$, D_YE_Y, $D'_YE'_Y$, $D'_ZE'_Z$, $D\varphi_ZE\varphi_Z$ ролик ланцюга переміщується по ведучій вітці ланцюга.

Криві на рис. 1-4 змінюються періодично при усталеному русі ланцюгової передачі. З рис. 1а видно, що довжини дуг C_XD_X, E_XF_X відповідають діаметрам ведучої та веденої зірочок на шкалі часу, тобто по шкалі часу можна судити про місцезнаходження шарніра ланцюга на ведучій та веденій зірочках. При цьому всі верхні піки кривих відповідають періодичному розташуванню ролика на веденій зірочці, а всі нижні піки – періодичному розташуванню ролика на ведучій зірочці. З рис. 1б видно, що, проходячи по вітках ланцюгового контуру (відрізки $D'_XE'_X$ та $F'_XG'_X$), ролик ланцюга здійснює поздовжні коливання. Рис. 2а є підтвердженням того, що довжини кривих C_YD_Y, E_YF_Y відповідають діаметрам ведучої та веденої зірочок. При цьому всі верхні піки кривої відображають періодичний вихід з контакту ролика з веденою зірочкою (точка D_Y), а всі нижні піки (точка C_Y) – періодичне входження в контакт з веденою зірочкою. З рис. 2б чітко прослідковується те, що верхні піки кривої графіка відповідають розташуванню ролика ланцюга на веденій зірочці, аналогічно нижні піки – на ведучій зірочці. Амплітуди лінійних коливань ролика більші у ведучій вітці ланцюга в порівнянні з веденою. Рис. 3 показує, що найбільше переміщення ролика виникає при контакті з веденою зірочкою в момент пуску та гальмування ланцюгової передачі.

На графіку кутового переміщення ролика відносно осі *Z* (рис. 4) спостерігаються різкі зміни кута набігання ролика на ведену зірочку в моменти пуску та гальмування ланцюгової передачі. Це свідчить про обертання ролика ланцюга навколо власної осі, що в подальшому дасть змогу визначити додаткові втрати на тертя в ланцюговій передачі.

Висновки

В результаті моделювання ланцюгової передачі та аналізу кінематики руху ролика ланцюга відносно глобальних координатних осей за допомогою програмного продукту SolidWorks можна стверджувати, що: криві графіків зміни лінійного переміщення та швидкості ролика ланцюга по осях *X* та *Y*, а також лінійної швидкості по осі *Z* змінюються періодично при усталеному русі ланцюгової передачі; проходячи по вітках ланцюгового контуру, ролик ланцюга здійснює як поздовжні та поперечні коливання, так і крутильні (рис. 1 – 4); амплітуди лінійних коливань ролика більші у ведучій вітці ланцюга в порівнянні з веденою; при кутовому переміщенні ролика відносно осі *Z* спостерігається різка зміна кута набігання ролика на ведену зірочку в моменти пуску та гальмування ланцюгової передачі, що свідчить про обертання ролика ланцюга навколо власної осі.

Список літератури

1. Алямовский А.А. COSMOSWorks. Основы расчёта конструкций на прочность в среде SolidWorks. – ДМК Пресс, 2010 – 789 с.

2. Paul M. Kurowski. Engineering. Analysis with COSMOSWorks Professional. – Schroff Development Corporation (SDC), 2005. – 248 p.

3. Кудрявцев Е. М. КОМПАС-3D V10. Максимально полное руководство. В 3-х томах.: ДМК Пресс, 2008. – 1184 с.

4. Воробьев Н.В. Цепные передачи. Машиностроение, М.: 1968, 252 с.

5. Rachner H.–G. Stahlgelenkketten und Kettentriebe, Berlin, 1962, 221 s.

6. Пилипенко О.И. Научные основы и синтез цепных передач. Дисс. докт. техн. наук., ХПГУ, Харьков, 1996, 467 с.

7. http://help.solidworks.com.

УДК 65.014.1(043.2)

В.В. Трейтяк, к.т.н.
В.Ю. Кудряков, м.н.с.
(Національний авіаційний університет, Київ, Україна)

АНАЛІЗ ІНСТРУМЕНТАЛЬНИХ ЗАСОБІВ ФУНКЦІОНАЛЬНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ВИРОБНИЧИХ ПРОЦЕСІВ

Розглянуто основні інструментальні засоби функціонального моделювання виробничих процесів, виявлено переваги та недоліки відповідних систем і нотацій. Визначено перспективні інструментальні засоби моделювання для впровадження на машинобудівних підприємствах України.

Вступ. На відміну від опису організації на основі ієрархічної функціональної структури, яку складно оцінити об'єктивно, опис виробничих процесів дозволяє точно представити цілі, досліджувані характеристики (в тому числі динамічні) та кінцеві результати кожного виду діяльності. Виробничі процеси визначають проходження потоків робіт незалежно від ієрархії та границь підрозділів підприємства, які їх виконують. В силу цих обставин побудова моделі виробничих процесів націлена на вирішення наступних задач:

- по перше, на виявлення об'єктивної структури виробничих процесів;
- по друге, на оптимальне розподілення виявлених функцій по структурним підрозділам і виконавцям та їх автоматизацію з урахуванням обмежень на ресурси.

Постановка задачі. Одним з перших та основних етапів з опису виробничих процесів підприємства є вибір методів та засобів моделювання. В даний час на ринку програмного забезпечення існує велика кількість інструментальних засобів, які призначені для моделювання виробничих процесів. В основу кожного з них покладено певну методологію. В даній роботі розглянемо основні інструментальні засоби функціонального моделювання виробничих процесів, які впроваджуються на вітчизняних машинобудівних підприємствах України.

Результати дослідження.

В цілому виділяють два окремі підходи до моделювання [1].

Структурно-алгоритмічний – основними блоками моделі при використанні даного підходу є функції (процедури). Модель являє собою побудовану послідовність функцій, при цьому є можливість їх декомпозиції на складові частини; на вхід кожної функції поступають деякі дані, на виході отримуємо певні результати її виконання та необхідні для цього ресурси – працівники, обладнання, інформаційні системи та ін. До цього підходу відносять методологію IDEF. Інструментом, який реалізує дану методологію є BPWin.

Об'єктно-орієнтований підхід передбачає використання об'єктів – сутностей, які визначаються ідентичністю, станом та поведінкою. Модель в даному випадку являє собою всебічний опис об'єкту дослідження. Вона має опис: організаційної структури підприємства, структури інформаційних систем, операційних та регламентуючих документів. При моделюванні у відповідності до

об’єктно-орієнтованого підходу створюється єдина база даних об’єктів моделі, завдяки цьому є можливість відстеження взаємозв’язків між об’єктами.

Методології, які підтримують об’єктно-орієнтований принцип: методологія ARIS (група інструментальних засобів IDS Sheer «ARIS») та методологія UML (інструментальний засіб Rational Rose). Методологія UML в основному орієнтована на розробку програмного забезпечення, ARIS використовується для опису виробничих процесів підприємства. ARIS, в тому числі, забезпечує можливість оцінки процесів за заданими параметрами, наприклад з точки зору часу та вартості їх виконання.

На вітчизняних авіабудівних, суднобудівних та машинобудівних підприємствах для моделювання і аналізу виробничих процесів широко використовуються наступні засоби моделювання: Rational Rose, Oracle Designer, AllFusion Process Modeller (BPWin) та AllFusion ERwin Data Modeler (ERWin), ARIS, Power Designer. За кордоном, окрім вище згадуваних, активно використовуються такі засоби, як System Architect, Ithink Analyst, ReThink та ін. Розглянемо можливості інструментальних засобів моделювання, які масово використовуються добре зарекомендували себе на підприємствах України.

BPWin/ ERWin. BPWin та ERWin компанії Computer Associates International, Inc. (CA) входить в п’ятірку провідних виробників програмного забезпечення, який пропонує засоби моделювання, резервного копіювання, управління інфраструктурою підприємства (мережею, серверами та ін.). Пакет BPWin ґрунтується на методології IDEF та призначений для функціонального моделювання і аналізу діяльності підприємства. Функціональна модель IDEF0 відображає функціональну структуру об’єкту, тобто дії, які він виконує та зв’язки між цими діями [2].

Можливості BPWin:

- ✓ підтримує одразу три стандарти нотації - IDEF0 (функціональне моделювання), DFD (моделювання потоків даних) та IDEF3 (моделювання потоків робіт);
- ✓ дозволяє оптимізувати процедури на підприємстві;
- ✓ повністю підтримує методи розрахунку собівартості за об’ємом господарської діяльності (функціонально-вартісний аналіз, ABC);
- ✓ дозволяє полегшити сертифікацію на відповідність стандартам якості ISO9000;
- ✓ інтегровано з ERWin (для моделювання БД), Paradigm Plus (для моделювання компонентів ПЗ) та ін.;
- ✓ інтегровано з засобами імітаційного моделювання Arena;
- ✓ має власний генератор звітів;
- ✓ дозволяє ефективно маніпулювати моделями – об’єднувати їх та розділяти;
- ✓ має широкий набір засобів документування моделей, проектів.

Пакет ERWin – це засіб концептуального моделювання БД. Використовується при моделюванні і створенні БД довільної складності на основі діаграм «сутність-зв'язок». На даний момент ERWin є найбільш популярним пакетом моделювання даних завдяки підтримці широкого спектру СУБД самих різних класів. Можливості ERWin:

- ✓ підтримує методологію структурного моделювання SADT та наступні нотації: стандартну нотацію IDEFX для ER-діаграм моделей даних, нотацію IE і

спеціальну нотацію, яку призначено для проектування сховищ даних – Dimensional;

✓ підтримується пряме (створення БД на основі моделі) та зворотне (генерація моделі за існуючою БД) проектування для 20 типів СУБД: реляційні і спеціалізовані СУБД, які призначені для створення сховищ даних;

✓ інтегровано із засобами Computer Associates для підтримки всіх стадій розробки ІС, CASE-засобами Oracle Designer, Rational Rose та ін.;

✓ дозволяє повторно використовувати компоненти створених раніше моделей;

✓ можлива спільна робота групи проектувальників над однією моделлю (за допомогою AllFusion Model Manager);

✓ дозволяє переносити структуру БД (не самі дані!) з СУБД одного типу в СУБД іншого ;

✓ дозволяє документувати структуру БД.

Oracle Designer. Oracle Designer компанії Oracle. Набір інструментальних засобів Oracle Designer пропонує інтегроване рішення для розробки прикладних систем корпоративного рівня для Web і клієнт серверних/додатків. Oracle Designer приймає участь у кожній фазі життєвого циклу розробки ПЗ – від моделювання виробничих процесів до їх впровадження. Метою Oracle Designer є збір даних про потреби користувачів та автоматизація побудови гнучких графічних додатків. Інструментальні засоби побудовані на базі загальновідомих методик, які охоплюють весь життєвий цикл розробки та дозволяють користувачам здійснювати побудову моделей звичним для їх підприємства способом. Засоби концептуального проектування Oracle Designer включають в себе:

✓ ER-діаграми (діаграми інформаційної структури предметної області, яка представлена у вигляді об’єктів та їх взаємозв’язків);

✓ діаграми функціональної ієрархії, які описують функції, що виконує система;

✓ діаграми потоків даних, які циркулюють на підприємстві.

Такі моделі являють собою інформаційні потреби в зручному та наглядному для сприйняття вигляді, що робить їх продуктивним засобом комунікації між проектувальниками та користувачами в процесі уточнення постановки завдання. Будь-які зміни у виробничих процесах можуть бути внесені в моделі та буде згенеровано модифікований додаток, який базуватиметься на нових схемах виробничих процесів. Oracle Designer автоматично створює звіти, які містять всю інформацію про проект і можуть бути використані як набір документів, що відображають поточний стан проекту.

Rational Rose. Rational Rose компанії IBM. IBM Rational Rose входить до складу пакету IBM Rational Suite та призначено для моделювання програмних систем з використанням широкого кола інструментальних засобів і платформ. Rational Rose є одним з провідних інструментів візуального моделювання в програмній індустрії завдяки повноцінній підтримці мови UML та багатомовній підтримці командної розробки. Інструментальний засіб повністю підтримує компонентно-орієнтований процес створення ІС. Інтеграція Rational Rose з Rational RequisitePro дозволяє на базі візуальної моделі розробити повний набір вимог, які необхідно реалізувати при створенні кінцевої моделі. Інтеграція Ra-

tional Rose з Rational TestManager дає можливість створювати сценарії тестування на базі візуальної моделі.

Power Designer. Power Designer компанії Sybase. Компанія Sybase з дня свого заснування традиційно є провідним постачальником інформаційних технологій на світовому ринку фінансових інститутів: технології Sybase використовують 90% компаній світового ринку цінних паперів, 60% світових банків та 68% компаній Wall Street. Power Designer є комплексним вирішенням для моделювання та розробки додатків і виробничих процесів для підприємств, які потребують швидкого, послідовного та ефективного з точки зору витрат підходу.

Остання версія продукту, Power Designer, має нові можливості по моделюванню виробничих процесів, об'єктному моделюванні, яке базується на UML і підтримує як традиційні, так і нові технології моделювання в рамках однієї розвиненої графічного середовища. Це дозволяє значно скоротити витрати та час реалізації проекту, який повинен функціонувати на різних платформах і інструментальних середовищах.

ARIS. ARIS компанії IDS Sheer AG. В даний час спостерігається тенденція інтеграції різних методів моделювання та аналізу систем, яка проявляється у формі створення інтегрованих засобів моделювання. Одним з таких засобів є ARIS, який розроблено німецькою фірмою IDS Sheer [3]. Система ARIS являє собою комплекс засобів аналізу та моделювання діяльності підприємства. Її методичну основу складає сукупність різних методів моделювання, які відображають різні погляди на досліджувану систему. ARIS підтримує чотири типи моделей, що відображають різні аспекти досліджуваної системи:

- ✓ організаційні моделі, які представляють структуру системи – ієрархію організаційних підрозділів, посад та конкретних осіб, зв'язки між ними, а також територіальну прив'язку структурних підрозділів;
- ✓ функціональні моделі, які демонструють ієрархію цілей, що стоять перед фахівцями, з сукупністю дерев функцій;
- ✓ інформаційні моделі, які відображають структуру інформації, що необхідна для реалізації всієї сукупності функцій системи;
- ✓ моделі управління, які забезпечують комплексний погляд на реалізацію виробничих процесів в рамках системи.

Для побудови перерахованих типів моделей використовуються як власні методи моделювання ARIS, так і різні відомі методи та мови моделювання (ER та UML). ARIS не накладає обмежень на послідовність побудови вказаних вище типів моделей. Моделі в ARIS являють собою діаграми, елементами яких є різні об'єкти – *«функція», «подія», «структурний підрозділ», «документ»* та ін. між об'єктами встановлюються різні зв'язки. Кожному об'єкту відповідає певний набір атрибутів, які дозволяють ввести додаткову інформацію про конкретний об'єкт. Значення атрибутів можуть використовуватись при імітаційному моделюванні або для проведення вартісного аналізу.

Основна нотація ARIS – eEPC (extended Event-driven Process Chain – розширена модель ланцюга процесів, які керують подіями). Нотація eEPC розширює можливості IDEF0, IDEF3 та DFD, маючи всі їх переваги та недоліки.

Висновки

Наявність розроблених функціональних моделей та правильно впровадженого інструментального засобу функціонального моделювання на підприємстві можуть забезпечити серйозною конкурентною перевагою у боротьбі за ринки збуту, що в умовах непростої економічної ситуації має велике значення.

Список літератури

1. *Окулевский В.А.* Функциональное моделирование – методологическая основа реализации процесного подхода. НИЦ CALS-технологий / В.А. Окулевский – 2001. – 30 с.

2. D.T. SADT today: A Retrospective on an idea. IEEE Computer Magazine, 1985 Special Issue on Requirements Engineering. – 1985.

3. *Шеер А. В.* Бизнес-процессы. Основные понятия. Теория. Методы: Пер. с англ. – 2-е изд., перераб. и доп. / А. В. Шеер – М.: Весть – МетаТехнология, 1999. – 173 с.

УДК 681.3

Н.Є. Фролова, О.В. Козачок
(Національний авіаційний університет, Київ, Україна)

ТЕХНОЛОГІЇ ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ ЖОРСТКИХ ДИСКІВ

Розглянуто причини виходу жорстких дисків з ладу, проаналізовано технології забезпечення високої надійності жорстких дисків провідних виробників та здійснено їхній порівняльний аналіз.

В наш час дуже гостро стоїть проблема збереження інформації. Поширеним носієм даних вже багато років є жорсткі диски (HDD). Але нажаль жорсткі диски, як і інші компоненти засобів систем передачі, обробки та збереження інформації, виходять з ладу.

Причини виходу з ладу жорстких дисків можна поділити на дві категорії: *програмні* та *технічні*. Найпоширенішою технічною проблемою є клин шпінделя двигуна. Вінчестери з великою ємністю містять три, або більше магнітних пластин, що збільшує навантаження на вісь жорсткого диска і, як наслідок, вісь прогинається. Це призводить до підвищеної вібрації та різкого шуму, схожого на вереск. Інша серйозна проблема жорстких дисків – залежність їхньої функціональності від температури. Наприклад, вінчестери компанії Western Digital мають зчитувальні головки, які можуть вийти з ладу, якщо температура вища за 45°С.

Фізичні пошкодження є причиною зміщення осі, виходу з ладу зчитувальної головки, пошкодження підшипника, заклинювання осі двигуна, руйнування блоку магнітних головок тощо. Наприклад в дисках Seagate серії 7200.11 досить часто виникав короткий клин шпінделя. Подібна проблема є і в багатьох дисках Toshiba. Нерідко виникають проблеми з магнітними голівками у HDD Western Digital. І не лише через зовнішні впливи, але й через перегріви.

Серйозною для жорстких дисків є проблема, зумовлена так званими «поганими» секторами. З часом дані з деяких секторів диску не зчитуються. Причинами є заводський брак, фізичний вплив чи скачки напруги у звичайній електромережі.

Не завжди поява поганих секторів пов’язана з поверхнею диска. Іноді проблема полягає у мікропрограмному забезпеченні або руйнуванні файлових систем вірусами, випадковому видаленні тощо. Прикладом програмної причини поломки є неточність у прошивці однієї з моделей Seagate, через яку користувач отримує помилку "000000CC". Через руйнування мікропрограми вінчестер функціонує нестабільно, швидкість запису/зчитування зменшується, вінчестер не визначається в BIOS.

Надійність жорстких дисків фірми-виробники підвищують різними способами. Так, компанії Cooler Master, Floston, Tsunami, Vantec для усунення механічних пошкоджень під час транспортування жорстких дисків розробляють HDD-кейси.

Захист від стрибків напруги та перегрівів забезпечує система HDD&DATA Protector.

Компанія Seagate розробила технологію GFP (G-force protection), завдяки якій зменшується маса та розміри головок, збільшується розмір кліренса між

тримачем і диском [1]. У цьому разі помітно зменшується кінетична енергія зазначених компонентів, яку вони набувають при ударі. На думку виробника використання GFP дасть змогу збільшити ударостійкість на 30-40%.

Більшими можливостями наділена технологія ShockBlock компанії Maxtor [2]. Окрім стандартних рішень по зменшенню габаритів механічних частин за цією технологією передбачається зміцнення зони паркування, що забезпечує зменшення ймовірності появи осколків під час удару вимкненого HDD. Окрім того, кріплення зчитувальної головки побудовано таким чином, щоб у разі удару по диску вона доторкалась до нього всією поверхнею. Це також зменшує ймовірність пошкодження HDD.

Компанія Quantum розробила технології SPS і SPSII, в основу яких покладена ідея зменшення висоти, на яку підіймається головка під час ударі [2].

Технологія Shock Skin Bumper(SSB) фірми Samsung зменшує інтенсивність зовнішнього впливу за рахунок збільшення його тривалості [3]. Менші значення ймовірності коливання дисків забезпечуються підсиленням конструкції жорсткого диска тонким пластиковим ободом навколо нього.

Інша технологія цієї фірми ImpactGuard більш «інтелектуальна» і включає чотири покращення конструкції кронштейна з голівкою для зниження ймовірності її контакту з диском: введення обмежувачів коливань та переміщення диска, використання гнучкої підвіски головок [3].

У вінчестерах Deskstar 75GXP і 40GV фірми IBM, а потім її наступників Hitachi GST і в подальшому Western GST реалізовано технологію Ramp Load/Unload, що забезпечує позиціонування записуючих головок при вимкненні на відстані від поверхні диска на спеціальному «скаті», що значно збільшує межу перенавантаження [4]. Окрім того, застосування керамічних підшипників шпінделя та ламінованого покриття зменшує акустичний шум на 7 дБ. Дана технологія дає змогу досягати кращої в своєму класі ударостійкості, а саме 350 g для вінчестерів з однією-трьома пластинами на швидкості обертання 7200 об./хв. та до 400 g на швидкості 5400 обертів за хвилину.

Диски фірми IBM та її наступників оснащені системою TrueTrack Servo Technology, яка реалізує спеціальні алгоритми адаптивного рекалібрування серверної системи [5]. Відомо, що одним із факторів, які обмежують щільність зберігання даних на вінчестерах та призводять до хаотичного зчитування та запису є порушення точного позиціонування головки на доріжці через вібрації шпінделя та невеликі зміщення положення диска. Особливо це характерно для дисків із високою швидкістю обертання шпінделя. Дана технологія забезпечує усунення зазначених проблем. Як приклад, можна навести алгоритм виправлення помилок за допомогою функції генерування поперечних вібрацій головка-доріжка з обробкою даних на льоту. Пізніше було розроблено спеціальний чіп, який реалізує ці алгоритми без затримок, які присутні в звичайних DSP. В більш нових SCSI-дисках ця система доповнена спеціальною технологією віброзахисту Active Damping.

Згідно з тестуваннями, що проводили спеціалісти storelab.ru (див. рис. 1) довше за все служать жорсткі диски фірми Hitachi.

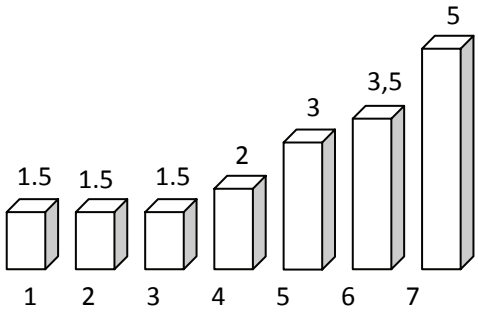


Рис.1 Порівняння надійності HDD:
1 – Seagate, серія 7200,11; 2 – Western Digital, більше 500 Гб; 3 – Samsung;
4 – Fujitsu+Toshiba; 5 - Seagate, до 7200,10; 6 - Western Digital, до 500 Гб; 7 – Hitachi.

Надійність збереження інформації на жорстких дисках підвищується при застосуванні RAID (Redundant Array of Inexpensive Disks) масивів та резервних копій HDD [6].

За технологією RAID декілька дисків з'єднується в один пристрій, що називається дисковим масивом, який, окрім великого об'єму, характеризується або підвищеною швидкістю роботи, в порівнянні з окремим диском, або підвищеною надійністю збереження даних, або одразу і тим і іншим.

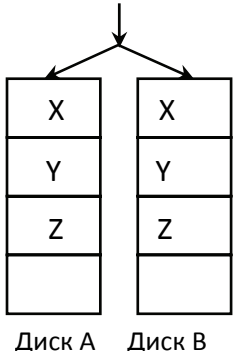


Рис. 2 Технологія RAID-1

Рівень RAID створено таким чином, що одна і та ж інформація одночасно записується на кілька дисків (див. рис. 2). При цьому копії певної сукупності даних зберігаються на окремому диску, або, зазвичай, кожен з дисків, що використовується має «двійника», який зберігає точну копію цього диску. Надійність такого рішення є достатньо високою. Окрім того, підвищується продуктивність довільного зчитування інформації, оскільки для цього можна використовувати той із «двійників», який знаходиться ближче до головок зчитування.

Технологія RAID підходить для додатків, які потребують високої надійності, низької латентності при зчитуванні, а також за відсутності обмежень щодо вартості.

Резервна копія файлу - це копія, що зберігається в окремому від вихідного файлу розташуванні. Можна створити кілька резервних копій одного файлу, якщо слід відстежувати його змінення. Резервне копіювання файлів допомагає захистити файли від остаточної втрати. RAID масиви та резервні копії допомагають не втратити інформацію при виникненні проблем з жорстким диском.

Висновки

Основна проблема жорстких дисків – це механічні пошкодження в результаті зовнішнього впливу. Ведучі компанії з виробництва жорстких дисків постійно

розробляють нові технології захисту їхніх продуктів, крім того є безліч сторонніх засобів упередження поломок.

Найефективніший засіб захисту жорстких дисків - комплексний: застосування інноваційних і програмних продуктів збереження інформації.

Список використаних джерел

1. http://www.hddprotector.com/mistakes.htm
2. http://www.ixbt.com/storage/hdd-shockprotect.html
3. http://www.3dnews.ru/storage/noiseguard/
4.http://www.hgst.com/tech/techlib.nsf/techdocs/9076679E3EE4003E86256FAB005825FB/$file/LoadUnload_white_paper_FINAL.pdf
5. http://www.orpheuscomputing.com/downloads2/9ES_TrueTrack_servo.pdf
6. http://www.technick.net/public/code/cp_dpage.php?aiocp_dp=guide_raid
7. Журнал «Хакер» № 02/04
8. http://www.xakep.ru/post/41813/default.asp
9. http://www.derstein.ru/good/good_78.html

УДК 005.311.2:004.94

С.В. Козьяков, аспірант
(Національний авіаційний університет, м. Київ, Україна)

МОДЕЛЬ КОМПЛЕКСУ ПОКАЗНИКІВ МОТИВАЦІЇ ІТ-ФАХІВЦІВ ПРОМИСЛОВИХ ПІДПРИЄМСТВ

Наведені результати досліджень мотиваторів та потреб ІТ – фахівців та розроблена модель комплексу показників мотивації ІТ-фахівців промислових підприємств

Мотивація праці є важливим завданням стратегічного управління персоналом. Здійснювані в Україні реформи не можуть бути ефективно реалізовані без створення стимулів до праці у поєднанні з дисципліною і організованістю. У сучасних умовах економічного зростання держави гостро постають питання з мотивації праці. Недосконаліть вітчизняної основи для проведення цього процесу приводить до запозичення зарубіжного досвіду. Разом з тим в існуючих HRM – системах задача управління мотивацією ІТ – фахівців не вирішена і цей важливий процес не автоматизовано.

Для побудови комплексу показників мотивації ІТ-фахівців промислового підприємства необхідно зіставити види діяльності та потреби ІТ-фахівців з видами мотиваторів [1]. Для графічного представлення моделі доцільно використати модифікацію методики побудови "дерева протиріч", запропоновану В.Г. Сибіряковим [2] (рис.1). У цій методиці поєднані три основні підходи до аналізу складних технічних систем та процесів: американський "цільовий підхід» (побудова дерева цілей), японський підхід "пошук причин браку та підвищення якості" ("діаграми К. Ісікави") та "теорія рішення винахідницьких задач» (Г.С. Альтшуллер).

Послідовність кроків методики стосовно визначення показників мотиваторів наступна:

1. Сформулювати ціль та визначити цільову функцію.
3. Сформулювати функції на основі аналізу видів діяльності.
4. Сформулювати потреби, які виникають для кожного виду.
5. Визначити множину мотиваторів, що задовольняють потреби.
6. Проаналізувати систему отриманих рішень.
7. Узгодити з підсистемами управління підприємства.

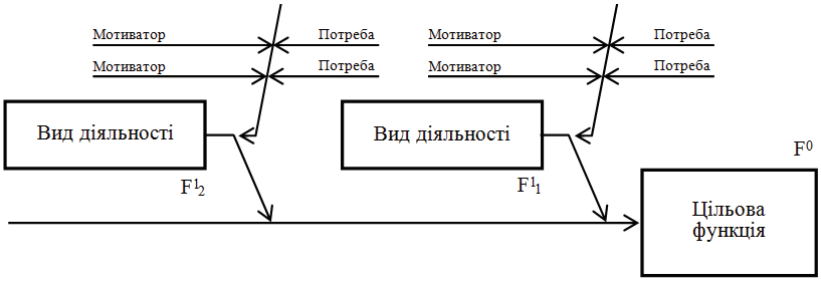
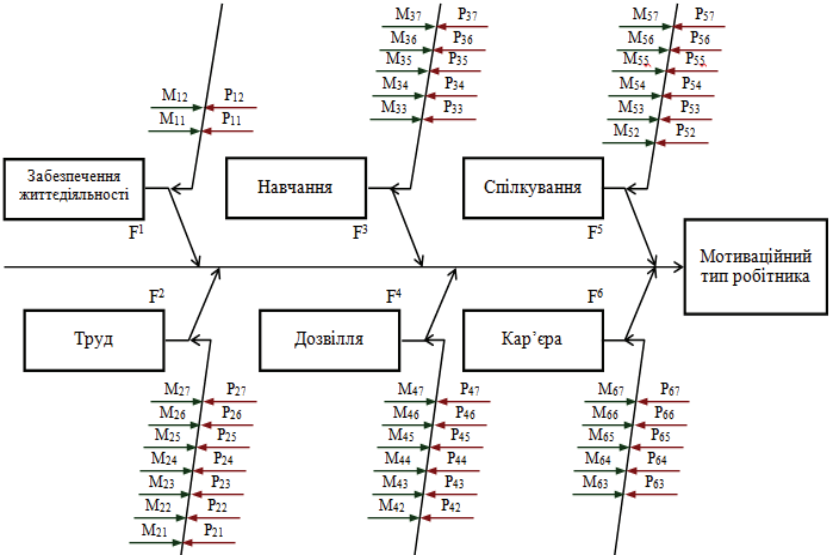


Рис. 1. Графічні представлення показників мотивації ІТ-фахівців

Результати досліджень на базових машинобудівних підприємствах дозволили класифікувати та формалізовано описати основні мотиватори та потреби ІТ – фахівців. Їх графічне представлення в вигляді функціональної моделі представлено на рис. 2.



де М – мотиватори, Р – потреби.

Рис. 2. Функціональна модель процесу визначення мотивації

В якості прикладу застосування мотиваторів ІТ-фахівців для задовільнення системи множин потреб у повазі (шануванні) в процесі труда М24↔Р24 і отримаємо деталізований фрагмент комплексу показників мотивації ІТ-фахівців базового підприємства (рис.3).

Для Р24 встановлено, що $P_{24} = \left\{ p_1^4, p_2^4, p_3^4, p_4^4, p_5^4, p_6^4, p_7^4, p_8^4, p_{12}^4 \right\}$, тобто потребами у повазі (шануванні), які задовольняються в процесі праці Р24, є: потреба в самоствердженні, в розумінні, у популярності, в шануванні, у повазі, в успіху та благополуччі, в демонстрації досягнень, у привертанні уваги, в активності. Відповідно для М24 встановлено, що $M_{24} = \left\{ M_{24}^1, M_{24}^2, M_{24}^3, M_{24}^4 \right\} =$

$$\left\{ \begin{matrix} m_1^1, m_2^1, m_3^1, m_4^1, m_5^1, m_6^1, m_7^2, m_8^2, m_9^2, m_{11}^2, m_{12}^2, \\ m_1^3, m_2^3, m_3^3, m_5^3, m_6^3, m_7^3, m_8^3, m_9^3, m_{10}^3, m_{14}^3, m_{15}^3, m_1^4, m_3^4, m_4^4 \end{matrix} \right\}$$ це означає, що потребами у повазі (шануванні) Р24, що задовольняються мотиваторами в процесі праці, є: розмір заробітної плати, своєчасність виплати заробітної плати, доплати за понаднормовий робочий час, святкові дні, нічний час, за особливі умови праці, доплати за додаткові результати праці (надбавки суміщення професій, збільшення об'єму робіт, професійну майстерність і високі досягнення в праці), премії за надпланові, наднормативні досягнення в праці, виконання важливих завдань, ініціативу, що дала конкретний результат, компенсаційні виплати, характеристика роботи, значимість, важність, відповідальність завдань, самостійність, що надається виконавцю, складність, але прийнятність цілей роботи, конкуренція в колективі, перспективи кар'єрного зростання, система формування резерву кадрів, суспільна значимість роботи, організація оцінки та самооцінки роботи ІТ-фахівців, справедлива система оплати праці, фіксація досягнень, характер особистісних взаємовідносин з керівництвом, особисте визнання, моральні методи впливу (похвала, критика), моральні винагороди (звання, нагороди), сприятливий соціально-психологічний клімат в колективі, можливість отримання освіти, підвищення кваліфікації, наявність зворотного зв'язку, тобто інформації про ефективність роботи робітника, інтенсивність контактів між керівництвом організації та ІТ-фахівцями.

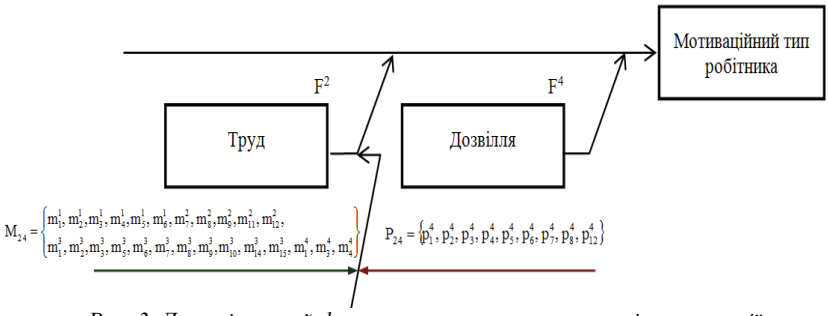


Рис. 3. Деталізований фрагмент комплексу показників мотивації

Фрагмент моделі комплексу показників мотивації ІТ-фахівців базового підприємства зображено на рис.4.

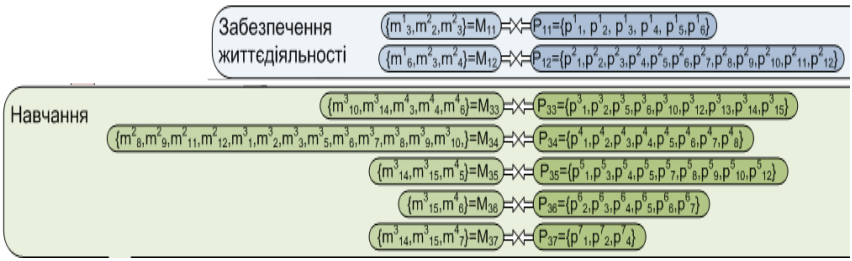


Рис. 4.Фрагмент моделі комплексу показників мотивації ІТ-фахівців промислового підприємства

Кінцева множина мотиваторів ІТ-фахівців залежить від мотиваційного типу робітника та буде суттєво відрізнятися, наприклад, для робітника з різко вираженою мотивацією на матеріальну винагороду та ідейно мотивованого робітника. Розроблений комплекс показників мотивації ІТ-фахівців промислового підприємства оснований на відомих та перевірених часом положеннях про класифікацію потреб та видів діяльності людини, сучасному стані стимулювання праці на підприємствах України, а також перспективній методиці побудови «Дерева протиріч», що дозволяє апріорно стверджувати про адекватність отриманих результатів.

Висновок

Розроблена модель комплексу показників мотивації ІТ-фахівців промислового підприємства дозволяє адаптувати процес мотивації на підприємстві під потреби ІТ-фахівців в залежності від їх мотиваційних типів, що приводить до зменшення кількості необхідних мотиваторів для підприємства, і як наслідок до зменшення фінансових витрат на фоні збільшення ефективності праці.

Список літератури

1. Завадський Й.С. Менеджмент. – У 3 т. – Т. 1. – 3-вид., доп. – К.: Вид-во Європ. ун-ту. - 2001. – 542 с.
2. Уайтли, Ф. Мотивация [Текст] / Ф. Уайтли / [пер. с англ.] / Под науч. ред. Н.М. Макаровой. - М.: Вильямс, 2005. - 160 с.

УДК 005.311.2:004.94

А.О. Хлевний (НАУ, Україна)

ВИЗНАЧЕННЯ ОСНОВНИХ ПАРАМЕТРІВ ОЦІНКИ ЕФЕКТИВНОСТІ УПРАВЛІННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОЮ ПІДГОТОВКОЮ ВИРОБНИЦТВА

Визначено основні параметри оцінки ефективності управління системою технологічної підготовки виробництва по об'єктних областях. Виділено основні параметри, по яких визначається ефективність системи управління технологічною підготовкою виробництва.

На вітчизняних підприємствах часто виникає питання у доцільності інвестування в інформаційні системи управління виробництвом та підготовкою виробництва. Тому виникла потреба у визначенні «вузьких місць» системи технологічної підготовки виробництва (ТПВ) і параметрів які необхідно покращити для ефективного управління підготовкою виробництва.

Управління системою ТПВ в часі може бути охарактеризовано показниками різних етапів її розвитку за параметрами, що визначають цілісність системи ТПВ.

Параметри управління системою ТПВ повинні відбивати розвиток системи по усіх складових її об'єктних областей :"продукт", "процес", "ресурс". Крім того, система ТПВ повинна мати характеристики її розвитку, відображаючи різні сторони моделі організації.

Відповідно до класифікації об'єкту "Продукт" його складовими є: виріб (виріб підприємства на зовнішній ринок або штампове оснащення для внутрішніх потреб виробництва), як матеріальний продукт виробництва і комплекти конструкторської і технологічної документації (як прообраз виробу - віртуальні продукти). Тому параметром управління може бути: кількість випущеної продукції на підприємстві, кількість номенклатурних одиниць, виготовлених за рік.

Згідно з класифікацією об'єкту "Процес" параметром управління системи ТПВ може бути: час дії процесу, тобто час, що витрачається на увесь процес підготовки виробництва і зокрема на розробку комплекту конструкторської документації, та на розробку комплекту технологічної документації на виріб, кожну номенклатурну одиницю.

Згідно класифікації об'єкту "Ресурс" параметрами управління системи ТПВ можуть бути: кількість комп'ютерної техніки, використовуваної в підрозділах ТПВ; кількість грошових коштів в рік, що витрачаються на програмне забезпечення ТПВ; чисельність персоналу в підрозділах конструкторської і технологічної підготовки виробництва.

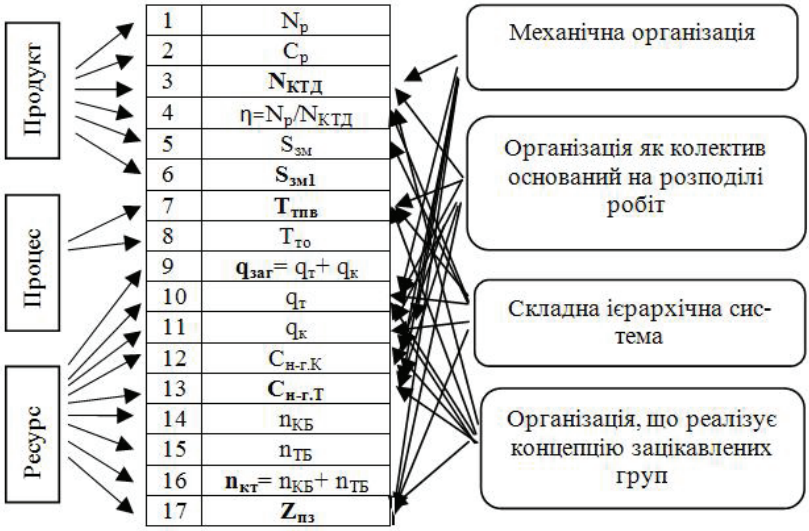
Якщо розглядати управління системою ТПВ з різних позицій, які характеризують її як модель організації системи: механістичну, побудовану на розподілі праці, складну ієрархічну систему, а також систему, як організацію, що реалізує концепцію зацікавлених груп, то можна виділити відповідні критерії ефективності системи і параметри, що дозволяють надалі оцінити її ефективність.

Взаємозв'язок параметрів, по яких можливо оцінити управління організаційною системою ТПВ відповідно до різних моделей показана в таблиці (*Таб-*

лиця 1), класифікаційна схема загальних параметрів управління системою приведена на рисунку

Таблиця 1

Вид об'єкту	№	Назва параметру	Позначення	Одиниця вимірювання
ПРОДУКТ	1	Виробнича програма випуску продукції за рік	$N_р$	Шт/рік
	2	Собівартість продукції по фактичній виробничій програмі	$C_р$	Тис.грн.
	3	Кількість розроблених комплектів ТД і КБТО за рік	$N_{КТД}$	Шт/рік
	4	Відносна кількість виготовленої продукції на одиницю номенклатури. (комплект КТД)	$η=N_р/N_{КТД}$	Шт.
	5	Кількість сповіщень про зміну ($S_{зм}$), за рік у ТД і КБТО	$S_{зм}$	Шт.
	6	Кількість сповіщень про зміну ($S_{зм}$) на один виріб, конкретного найменування	$S_{зм1}$	Шт.
ПРОЦЕС	7	Час, який витрачається на весь процес ТПВ	$T_{тпв}$	Міс.
	8	Час, який витрачений на технічну підтримку та обслуговування ІІС за рік	$T_{то}$	Міс.
РЕСУРС	9	Кількість штатних працівників у ТД і КБТО	$q_{заг}= q_т+ q_к$	Шт.
	10	Кількість штатних працівників у ТБ «Технологів»	$q_т$	Шт.
	11	Кількість штатних працівників у КБТО «Конструкторів»	$q_к$	Шт.
	12	Вартість нормо години конструктора	$C_{н-г.К}$	Грн/год
	13	Вартість нормо години технолога	$C_{н-г.Т}$	Грн/год
	14	Кількість ЕОМ використаної у КБТО	$n_{КБ}$	Шт.
	15	Кількість ЕОМ використаної у ТБ	$n_{ТБ}$	Шт.
	16	Загальна кількість ЕОМ, що використовується у ТБ і КБТО	$n_{кт}= n_{КБ}+ n_{ТБ}$	Шт.
	17	Кількість коштів витрачених на програмне забезпечення для ТПВ в рік	$Z_{пз}$	Тис.грн.



Порівняльний аналіз стану системи ТПВ в ретроспективі за відміченими сімнадцятьма загальними показниками, дозволяє виявляти багато змін системи ТПВ. наприклад:

- динаміку плану по номенклатурі, а отже, плану випуску комплектів технологічної документації (ТД);

- динаміку тривалості циклу підготовки і виробництва по єдиному графіку підготовки і виробництва в ретроспективі;

- динаміку кількості сповіщень про зміну, випущених за рік;

- динаміку інвестування в програмне забезпечення (PDM - системи).

Аналіз порівняльних показників в ретроспективі дозволяє розкрити недоліки діяльності ТПВ, такі як:

1). по стану документообігу: - виявляти великі витрати часу на процес коригування, зміни технологічної документації;

2). по напруженості праці працівників ТПВ: - відмічати велику напруженість робіт конструкторів і технологів;

3). за обсягом робіт ТПВ і в цілому виробництва: - виявляти зміни типу виробництва: за короткий проміжок часу (досліджуваний період).

Проте аналіз порівняльного стану системи ТПВ в ретроспективі не дозволяє:

- виявляти, та ранжирувати за значимістю показники, що впливають на отримання прибутку підрозділами ТПВ в системі управління підприємством;

- отримати комплексну оцінку системи, як цілеорієнтованої, такої, що ґрунтується на процесному управлінні ресурсами, з урахуванням пріоритетів стратегії розвитку бізнесу.

Необхідно відмітити, що за деякими параметрами управління системою буде напряму оцінювати і характеризуватиме виробництво. Таким чином пока-

зуючи умови роботи працівників ТПВ в системі управління підприємством, або значущість їх роботи, як долі праці в собівартості зробленої продукції. Наприклад, до таких параметрів віднесемо:

- виробничу програму випуску усіх виробів за рік, N_p,
- собівартість валової продукції, C_p;
- відносну кількість виробів, що виготовляються, на одиницю номенклатури (один комплект ТД) : $\eta=N_p/N_{ктд}$
- план випуску виробу певного найменування.

Тому вищевідзначені непрямі параметри не можуть бути віднесені до параметрів, які характеризуватимуть ефективність системи ТПВ у рамках організації і управління технологічним документообігом і з точки зору дотримання принципів складної, організаційної системи.

Крім того, оскільки організація і управління підготовкою виробництва представляє цілісну систему і не можна віддати перевагу конструкторам перед технологами (і навпаки) в процесі розробки ТД, то для того, щоб охарактеризувати, оцінити управління системою ТПВ з позиції цілісності організації, виділимо з "загальних" показників "основні". В результаті, до "основних" параметрів управління системи ТПВ можна віднести наступні: 1. Кількість розроблених комплектів ТД за рік - $N_{КТД}$, 2. Кількість сповіщень про зміну на один виріб, конкретного найменування - $S_{зм}$, 3. Час, який витрачається на процес ТПВ- $T_{тпв}$, 4. Кількість штатних працівників ТБ і КБТО- $q_{заг}$, 5. Вартість нормогодини технолога - $C_{н\text{-}г.т}$, 6. Загальна кількість ЕОМ, що використовуються у ТБ і КБТО - $n_{кт}$, 7. Кількість коштів витрачених на програмне забезпечення для ТПВ в рік - $Z_{ПЗ}$.

Висновки

Проаналізувавши основні параметри управління системою ТПВ і їх зв'язок з різними моделями організації управління, виявлено сім основних параметрів управління. Користуючись даними про показники можна оцінити ефективність впровадження і використання інформаційних технологій у ТПВ.

Список літератури

1. *Павленко П.М.* Автоматизовані системи технологічної підготовки розширених виробництв. Методи побудови та управління: монографія / П.М. Павленко. – К.: Кн. вид-во НАУ, 2005. – 280 с.
2. *Е.И. Яблочников, В.И. Молочник, А.А. Миронов.* ИПИ-технологии в приборостроении / Учебное пособие – СПб: СПбГУИТМО, 2008. – 128 с.
3. *Макарова И.И.* Управление персоналом. Наглядные учебно-методические материалы. - М.: ИППЭ им. А.С. Грибоедова, 2006.
4. Автоматизированные информационные технологии в экономике / Под. ред. *Г.А. Титоренко* – М.: Компьютер ЮНИТИ, 1998. – 336 с.
5. Информационные технологии в наукоемком машиностроении: Компьютерное обеспечение индустриального бизнеса / Под общ. ред. *А.Г. Братухина.* – К.: Техніка, 2001. – 728 с.

УДК 65.014.1(043.2)

П.М. Павленко, д.т.н., професор (НАУ, Україна, Київ)
К.С. Бабіч, аспірант (НАУ, Україна, Київ)

УЗАГАЛЬНЕНА СТРУКТУРА МОДЕЛІ ДАНИХ ПРОЦЕСУ УПРАВЛІННЯ ТЕХНІЧНОЮ ПІДГОТОВКОЮ ВИРОБНИЦТВА

Визначено узагальнену структуру моделі обміну даними між виробничими інформаційними системами, дані яких об'єднано в єдиному інформаційному просторі підприємства, та інформаційною системою управління технічною підготовкою виробництва.

Вступ. Єдиний інформаційний простір (ЄІП) підприємства створюється для сумісного доступу до своєчасно актуалізованої інформації усіх виробничих та невиробничих систем підприємства та для ефективної організації процесів підприємства, які й використовують та управляються інформацією з ЄІП [1, 2]. Процес технічної підготовки (ТП) будь-якого виробництва є невід'ємною частиною життєвого циклу машинобудівних, авіаційних та інших виробничих підприємств. Він об'єднує конструкторські, технологічні та організаційні процеси з підготовки виробництва [3, 4]. Але існуючі системи автоматизації управління даними та процесами з ТП не мають універсальних інструментів обміну даними [4], що значно ускладнює управління процесами підприємства взагалі.

Постановка задачі. В більшості сучасних інформаційних систем ЄІП підприємств реалізовані зовнішні інтерфейси передачі даних, що надають можливість переміщення та структуризації вихідних даних інформаційних систем в XML-форматі. Тому задачею даного дослідження є уточнення загальної моделі процесу передачі даних, визначення узагальненої структури даних інформаційних об'єктів ЄІП підприємства та засобів, необхідних для узгодження вихідної інформації ЄІП з інтерфейсами модуля управління процесом технічною підготовкою виробництва (МУП ТП).

Результати дослідження. На протязі всього життєвого циклу промислового виробу інформація про нього циркулює між інформаційними системами підприємства, постійно оновлюється, змінюється та накопичується в сховищах даних ЄІП. Для оптимального використання таких даних при організації процесу ТП на підприємстві розроблено модуль управління процесом ТП, що визначає послідовність виконання задач цього процесу на основі даних, отриманих з ЄІП. Але структури даних інформаційних систем підприємств у більшості випадків неузгоджені між собою та містять різнорідні інформаційні об'єкти. Тому для вилучення лише необхідних для МУП ТП даних потрібно розроблення спеціальних конверторів – парсерів для розбору та перетворення вхідної інформації. Таким чином, інформація щодо нового замовлення надходить з ЄІП підприємства та перетворюється конвертором в структуру даних, придатну для обробки програмним забезпеченням МУП ТП. При цьому до модуля передаються дані таких інформаційних об'єктів як «проект», «процес» та «виконавець» [3]. Схема обміну даними між ЄІП підприємства та МУП ТП зображена на рис.1.

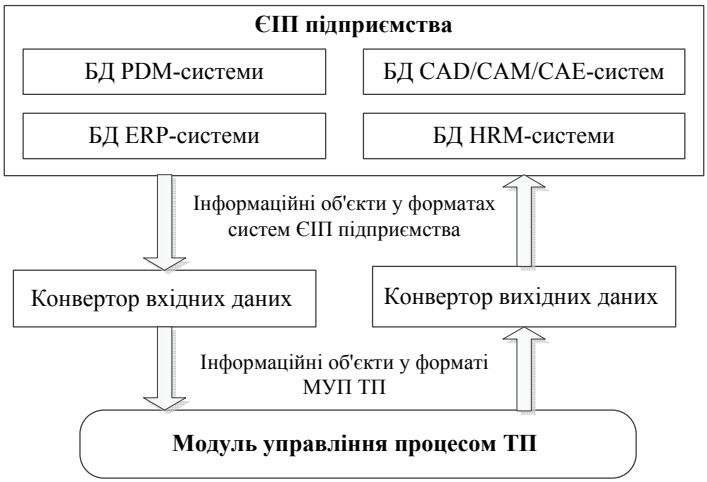


Рис. 1. Схема обміну даними, необхідними для управління процесом ТП.

Конвертори вхідних та вихідних даних перетворюють структуру отриманих даних на таку структуру, яка узгоджена з моделлю даних приймаючої інформаційної системи. В залежності від форматів та структур даних інформаційних систем ЄІП модуль може мати декілька конверторів з різних форматів до формату даних модуля.

Для опису та обробки даних, що вилучаються з баз даних ЄІП, конвертуються та передаються до МУП ТП, пропонується використовувати мову XML. Схема документів, що містять результати запитів до БД, описується мовою схем DTD (англ. Document Type Definition - визначення типу документу). В XML-документах DTD визначає набір дійсних елементів, ідентифікує елементи, які можуть знаходитись в інших елементах та описує дійсні атрибути для кожного з них. DTD вносить певні обмеження на зміст даних, що спрощує їх обробку та зменшує при цьому ймовірність передачі неузгоджених даних. Наприклад, для опису структури даних моделі інформаційного об’єкту «проект» МУП ТП використовується наступна узагальнена схема DTD:

```
<!DOCTYPE project [
<!ELEMENT project (code, project_name, task+, start_date, end_date, description?)>
<!ELEMENT code (PCDATA)>
<!ELEMENT project_name (PCDATA)>
<!ELEMENT start_date (PCDATA)>
<!ELEMENT end_date (PCDATA)>
<!ELEMENT description (PCDATA)>
<!ELEMENT task (task_name, parent_task+)>
<!ELEMENT task_name (PCDATA)>
<!ELEMENT parent_task (PCDATA)>
```

<!ATTLIST project id ID #REQUIRED>
<!ATTLIST task id ID #REQUIRED>
<!ATTLIST parent_task parent_task_id IDREF #REQUIRED>]>

Схема даних інформаційного об'єкту «виконавець» визначається структурою зовнішнього інтерфейсу системи управління персоналом і може бути описана наступним чином:

<!DOCTYPE employee [
<!ELEMENT person (code, name, surname, code_position, position, department, manager*, busyness, skills, description?)>
<!ELEMENT code (PCDATA)>
<!ELEMENT name (PCDATA)>
<!ELEMENT surname (PCDATA)>
<!ELEMENT code_position (PCDATA)>
<!ELEMENT position (PCDATA)>
<!ELEMENT department (PCDATA)>
<!ELEMENT manager (code, name, surname, department)>
<!ELEMENT busyness (start_date, end_date)+>
<!ELEMENT skills (PCDATA)>
<!ELEMENT description (PCDATA)>
<!ELEMENT start_date+ (PCDATA)>
<!ELEMENT end_date+ (PCDATA)>
<!ATTLIST person id ID #REQUIRED>
<!ATTLIST manager id ID #REQUIRED>]>

Представлені схеми можуть бути розширені та доповнені іншими даними про виконавців, проект чи окреме завдання у разі наявності таких даних в ЄІП підприємства (зокрема в системах PDM та HRM). В такий спосіб можливе деяке зменшення об'єму даних, що мають зберігатися в базі даних модуля управління процесом ТП, та зменшення ймовірності дублювання інформації ЄІП без своєчасного її оновлення.

На вході модуля управління процесом ТП для верифікації даних, які надходять з конвертора, використовується XML-процесор (рис. 2).



Рис. 2. Схема передачі даних від конвертора до МУП ТП .

Така архітектура використана через те, що в деяких випадках при створенні XML- элементу необхідним є визначення типу даних, які повинні бути занесені до нього для виключення невідповідності. Використовуючи типізацію даних створюються елементи, значення яких застосовуються в подальшому у

якості параметрів запитів SQL. Програма–клієнт при цьому в залежності від зазначеного типу даних формує відповідний запит на отримання даних. Інформація щодо типу даних елементів XML-документу передається за допомогою спеціально створеного в конверторі атрибуту для кожного елементу, відображеного й у схемі DTD. Наприклад, якщо вміст елементу повинен бути довгого цілого типу, то можна застосувати наступне DTD-визначення:

```
<!ELEMENT code (PCDATA)>
<!ATTLIST code data_long CDATA #FIXED "LONG">
```

Встановивши за замовчуванням значення атрибуту LONG та визначивши його як FIXED, конвертор передає модулю управління й інформацію щодо типу вмісту елементу й дозволяє виконати пост перевірку отриманого значення на відповідність вказаному в схемі DTD типу.

Після отримання та перетворення даних з ЄІП модулем до схеми документу структури проекту додаються та заповнюються додаткові поля даних, необхідні для оптимального виконання розподілу завдань на наступних кроках алгоритму управління процесом ТП.

Висновки

Для уникнення неузгодженості даних про інформаційні об’єкти процесу управління технічною підготовкою виробництва пропонується використання для обміну даними між єдиним інформаційним простором підприємства та модулем управління процесом технічною підготовкою конверторів, що виконують запити до баз даних ЄІП та перетворюють отримані дані XML-формату відповідно до моделі даних модуля управління ТП, структура якої описана схемою DTD. Для зменшення розмірів бази даних МУП ТП можна розширити схему вхідних даних, для чого необхідно мати детальний опис інформаційних об’єктів всього ЄІП підприємства. Для спрощення верифікації типів вхідних даних модуля додаються відповідні атрибути елементів до DTD-схеми.

Список літературних джерел

4. *Павленко П. М.* Автоматизовані системи технологічної підготовки розширених виробництв. Методи побудови та управління: монографія / П. М. Павленко. – К.: Книжкове вид-во НАУ, 2005. – 280 с.
5. *Кульга К. С.* Модели и методы создания интегрированной информационной системы для автоматизации технической подготовки и управления авиационным и машиностроительным производством: монография / К. С Кульга., А. И. Кривошеев – М.: Машиностроение, 2011. – 377с.
6. *Babich K.* Complex approach for technical preproduction process control // THE FIFTH WORLD CONGRESS “AVIATION IN THE XXI-st CENTURY”, September 25-27, 2012. – K.: NAU, 2012. – pp. 375-378.
7. *Gonzalez-Zugasti J.P., Otto K.N., Whitcomb C.A.* Options-Based Multi-Objective Evaluation of Product Platforms // Naval Engineers Journal, 119(3). - 2007. – pp. 89–106.

УДК 531.7

Л. А. Борковская, к.т.н.,А.В. Борковский
(Національний авіаційний університет, м. Київ, Україна)

МЕТОД АНАЛИЗА ИЗОБРАЖЕНИЙ ДЛЯ ОБНАРУЖЕНИЯ ОБЪЕКТОВ В ВИДЕОПОТОКЕ

Предлагается улучшенный метод анализа изображений для обнаружения объектов на статическом фоне, основанный на статистическом подходе. Предложенный метод использует детальную информацию о шуме камеры и более устойчив к шуму, чем метод квадрата разности.

Компьютерное зрение примененяется в промышленности (классификация дефектов, измерение размеров) и в электронике (анализ поверхностного монтажа элементов). Оно основывается на представлении о физическом процессе формирования изображения, получении простых выводов на основе изучения набора пикселей, умении суммировать информацию, полученную из множества изображений, упорядочении групп пикселей с целью получения информации о форме и распознавании объектов с помощью геометрической информации или с помощью вероятностных методов. Технически такие системы состоят из уст ройства фиксации изображения (камера, сканер, картинка в памяти компьютера), устройства ввода изображения (если необходимо) и компьютера со специализированным программным обеспечением. Первые две компоненты предназначены для решения задач технического зрения. А последнее (программное обеспечение) является главной компонентой машинного (компьютерного) зрения и выполняет основную задачу обработки цифровой информации.

В последнее время актуальной является задача автоматического выделения динамических объектов в режиме реального времени на видеопоследовательностях, получаемых компьютерными видеосистемами. Кроме того, из-за большого количества информации, получаемой видеосистемами, важной является задача обнаружения динамических объектов определённого типа, обладающих некоторыми признаками, или проявляющих определённое поведение.

Анализируемое видеоизображение условно можно разделить на две основные составляющие:

- фон, или задний план, являющийся обычно неподвижным, статическим;
- объект, или передний план, который является изменяющимся, динамическим.

Первым этапом анализа изображений (рис. 1), полученных с помощью систем технического зрения (СТЗ), является обнаружение движущегося объекта, что соответствует обнаружению этого объекта на статическом фоне [1–2].

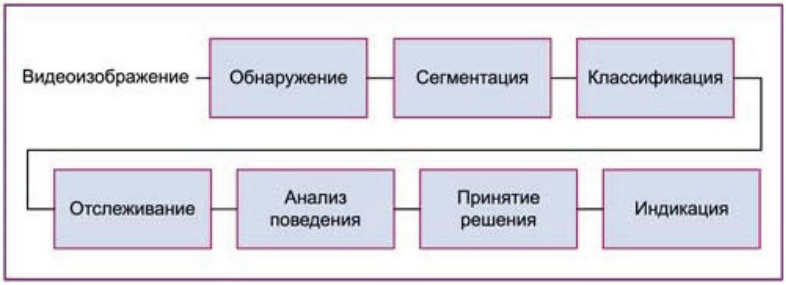


Рис.1. Обобщенный алгоритм анализа видеоизображения

Для решения этой задачи необходимы предварительные данные как о самом объекте, так и о фоне. От эффективности обнаружения будет зависеть и эффективность решения всей задачи видеоанализа в целом. Задачей этого этапа является выделение пикселов, принадлежащих переднему плану, т. е. движущемуся объекту. Входными данными является последовательность кадров телевизионного сигнала, а выходными — набор пикселов с изменяющимися от кадра к кадру параметрами.

Пусть неподвижная цифровая видеокамера наблюдает за статичным (неизменным) фоном. Иногда на статичном фоне могут появляться посторонние объекты различной формы и размеров. Необходимо по изображениям, приходящим от камеры, автоматически обнаруживать наличие таких объектов. Сложность задачи заключается в том, что с одной стороны посторонние объекты могут мало отличаться от фона, который они перекрывают, а с другой стороны, вследствие шума видеокамеры, изображение статичного фона даже в отсутствии посторонних объектов может существенно отличаться от кадра к кадру. Для обнаружения объектов на статическом фоне предлагается следующий метод анализа изображений.

Изображение кадра представляют собой матрицу пикселей размера $H \times W$. Каждый пиксель кодируется целым числом, пропорциональным интенсивности этого пикселя. Будем рассматривать только монохромные изображения. Минимальное значение интенсивности 0, максимальное – Imax . Пусть имеется K изображений статичного фона: F1 , F2 ,..., FK и одно тестируемое изображение T. Требуется обнаружить наличие объекта, который не относится к фону в изображении T.

Метод квадрата разности

Данный метод позволяет сравнивать два изображения и определять степень отличия между ними. В качестве первого изображения берется усредненное изображение S статического фона (аддитивный шум уменьшается в K раз). Интенсивность каждого пикселя si этого изображения определяется как среднее арифметическое интенсивностей соответствующих пикселей изображений F:

$$s_i = \frac{1}{K}\sum_{j=1}^{K} f_i^j$$, i=1, 2, …,H×W,

где f_i^j - интенсивность i-того пикселя изображения F_j.

В качестве второго изображения берется тестовое изображение T. Оба изображения одинаковым образом разбиваются на p возможно перекрывающихся частей – доменов. Для простоты используются прямоугольные домены. Число пикселей в каждом домене одинаково и равно s. Далее, сравниваются соответствующие домены изображений S и T. Пусть Di – i-тый домен изображения S, а Di′ – соответствующий ему домен изображения T. В качестве меры отличия M между двумя доменами берется сумма квадратов разностей соответствующих пикселей доменов:

$$M(D_i, D_i^{'}) = \sum_{j=1}^{s} (d_j - d_j^{'})^2$$, i = 1,2,.., p,

где d_j – интенсивность j-того пикселя домена DS , $d_j^{'}$ –интенсивность j-того пикселя домена DT.

Мера отличия M(S, T) между изображениями S и T определяется как максимальная мера отличия между соответствующими доменами:

$$M(S,T) = \arg\max M(D_i, D_i^{'})$$ i = 1,2,.., p.

Для принятия решения о том, есть ли посторонний объект на изображении T, выбирается некоторое пороговое значение M0 . Если M(S , T) ≥ M0 , то считается, что посторонний объект обнаружен. Если M(S , T) < M0, то считается, что посторонних объектов нет.

Для обнаружения объектов на статическом фоне предлагается улучшенный метод анализа изображений, основанный на статистическом подходе. Данный метод может использоваться везде, где применим метод квадрата разности. Отличие заключается лишь на этапе вычисления меры отличия между двумя доменами $M(D_i, D_i^{'})$ и задания порогового значения M0.

Рассмотрим величину $\Delta_j^{'} = d_j - d_j^{'}, \quad j = 1,2,...,s.$ Если в домене DT постороннего объекта нет, то все значения Δ'_j определяются только шумом видеокамеры т.к. фон предполагается статичным. Каждое значение Δ'_j можно рассматривать как одно из наблюдений случайной величины Δ' . Таким образом, на каждый домен имеется s наблюдений. Необходимо проверить статистическую гипотезу о том, что распределение величины Δ' соответствует распределению шума камеры. Распределение шума камеры в каждом домене может

быть получено из K имеющихся изображений статического фона. Для каждого домена DS , величина

$$\Delta_{j,i} = d_j - d_j^{F_i}$$

где i = 1, 2, .., K; d_j – j-тый пиксель домена DS, $d_j^{F_i}$ – интенсивность j-того пикселя соответствующего домена в изображении F_i может рассматриваться как одно из K × s наблюдений величины Δ .

Для проверки согласия распределения величины Δ' с распределением Δ можно использовать критерий согласия Пирсона, описанный в [3]. Для этого следует задать уровень значимости ε . В качестве $M(D_i, D_i')$ берется статистика Пирсона для выборки Δ' относительно распределения Δ , а в качестве M0 – пороговое значение для статистики Пирсона (квантиль распределения χ^2), определяемое уровнем значимости ε .

Заключение

Рассмотренный в статье улучшенный метод анализа изображений для обнаружения объектов на статическом фоне использует детальную информацию о шуме камеры и, следовательно, более устойчив к шуму, чем метод квадрата разности. В качестве параметра «чувствительности» можно использовать уровень значимости ε, вместо значения M0, которое существенно зависит от шума камеры.

В результаті проведених досліджень отримано оптимізовану модель штучної нейронної мережі для визначення октанового числа автомобільного бензину на основі його густини. Аналіз структури побудованої штучної нейронної мережі дозволить у подальшому значно спростити розробку алгоритму реалізації методу, як окремого програмного продукту для ПК або використання його у складі вимірювальних комплексів на базі програмованих логічних контролерів.

Список литературы

1. Борковський О.В. Комп’ютеризована система обробки відеозображень при вимірюванні деталей / О.В. Борковський, Л.В.Коломієць // Вісник Інженерної академії України. – 2008.– № 1. – С. 74–78.
2. Борковський О.В. Комп’ютеризована система технічного зору для вимірювання геометричних розмірів авіаційних деталей / О.В. Борковський //“Вісник Чернігівського державного технологічного університету”, 2009 – № 40.– С. 83–88.

УДК 621.391.822:519.24 (045)

Щвець В.А., канд. техн. наук
Тимченко Ю.В., магістрант
Осіпова В.Є., магістрант
(Національний авіаційний університет, м. Київ, Україна)

ВИПАДКОВІ ПРОЦЕСИ З ЗАДАНИМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ

Розглядаються випадкові процеси з заданими статистичними характеристиками, такими як кореляційні функції та функції розподілу. Запропоновано методи моделювання випадкових процесів, зокрема моделювання випадкового процесу з заданою функцією розподілу реалізовано за методом Неймана в програмному середовищі Delphi. Представлено результати моделювання в числовому та графічному вигляді для деяких функцій, які апроксимують відповідний закон розподілу випадкових величин.

Постановка проблеми.

При вивченні властивостей каналів передачі інформації, сигналів та завад абстрагуються від їх конкретної фізичної природи та призначення і оперують з їх моделями. Оцінка електронних систем потребує виявлення кількісних співвідношень між основними параметрами джерел інформації і системи, тому дослідження здійснюється на математичних моделях. За допомогою моделювання випадкового процесу стає можливим проаналізувати та передбачити результат проходження завади через нелінійний елемент, що є суттєвим при проектуванні генератора шуму для захисту інформації від витоку по електричному або радіоканалу.

Радіотехнічні процеси володіють специфічними властивостями, основними з яких є статистична природа та висока швидкість протікання. Це призводить до необхідності розробки алгоритмів формування випадкових процесів, при цьому дані алгоритми мають бути максимально спрощені для того, щоб підвищити швидкість виконання.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Заданими статистичними характеристиками для випадкових процесів можуть бути функція розподілу та кореляційна функція.

Для цифрового моделювання випадкових процесів із заданими кореляційними властивостями використовуються два основні методи [2]:

1) Метод ковзаючого підсумовування

2) Метод рекурентних різницевих рівнянь.

Задачу цифрового моделювання за допомогою ковзаючого підсумовування і рекурентних різницевих рівнянь можна розглядати як завдання синтезу лінійного дискретного формуючого фільтра, який перетворює білий шум на його вході в корельований дискретний випадковий процес із заданими кореляційно-спектральними характеристиками на його виході.

При використанні методу ковзаючого підсумовування вагові коефіцієнти можна отримувати:

- Шляхом вирішення нелінійної алгебраїчної системи рівнянь;
- Шляхом розкладання функції спектральної щільності в ряд Фур'є;

- Методом факторизації.

При використанні методу рекурентних різницевих рівнянь параметри рекурентних алгоритмів отримують:

- Методом факторизації;
- Методом дискретизації безперервного формуючого фільтра.

В [3] розглянуто моделювання випадкового процесу з заданою кореляційною функцією на основі неперервних дробей. Такий метод є досить точним, але потребує багато розрахунків, чим ускладнюється алгоритм моделювання.

За обчислювальних витрат і точності метод розкладання функції спектральної щільності в ряд Фур'є є найприйнятнішим, оскільки дозволяє отримати результат за найпростішим алгоритомом, що потребує менше часу на виконання.

Відповідно також є можливим моделювання випадкового процесу з заданою функцією розподілу в межах певного інтервалу за методом [1]:

1) Умовного розподілу;
2) Неймана.

Метод умовного розподілу полягає в тому, що кожен відлік моделюється за допомогою датчика випадкових чисел, закон розподілу якого апроксимується відповідною функцією кривої. Згідно з [1], даний метод має суттєвий недолік: великі обсяги значень і трудомісткий процес реалізації, що потребує багато часу.

Отже, для моделювання випадкових величин, можливі значення яких не виходять за межі деякого обмеженого інтервалу (a,b), а також випадкових величин, закони розподілу яких можна апроксимувати усіченими кривими, досить універсальним є метод Неймана, що полягає в наступному.

З датчика рівномірно розподілених в інтервалі $(0,1)$ випадкових чисел x_1, x_2 з яких формуються перетворені пари:

$$x_1^* = a + (b - a)x_1; x_2^* = w_m x_2 \quad , \tag{1}$$

де (a,b) - інтервал можливих значень випадкової величини з заданою функцією щільності $w(y)$; w_m - максимальне значення функції $w(y)$.

Як реалізація випадкової величини обирається число x_2^* з тих пар x_1^*, x_2^*, для яких виконується нерівність:

$$x_2^* < w(x_1^*). \tag{2}$$

Пари, що не задовольняють нерівності, відкидаються.

Неважко переконатися в справедливості такого методу моделювання випадкових величин.. Пари випадкових чисел x_1^*, x_2^*, що задовольняють умову (2), є координатами випадкових точок площини, всередині прямокутника $aa'b'b$ під кривою $w(y)$. Імовірність того, що випадкова точка площини, що

знаходиться під кривою $w(y)$, знаходитиметься в полосі $(y; y + \Delta y)$ пропорційна $w(y)$, а імовірність потрапляння точки під криву рівна одиниці за умовою, що і вимагалося [2].

Даний метод є досить простим і точним, алгоритм виконання не перевантажений складними підрахунками, і є прийнятним для практичної реалізації.

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми.

Для стаціонарних нормальних випадкових процесів знайдені вельми економічні алгоритми моделювання. В їх основу покладено лінійне перетворення стаціонарної послідовності незалежних нормальних випадкових чисел (дискретний білий шум) в послідовність, корельовану по заданому закону.

Необхідно використати ефективні алгоритми моделювання і здійснити практичну реалізацію цифрового моделювання випадкових процесів з заданими характеристиками. Попередній аналіз загальних теоретичних методів довів ефективність методу Неймана для моделювання випадкових величин з заданою функцією розподілу. Актуальним є створення програмного забезпечення зі зручним інтерфейсом для отримання випадкових величин.

Мета роботи.

Головною метою цієї роботи є представлення програмного забезпечення на основі Delphi, яке дозволить моделювати випадкові величини з заданою функцією розподілу в заданому інтервалі за допомогою ефективного алгоритму – по методу Неймана, а також отримати наочне відображення результатів.

Виклад основного матеріалу.

Відповідно до поставленої мети було розроблено програму на мові Delphi з інтерфейсом, зручним для користувача.

Для отримання результатів моделювання необхідно обрати одну з функцій, яка має апроксимувати відповідний закон розподілу, задати числовий проміжок, з якого необхідно отримати дані, а також інтервал відліків, тобто крок. Чим більше інтервал і чим більша кількість кроків, тим громіздкіші розрахунки, тим більша кількість отриманих випадкових величин. Але завдяки сучасній комп'ютерній техніці швидкодія виконання алгоритму дуже висока.

Як результат, можемо бачити власне значення, їх кількість. Можливим є побудувати власне графічне відображення цих значень, а також гістограмму розподілу.

На Рис.1,2 зображено результати моделювання випадкової величини з заданою функцією розподілу і інтервалом за методом Неймана.

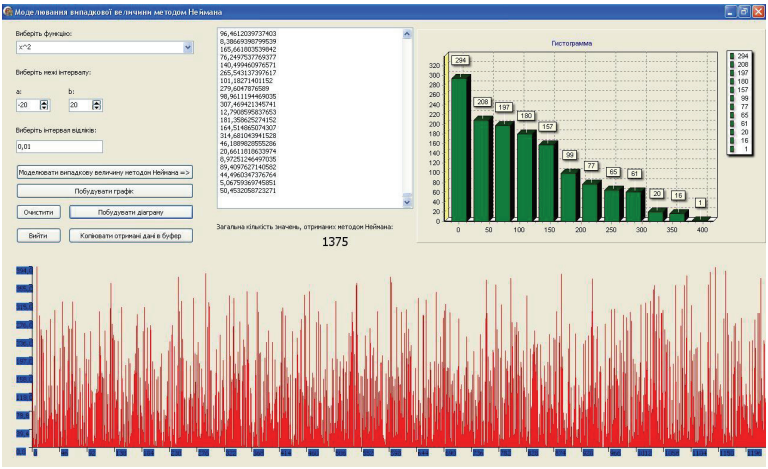


Рис. 1. Результат моделювання для функції розподілу x_2

На *Рис.1* зображено діаграму і графік значень випадкової величини, закон розподілу якої можна апроксимувати функцією x_2 .

Аналогічно, на *Рис.2* зображено результати моделювання для $sin(x)$.

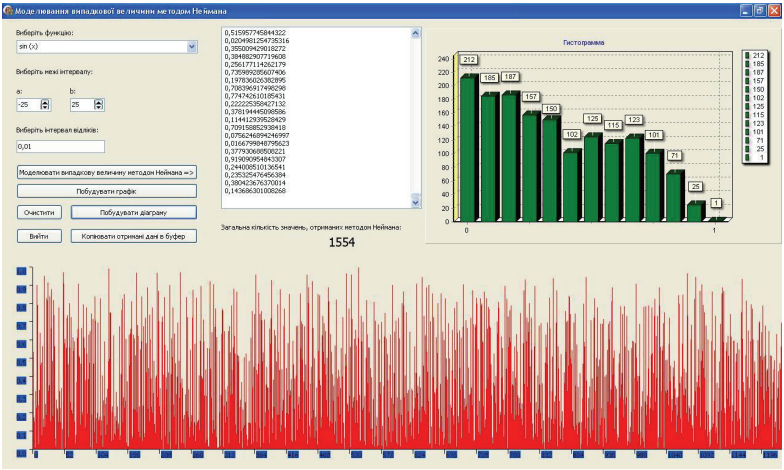


Рис. 2. Результат моделювання для функції розподілу $sin(x)$

Висновки і пропозиції.

Результатом наукової роботи є програмне забезпечення, яке дозволяє виконувати цифрове моделювання випадкових величин з заданою функцією розподілу за методом Неймана. Дана робота є корисною при проектуванні засобів

технічного захисту інформації від витоку по радіо- і електричному каналу, оскільки дозволяє спроектувати результат проходження шуму через нелінійний елемент.

Необхідною також є розробка програмного забезпечення для цифрового моделювання випадкових процесів з заданою кореляційною функцією.

Список використаних джерел

1. Бакалов В.П. Цифровое моделирование случайных процессов – М.:. Московский авиационный институт, 2001. – 82 с.

2. Быков Цифровое моделирование в статистической радиотехнике – М.: Советское радио, 1971. – 328 с.

3. Карташов В.Я., Новосельцева М.О. Цифровое моделирование стационарных случайных процессов с заданной корреляционной функцией на основе непрерывных дробей / Карташов В.Я., Новосельцева М.О. // Управление большими системами: сборник трудов . – 2010. - №31 – с. 49-88.

УДК 004.94

О.О. Борисов
(Чернігівський державний технологічний університет, м. Чернігів, Україна)
Т.М. Захарчук
(Національний авіаційний університет, Київ, Україна)

КОМПЛЕКСНИЙ РОЗМІРНИЙ АНАЛІЗ НА ЕТАПАХ ЖИТТЄВОГО ЦИКЛУ ВИРОБУ

Проведено аналіз основних і допоміжних функцій розмірного аналізу конструкцій та технологічних процесів на етапах життєвого циклу виробу

Сучасне машинобудівне виробництво потребує удосконалення інформаційної підтримки нормативного забезпечення розмірного аналізу при виготовленні та ремонті машин. Основний принцип полягає в отриманні первинної інформації про фактичні показники точності машин і формування баз даних про практичну діяльність підприємств-виробників і споживачів продукції. Формування модулів інформаційної підтримки інженерного аналізу основане на системі генерації роботи з базами даних.

Відсутність методичного забезпечення обліку зміни показників якості і у тому числі розмірних зв'язків технічних систем ускладнює процес створення модулів інформаційної підтримки.

Якість технічних систем можна підвищити ухваленням обґрунтованих рішень використовуючи апарат розмірного аналізу, однак при цьому виникає ряд проблем, пов'язаних з обробкою великого об'єму різноманітної і різнорідної інформації, розв’язання яких можливе лише з використанням сучасних інформаційних технологій

Структура нормативного забезпечення розмірного аналізу включає рекомендації діючих стандартів, довідкові данні нормативних документів, результати науково-практичних досліджень та матеріали з мережі Інтернет і має модулі:

- ✓ Загальні норми забезпечення точності розмірних зв’язків
- ✓ Норми точності конструкції та їх елементів
- ✓ Похибки елементів технологічних систем
- ✓ Інформація до моделювання розмірних зв’язків

Розмірні зв’язки, які закладаються у машину при її конструюванні, повинні бути реалізовані при виготовленні деталей і складанні. Тому і конструктор і технолог повинні чітко уявляти ці зв’язки для того, щоб забезпечити їх найдосконалішими і економічними засобами і технологічними процесами.

Розмірний аналіз необхідний для того, щоб розібратись у взаємозв’язках деталей і складальних одиниць машини, визначити метод досягнення заданої точності, проаналізувати правильність проставляння розмірів і допусків в кресленниках у відповідності із наміченими методами і засобами забезпечення потрібної точності, визначити послідовність обробки поверхонь деталей, послідовність складання машини та її складальних одиниць тощо. Аналіз

розмірних зв'язків проводиться з метою покращення параметрів функціонування технічних систем на всіх етапах їх життєвого циклу (рис.).

Головною функцією F розмірного аналізу є мінімізація витрат при забезпеченні якості в життєвому циклі виробу.

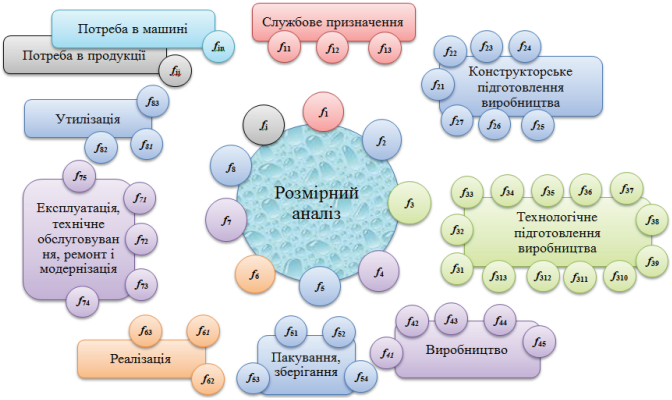


Рис. Розмірний аналіз в життєвому циклі машини

Головна функція забезпечується множиною основних f_i і *допоміжних* f_{ij} .

f_1 – *чітке формулювання службового призначення машини;*

f_{11} – виявлення і фіксація розмірних зв'язків виконавчих поверхонь;

f_{12} – призначення необхідної і достатньої кількості норм точності і технічних вимог;

f_{13} – призначення обгрунтованих допусків розмірних зв'язків;

f_2 – *виявлення і фіксація розмірних зв'язків машини;*

f_{21} – побудова розмірних схем машини, складальних одиниць, деталей;

f_{22} – визначення раціональних методів досягнення точності заданих праматерів якості виробів;

f_{23} – розрахунок точнісних параметрів РЗ;

f_{24} – розробка технічних умов на машину і її складові частини;

f_{25} – раціональне проставлення розмірів в робочих кресленнях деталей;

f_{26} – перевірка збираємості складальних одиниць і машини;

f_{27} – прогнозування можливого ризику параметричної відмови;

f_3 – *технологічне забезпечення конструкторських розмірів і технічних вимог;*

f_{31} – обгрунтування послідовності технологічних операцій механічної обробки і складання;

f_{32} – виявлення і фіксація технологічних розмірних зв'язків;

f_{33} – побудова розмірних схем технологічних операцій і процесів;

f_{34} – розрахунок операційних розмірів, припусків і допусків;

f_{35} – перерахунок конструкторських розмірів на технологічні;

f_{36} – вибір варіанта базування;

f_{37} – прогнозування можливого ризику параметричної відмови технологічних систем;

f_{38} – визначення невідомих технологічних розмірів;

f_{39} – вибір методів досягнення точності розмірних параметрів при

механообробні;

f_{310} – вибір методів досягнення точності розмірних параметрів при складанні;

f_{311} – визначення виду складання за рівнем взаємозамінності;

f_{312} – обґрунтування і розрахунок точності технологічного оснащення;

f_{313} – визначення методів і точності засобів контролю розмірних параметрів якості;

f_4 – *забезпечення відповідності конструкторських і технологічних розмірних зв'язків;*

f_{41} – перевірка збираємості виробів;

f_{42} – уточнення параметрів операційних розмірних зв'язків;

f_{43} – визначення фактичного ризику параметричних відмов технологічних систем механообробки і складання;

f_{44} – перевірка відповідності виду складання рівню взаємозамінності;

f_{45} – виявлення і розв'язання технологічних розмірних ланцюгів відповідно до поставлених виробничих задач;

f_5 – *збереження якості розмірних зв'язків;*

f_{51} – визначення виду і розмірів транспортної тари;

f_{52} – визначення виду і технології консервування виробів;

f_{53} – визначення температурного режиму зберігання виробів;

f_{54} – визначення розмірів чарунок і засобів складування виробів;

f_6 – *використання якості реальних розмірних зв'язків машини як стимулятора її реалізації;*

f_{61} – визначення основних якісних параметрів розмірних зв'язків важливих для покупця виробу;

f_{62} – визначення рівня параметрів розмірних зв'язків відносно показників аналогічних виробів конкурентів;

f_{63} – ефективне рекламування переваг точніших і стабільніших розмірних зв'язків виробу;

f_7 – *забезпечення сталості розмірних зв'язків;*

f_{71} – визначення числових значень ремонтних параметрів;

f_{72} – визначення методів і засобів забезпечення сталої точності ланок розмірних ланцюгів;

f_{73} – визначення термінів технічного обслуговування виробу;

f_{74} – прогнозування граничних значень розмірних параметрів з'єднань виробу;

f_{75} – визначення часу, методів і точності засобів контролю фактичних значень функціональних розмірних параметрів виробу.

f8 – реінжинірингу розмірних зв'язків;

f81 – використання деталей в нових машинах, точність зв'язків яких відповідають новим вимогам;

f82 – визначення точності ланок розмірних ланцюгів деталей, що потребують відновлення, але придатні до використання;

f83 – визначення деталей що підлягають утилізації.

Як видно, розмірний аналіз присутній на всіх етапах життєвого циклу машини як прямими так і опосередкованими функціональними зв'язками, забезпечуючи точність об'єктивно існуючих розмірних зв'язків машини, вузлів та дета-

лей при розв’язанні різноманітних технічних задач.

Розрахунок РЛ здійснюється при розробці конструкторської і технологічної документації з метою оптимізації допусків складових ланок, забезпечення надійної працездатності виробів, зниження трудомісткості виготовлення виробу, виключення операцій підгонки, забезпечення високої якості виробу на всіх етапах життєвого циклу технічної системи незалежно від її функціонального призначення. Задум нової машини у вигляді формулювання службового призначення виникає при розробці технологічного процесу виготовлення нової продукції, виконання послуг, у задоволенні будь яких потреб суспільства.

Для виготовлення спроектованої машини розробляють технологічний процес і на його основі створюють виробничий процес, в результаті здійснення якого виходить машина, потрібна для виконання технологічного процесу виготовлення продукції і задоволення виниклої потреби.

Процес створення машини від формулювання її службового призначення і до отримання в готовому виді чітко підрозділяється на два етапи:

– проектування, завершується розробкою конструкції машини і представлення її в кресленнях;

– виготовлення, тобто реалізації конструкції за допомогою виробничого процесу.

Побудова і здійснення цих етапів складає основне завдання інтеграції розрахунку розмірних зв’язків. Конструкція будь-якої машини у своїй суті є складною системою двох видів зв'язаної безлічі зв'язків: властивостей матеріалів і розмірних. Якого б призначення не мала машина, можливості конструктора при розробці її конструкції обмежені вибором матеріалів з необхідними властивостями і наданням конструктивних форм, розмірів відносного положення поверхням деталей і самим деталям в машині.

Висновки

Для реалізації такої системи зв'язків має бути створений і здійснений виробничий процес, що є іншою системою зв'язаних зв'язків безлічі зв'язків : властивостей матеріалів, розмірних, інформаційних, часових і економічних.

Для того, щоб створити якісну машину з найменшими витратами праці, необхідно:

– по-перше, вести проектування машини виходячи з її службового призначення і забезпечити його виконання зв'язками властивостей матеріалів і розмірними зв'язками, що закладаються в конструкцію машини.

– по-друге, необхідно зв'язку виробничого процесу будувати в строгій узгодженості з системою зв'язків, що містяться в конструкції машини.

Список літератури

1. *С.Г. Бондаренко.* Розмірний аналіз автомобільних карданних передач/ Борисов О.О., Чередніков О.М. // Вісник Чернігівського державного технологічного університету. – Чернігів: ЧДТУ. – 2012. - №4(61). - С. 86-91..

2. *О.О. Борисов.* Інтегрована система підтримки розмірного аналізу / Борисов О.О., Чередніков О.М. //Вісник Національного університету «Львівська політехніка» – Львів: видавництво Львівської політехніки. – 2012. - №746. - С. 75-79.

УДК 621

В.М.Чуприна, канд. техн. наук
(Чернігівський державний технологічний університет, Україна, Чернігів)

ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ АНАЛІЗУ ДИНАМІКИ СКЛАДНОЇ ТЕХНІЧНОЇ СИСТЕМИ ПО ЧАСТИНАХ ЗА МЕТОДОМ СКІНЧЕНИХ ЕЛЕМЕНТІВ

На базі системного підходу до аналізу складних технічних систем розроблені теоретичні основи вирішення діакоптичної проблеми у механічних коливальних системах для забезпечення вирішення різноманітних задач повузлових динамічних досліджень конструкцій методом кінцевих елементів.

Одним із сучасних напрямків розвитку світового машинобудування є принцип агрегатування – складання конструкцій машин із готових вузлів і модулів. Це вимагає встановлення основних принципів досліджень таких конструкцій, особливо в динаміці, де зв'язки між елементами мають визначальну роль.

Об'єктом представленого дослідження є складні (великі) динамічні системи, зокрема механічні системи (продукція) машинобудування.

Динаміку складних технічних систем необхідно розглядати на основі методології системного підходу [1]. Основою методології є пізнання частин досліджуваного об'єкту на підставі *цілого* і *цілісності* (на відміну від класичного підходу, орієнтованого на пізнання цілого через частини).

Складна технічна система являє собою сукупність кінцевого числа взаємозалежних матеріальних об'єктів – підсистем (модулів, вузлів, підвузлів, деталей). Вона характеризується цілісністю, зв'язаністю, функціональністю та *емерджентністю* (незведеністю властивостей системи до суми властивостей її елементів). При аналізі складних систем, наприклад механічних коливальних систем машин, широко використовуються декомпозиційні методи.

Декомпозиція, як науковий метод пізнання, використовуючи структуру завдання, дозволяє звести розв'язок одного великого завдання до розв'язку ряду менших завдань. У загальній теорії систем доведено, що більшість систем можуть бути поділені на окремі підсистеми.

Важливими є *принципи системного підходу* – модульність і ієрархія. *Принцип ієрархії* полягає у введення ієрархії частин по рівнях (ранжирування). Ієрархія властива всім складним системам. Для ієрархічно побудованих систем може бути реалізований будь-який ступінь декомпозиції – як по рівнях в ієрархії, так і по модулях. *Принцип модульної побудови* полягає у виділенні окремих модулів і розгляд системи, як упорядкованої сукупності цих модулів. *Модулі (підсистеми)* – це окрема відособлена група елементів системи, які мають власні властивості і характеристики.

Декомпозиція складної системи по рівням ієрархії та на модулі сприяє більш ефективній організації аналізу і синтезу систем. Проте, в динаміці слід застосовувати більш точний *діакоптичний підхід*.

Діакоптика, як напрямок дослідження складних систем по частинах з обліком усіх наявних зв'язків між підсистемами, відрізняється від декомпозиції відсутністю спрощеного підходу до врахування взаємовпливу складових частин. Це відповідає суті методології системного підходу.

Розглянемо діакоптичну проблему дослідження динаміки складної системи по частинах в загальному вигляді на основі системної теорії множин.

Якщо в загальному випадку повна система має первісну множину S властивостей D і складається із n пов'язаних між собою (парціальних) підсистем зі своїми властивостями, $S = \{Z_1,..., Z_n\}$, то $\forall Z \in S : Z \subseteq D$. При розділенні повної системи на n частин вона розпадається на ряд незалежних підсистем і відповідну їм систему S множин їх властивостей $S = \{X_1,..., X_n\}$, при цьому $\forall X_i, X_j \in S : X_i \bigcap X_j = \varnothing$. В повній системі на ці підсистеми накладені зв'язки $S = \{Y_1,..., Y_n\}$. Тоді $Z \neq X : Z \supset X : Z \supset Y$. Для множин, що мають між собою зв'язки, $\forall Z_i, Z_j \in S \Rightarrow Z_i \oplus Z_j \neq \varnothing$. Тоді первісну множину властивостей D повної вихідної системи, з урахуванням зв'язків між підсистемами, можна знайти об'єднанням властивостей множин

$$\bigcup_{Z \subset S} (X \cup Y) \subseteq D \Rightarrow \bigcup_{Z \subset S} Z \subseteq D \qquad (1)$$

Таким чином, знаючи властивості множин ізольованих підсистем X і їх зв'язки Y в системі S, можна знайти множину властивостей D, тобто виконати задачу синтезу властивостей повної системи по властивостях її незалежних підсистем.

Застосуємо для розв'язку задач динаміки складних механічних систем метод кінцевих елементів (МКЕ) [2]. При цьому будемо розглядати неконсервативну динамічну систему (з урахуванням дисипації енергії). Зазвичай при аналізі динаміки пружних систем шуканим полем є поле переміщень. У задачах стаціонарної динаміки воно визначає комплексні амплітуди форм коливань, які часто представлені у квадратурах.

Нехай задана довільна континуальна тривимірна область (тіло) Ω (рисунок 1-а), яка обмежена гладкою замкненою поверхнею P.

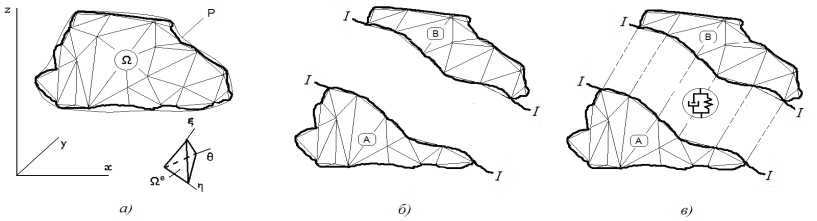


Рисунок 1 – Кінцево-елементні моделі системи тіла і його частин (А і В)

а) апроксимація області Ω (тіла) кінцевими елементами Ω^e;

б) розрізання тіла на дві незалежні частини січною поверхнею $I-I$ по вузлах;

в) зв'язування двох тіл (по опозитних вузлах) контактними елементами.

Властивості цієї області описуються польовими характеристиками у вигляді векторного поля $v(x,y,z,t)$, компонентами якого є поздовжні зміщення (коливання) уздовж осей декартової системи координат. Розіб'ємо область Ω мережею кінцевих елементів Ω^e на k підобластей (у формі тетраедрів). Тоді гладка поверхня P апроксимується гранованою поверхнею, складеною із трикутників. Векторне поле v описується сукупністю кусочно-визначених функцій $v^e(x,y,z,t)$, кожна з яких задана на своїй підобласті. Тобто, сукупність зв'язаних між собою дискретних елементів утворює кінцево-елементну модель поля $v(x,y,z,t)$ на області Ω.

Рівняння руху кінцево-елементної динамічної моделі мають вид [3]

$$[M][\ddot{\bar{q}}] + [H][\dot{\bar{q}}] + [K][\bar{q}] = [\bar{F}], \qquad (2)$$

де $[M],[H],[K]$ – квадратні матриці інерції, демпфірування і жорсткості;

$[\bar{q}]$ – матриця узагальнених координат системи (невідомих) у вузлах;

$[\bar{F}]$ – матриця зовнішніх навантажень від силових факторів (збурень).

Для розв'язку системи лінійних диференційних рівнянь (2) будемо застовувати метод комплексних амплітуд. Матриці узагальнених координат і зовнішнього навантаження представимо у формах $[\bar{q}] = [q]e^{i\omega t}$ і $[\bar{F}] = [F]e^{i\omega t}$,

де $[q]$ і $[F]$ – відповідні матриці комплексних амплітуд; e – основа натурального логарифма; i – уявна одиниця; ω - кругова частота.

Підстановка значення $[q]$ й $[F]$ у рівняння (2) приводить до системи лінійних алгебраїчних рівнянь із комплексними коефіцієнтами виду

$$[G]\cdot[q]=[F]\ , \tag{3}$$

де $[G]$ – матриця динамічної жорсткості системи, $[G]=[K]-\omega^2[M]+i\omega[H]$.

Після розчленування системи (тіла) на дві частини (на незалежні тіла) січною поверхнею $I-I$ (рисунок 1-б) система фактично розпадається на дві незалежні підсистеми з незалежними переміщеннями $[q]$ (позначені як $[\hat{q}]$). Система рівнянь (3) буде мати вигляд

$$\begin{bmatrix} S_{11} & 0 \\ 0 & S_{22} \end{bmatrix}\cdot\begin{bmatrix} \hat{q}_1 \\ \hat{q}_2 \end{bmatrix}=\begin{bmatrix} F_1 \\ F_2 \end{bmatrix} \tag{4}$$

де S_{11}, S_{22} – квадратні блоки матриці S динамічної жорсткості системи.

Після зв'язування двох тіл в складання (рисунок 1-в) пружно-демпфіруючими контактними елементами (по опозитних вузлах в стику між цими тілами) переміщення $[q]$ вже не є незалежними (позначені як $[\tilde{q}]$). Система рівнянь (3) також трансформується і буде мати вигляд

$$\begin{bmatrix} G_{11} & G_{12} \\ G_{21} & G_{22} \end{bmatrix}\cdot\begin{bmatrix} \tilde{q}_1 \\ \tilde{q}_2 \end{bmatrix}=\begin{bmatrix} F_1 \\ F_2 \end{bmatrix}, \tag{5}$$

де $G_{11}, G_{12}, G_{21}, G_{22}$ – субматриці динамічної жорсткості складальної системи.

Тут матриця G представлена вже у вигляді

$$\begin{bmatrix} G_{11} & G_{12} \\ G_{21} & G_{22} \end{bmatrix}=\begin{bmatrix} S_{11} & 0 \\ 0 & S_{22} \end{bmatrix}+\begin{bmatrix} C_{11} & C_{12} \\ C_{21} & C_{22} \end{bmatrix}, \tag{6}$$

де $C_{11}, C_{12}, C_{21}, C_{22}$ – відповідні блоки комплексної матриці зв'язку C.

Із співставлення виразів (4) і (5) з урахуванням (6) виведені співвідношення між узагальненими координатами системи $[q]$ в різних її станах (монолітному, розчленованому, зв'язаному в складання із пружно-демпфіруючим стиком).

Динамічні властивості системи [4] зручно представляти у вигляді передаточних функцій (ПФ), які визначаються відношенням операторних зображень вихідної координати до вхідної і позначаються $W(p)$, де p – оператор диференціювання Лапласа: $W(p) = q(p)/F(p)$.

В розробленому діакоптичному методі виведені рівняння, які пов'язують ПФ повної системи $\widetilde{W}_F^q$ з ПФ її незалежних підсистем $\hat{W}_F^q$

$$\widetilde{W}_F^{q1} = \left\{ E + \hat{W}_F^{q1} \left[C_{11} - C_{12} \hat{W}_F^{q2} \left(E + \hat{W}_F^{q2} C_{22} \right)^{-1} C_{21} \right] \right\}^{-1} \hat{W}_F^{q1}, \qquad (8)$$

Вираз (8) показує, як (при відомих блоках матриці зв'язку C) можна перейти від ПФ незалежних підсистем до ПФ повної системи (синтез ПФ). Також може бути вирішена і зворотня задача повузлового аналізу ПФ елементів коливальної системи (аналіз ПФ) .

З ПФ $W(p)$ отримують частотні ПФ в комплексній формі виду $W(i\omega)$ шляхом перетворення Фур'є. При цьому для аналізу динаміки механічної конструкції широко використовують частотні характеристики в різних формах: амплітудно-частотних (АЧХ), фазово-частотних (ФЧХ), амплітудно-фазово-частотних (АФЧХ) і інших, а також форми коливань конструкції на визначених (власних резонансних, антирезонансних та інших) частотах.

Це відкриває широкі можливості для аналізу і синтезу динаміки складних коливальних механічних систем по частинах (вузлах, модулях).

Як висновок можна стверджувати, що запропонований діакоптичний підхід встановлює теоретичні засади для обгрунтування методології розділення складної механічної коливальної системи на підсистеми з виділенням окремих підсистем, як незалежних одиниць з власними характеристиками. Розроблені з застосуванням теорії множин, математичного апарату теорії автоматичного керування, методу кінцевих елементів діакоптичні методи і методологія аналізу-синтезу динамічних характеристик складної коливальної системи є універсальними і можуть застосовуватись при аналізі динаміки різних механічних конструкцій і машин (зокрема, в системах автоматизованого проектування (САПР)).

Список літератури

1. Вибрации в технике. Справочник.– Т.1-6. М.: Машиностроение, 1978
2. Зенкевич О.К. Метод конечных элементов в технике. – М.: Мир, 1975
3. Тимошенко С.П. Колебания в инженерном деле. – М.: Маш-е, 1985
4. Кудинов В.А. Динамика станков. М.: Машиностроение, 1967

УДК 531

Ю.П. Лещенко, аспірантка
(Національний авіаційний університет, Київ, Україна)

СТРУКТУРА І СКЛАД ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНОЇ СИСТЕМИ

Інтелектуальні вимірювальні системи (ІнВС) здатні розпізнавати деталі і їх поверхні з точки зору якості та відповідності заданим геометричним розмірам за кресленням, керувати технологічним процесом і приймати рішення по його зміні [1]. У свою чергу, прийняття рішення включає формування проміжних цілей для виконання поставленої задачі.

У загальному випадку ІнВС складається з чотирьох систем:

- Виконавчої (маніпуляційної);
- Інформаційно-вимірювальної (сенсорної);
- Керуючої системи (інтелекту);
- Система зв'язку (для організації обміну інформації між роботом і людиною).

ІнВС включає в себе об'єкт керування спільно із середовищем, у якому вона працює. Структура ІнВС представлена на Рис.1. Об'єкт керування являє собою безпосередньо механізми переміщення інструменту і виробу.

До складу маніпуляторів входять виконавчі двигуни, які здійснюють їх переміщення по заданим законам. Інформація про положення вихідних ланок маніпуляторів визначається датчиками, що розташовані у шарнірах ланок, які отримують інформацію про вихідні координати механізмів переміщення, їх швидкість, прискорення і силу.

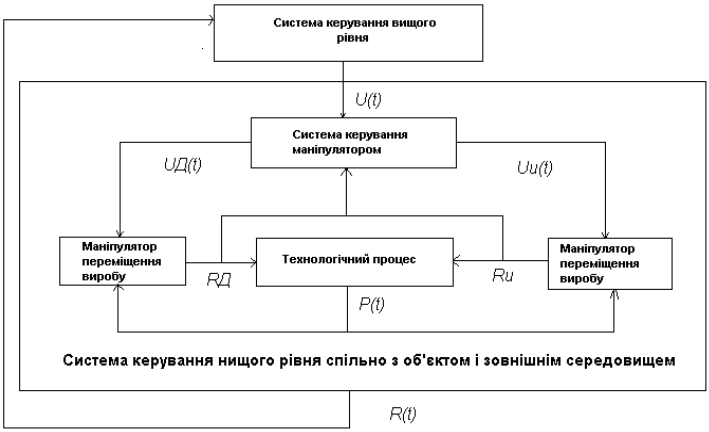


Рис. 1. Структура ІнВС, де Ut – керуючий сигнал, UД(t) і Uи (t) – закони переміщення виконавчих маніпуляторів, Rд і Rи – вихідні координати маніпуляторів, Pt – підсилення і R(t) – керуючий сигнал.

Основна функція системи керування маніпулятором - це формування законів переміщення виконавчими механізмами маніпуляторів у реальному часі UД(t) і Uи (t) (Рис.1).

Дані системи зазвичай працюють у слідкуючому режимі, що забезпечує виконання кожним ступенем рухомості маніпуляторів заданої траєкторії переміщення з необхідною точністю, швидкістю і прикладеною силою. Вихідними координатами маніпуляторів є Rд і Rи (Рис.1). У результаті взаємодії інструмента із деталлю створюється підсилення Pt, яке діє на виконавчі органи маніпуляторів.

Загальним інформаційним керуючим каналом на систему нижчого рівня є канал передачі керуючих сигналів U(t) зі зворотним зв'язком від системи нижчого рівня - сигнал R(t). Яку програму дій необхідно обрати, вирішує система вищого рівня на основі інформації від системи розпізнавання поверхні і на основі вказівок оператора, що керує ІнВС. Обрана програма задається безперервно у реальному часі.

ІнВС для виконання виробничих завдань, так звані роботи-верстати, є пристроями, які повністю автоматизують виробництво по випуску певного виду продукції. Дане устаткування оснащується системами контролю технологічних і вихідних параметрів оброблюваного виробу [2].

До верстатного устаткування пред'являються досить високі вимоги по точності на надійності виконуваної операції. При виконанні операцій обробки і збірки складних виробів неможливо вимагати імовірнісного результату. Як правило, такі операції строго детерміновані.

Ухвалення остаточного рішення повинне забезпечувати детермінований результат, що забезпечує поставлену мету. Особливо високі вимоги пред'являються при обробці поверхонь складної форми.

У цьому випадку необхідне точніше виконання режимів обробки, контроль зносу інструменту в процесі обробки і забезпечення одночасно декількох параметрів деталі. Зокрема, для кожної точки поверхні потрібно одночасно забезпечувати до шести геометричних параметрів, не рахуючи якості поверхні.

Для складних поверхонь, окрім вимог до самих координат, накладаються умови і на їх похідні. Для дотримання високих вимог до точності виготовлення деталей необхідно здійснювати постійний контроль геометричних параметрів верстата, розмірів ланок, температурних змін і інших параметрів.

Вживання механізмів паралельної структури також якісно міняє підхід до проектування верстатного устаткування ІнВС.

Одним з найбільш важливих досягнень сучасної науки в області штучного інтелекту стала розробка потужних комп'ютерних систем, що отримали назву «експертних» або заснованих на «знаннях» систем [5].

У сучасному суспільстві при вирішенні завдань управління складними системами, об'єктами, виробничими і технологічними процесами необхідно вирішувати завдання, що не формалізуються.

Такі завдання часто виникають в приладобудуванні як при проектуванні деталей приладів, так і в процесі їх виготовлення. В більшості випадків під експертною системою (ЕС) мається на увазі програма, яка використовує знання фахівців (експертів) про деяку конкретну вузько спеціалізовану область і в межах цієї області вона здатна приймати рішення на рівні експерта-професіонала.

Список літератури

1. Управление технологическими роботами для механической обработки / Афонин В.Л., Морозов А.В. — М. : ИМАШ РАН, 1995. — 156 с.
2. Системы искусственного интеллекта: учебное пособие для вузов / Девятков В.В. — М. : Изд-во МГТУ им. Баумана, 2001. — 352с.
3. Люгер Д. Искусственный интеллект М.: Мир, 2003. — 690 с.
4. Макаров И. М., Топчиев Ю. И. Робототехника. История и перспективы М.: Наука, МАИ, 2003. —350 с.

Гаврилова Т. А., Хорошевский В. Ф. Базы знаний интеллектуальных систем СПб: Питер, 2001. —384 с.

УДК 004.71(043.2)

А. Д. Сорокун, студент, Т. В. Мелешко, ст. викладач
(Національний авіаційний університет, Київ, Україна)

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯМЕРЕЖЕВОЇ ТЕХНОЛОГІЇ PLC

Вступ

Актуальність питань дослідження існуючих мережевих технологій, та виведення альтернативних, стає все більш значною по мірі збільшення кількості пристроїв, які люди використовують в повсякденному житті, та які мають різноманітні варіанти підключення один до одного.

Проводяться інтенсивні дослідження за кордоном, і виводяться в промисловість кінцеві розробки, що потрапляють і на наш ринок.

Інтерес до нової технології проявили вже давно, а тепер вона стає все більш доступною і в Україні.

Досліджень цієї технології в Україні поки що не проводилось.

Експериментальні дослідження мали за мету – побачити ефективність застосування технології PLC в повсякденному житті, чи стоїть за нею розвиток мережевих технологій в Україні, та чи має така система перспективу застосування на заміну інших мережевих з`єднань.

Огляд проблеми

PLC (Power Line Communication) розшифровується як «зв'язок за допомогою ліній електропередач». Ось по цій лінії і передається мережевий сигнал. Схожі системи стали застосовуватися більш століття назад. Тоді по проводах між підстанціями передавався телеграфний сигнал. З ростом числа високовольтних ліній електропередач впроваджувалися системи високочастотного зв'язку для телефонії та телеметрії. Принцип роботи PLC в тому, що різні типи даних (тональні сигнали, голос, мережевий трафік) передаються по кабельному з'єднанню, але на різних частотах. Кожен пристрій (телефон, модем, адаптер) фільтрує «чужі» частоти і отримує тільки те, що здатен обробити. Головною перевагою PLC, є відсутність необхідності в прокладанні додаткових кабелів для створення ще однієї мережевої інфраструктури, а також відносна простота використання і більш надійний зв'язок, ніж при організації бездротового доступу.

Стандарт HomePlug AV, є різновидом технології PLC. Він був представлений влітку 2005 року. Згідно з цим стандартом, швидкість мережевого з'єднання може досягати 200 Мбіт / с, чого повинно вистачати для передачі потокового відео і голосу. При цьому швидкість автоматично регулюється залежно від якості зв'язку. З'єднання має шифруватися за допомогою 128-бітного ключа AES, а також підтримувати правила QoS (Quality of Service).

Метою випробування було дослідження виявлення впливу дистанції між блоками з технологією PLC, та якості електричної проводки на якість зв'язку.

Результати досліджень

Для випробувань була зібрана така мережа: один блок PLC розміщувався в лабораторному приміщенні ввімкнений в розетку з напругою 220V, та з'єднувався з комп'ютером UTP-кабелем довжиною 2 м. На відстані 10м від першого блоку розміщувався другий блок, також ввімкнений в розетку за напругою 220V, та з'єднаний з комп'ютером UTP-кабелем довжиною 2 м. В якості блоків, для тестування даної технології, використовувались адаптери D-Link DHP-307AV. До них комп'ютери підключаються через порт Ethernet. До електричної мережі блоки підключаються за допомогою звичайної європейської вилки.

В якості тестових стендів використовувався ноутбук Acer 5739G (Intel Core2Duo 2.2Hz, 4Gb RAM, HDD WDC WD3200BEVT, Gigabit Ethernet Realtek RTL8168B) і нетбук MSI U210 (AMD MV-40, 2 Гб RAM, WDC WD3200AAKS, Gigabit Ethernet JMicron JMC250).

Стан PLC-мережі оцінювалося за допомогою фірмової утиліти, а саме тестування полягало в копіюванні файлів по мережі з однієї машини на іншу.

Адаптери D-Link DHP-307AV приєднувалися в двох точках. У першому випадку обидва пристрої підключалися до одного трійника, а в другому один з адаптерів підключався в іншому кінці лабораторії. У другому випадку фактично адаптер підключався до розеток в сусідній кімнаті, та коридорі. У всіх точках швидкість виявилася ідентичною, так що можна прийняти їх за один випадок підключення.

Експеримент А. Підключення комп'ютерів відбувалося в різних кінцях одної кімнати, з відстанню «по прямій» що дорівнює 15м, через проводку що не має скруток та з'єднань.

Так отримано результати швидкості близької до показників звичайної кабельної LAN-мережі.

Експеримент Б. Підключення комп'ютерів відбувалося в між сусідніми кімнатами, з відстанню «по прямій » що дорівнює 20м, через проводку, яка має скрутки та з'єднання з іншими кімнатами, відводом на щиток, тощо. Так отримано результати швидкості низької якості.

Висновки

З результатів досліджень можна зробити такі висновки:

- в цілому PLC технологія забезпечує дуже непогану швидкість з'єднання (не менше 50 Мбіт/сек за гарної якості дротового з'єднання;

- для якісного зв'язку необхідно хороше провідне з'єднання - без скруток, врізок кабелю різного типу, пошкодженої ізоляції;

- висока чутливість PLC до різного роду перешкодам і фільтрам - слід пам'ятати, що через мережеві фільтри, та стабілізатори PLC-адаптер працювати не буде;

- всі розетки, до яких буде підключатися PLC, повинні живитися з одного місця - PLC не буде працювати в сусідній квартирі або на іншому поверсі офісної будівлі (звичайно, все залежить від конкретної розводки кабелів);

- використовувати PLC має сенс тільки у разі недоцільності або неможливості прокласти кабель Ethernet до певної віддаленої точки, невеликого сегменту мережі або організувати бездротове з'єднання;

- при ідеальному варіанті підключення вони взагалі практично аналогічні стомегабітному каналу Ethernet, а при видаленні пристроїв один від одного швидкість виходить вище, ніж у технології Wi-Fi 802.11g, але набагато стабільніше.

Список літератури

1. Кузин А.В. Компьютерные сети. – М.: «Форум-Инфра-М», 2011 р. – 192 с.

2. Рудой В.М. Системы передачи информации – М.: МГОУ, 2004 р. – 171 с.

3. Дж. Скотт Хогдал Анализ и диагностика компьютерных сетей – М.: «Лори», 2002 р. – 368 с.

УДК 681.3.06

Дворніков П.А., магістрант
(Національний авіаційний університет, Київ, Україна)

РЕАЛІЗАЦІЯ МЕХАНІЗМУ БЕЗПЕКИ В ОС WINDIWS XP

Пропонується використання вбудованих засобів безпеки операційної системи Windows XP для організації розмежування доступу до інформації на автоматизованій робочій станції. Для невеликих організацій побудова КСЗІ часто є невиправданою у фінансовому плані. У більшості випадків, інформація, що циркулює в невеликих організаціях, не становить державну та іншу встановлену законом таємницю, але з точки зору керівника має бути захищеною. Таким організаціям треба шукати інші шляхи для забезпечення захищеності інформації. Головною метою цієї роботи є реалізація механізму безпеки інформації автоматизованому робочому місці (АРМ) без використання додаткового програмного забезпечення (ПЗ). У роботі приведено по шагове налаштування засобів безпеки Windows для організації розмежування доступу до інформації.

Постановка проблеми. Побудова КСЗІ трудомістка та затратна у фінансовому плані процедура. В наш час, захист інформації відіграє важливу роль в організації бізнесу.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. На сьогоднішній день розроблені, мають Експертний висновок та застосовуються такі комплекси засобів захисту інформації від НСД як Лоза-1, Лоза-2, Гриф, Гриф-Мережа, Рубіж-РСО. ОС Windows має вбудовані механізми безпеки.

Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми. Для невеликих організацій побудова КСЗІ часто є невиправданою у фінансовому плані. У більшості випадків, інформація, що циркулює в невеликих організаціях, не становить державну та іншу встановлену законом таємницю, але з точки зору керівника має бути захищеною. Таким організаціям треба шукати інші шляхи для забезпечення захищеності інформації.

Мета статті. Головною метою цієї роботи є реалізація механізму безпеки інформації автоматизованому робочому місці(АРМ) без використання додаткового програмного забезпечення(ПЗ).

Виклад основного матеріалу.

Далі описано налаштування параметрів безпеки, які дозволяють захистити автоматизоване робоче, на прикладі ОС Windows XP, від більшості загроз НСД.

1. Розмежування доступу до файлів.

Встановлювати ОС Windows XP необхідно на заздалегідь підготовлений жорсткий диск з файловою системою NTFS(так як вона дозволяє призначати права доступу до різних файлів).

Після установки Windows XP параметри безпеки за умовчанням працюють як перемикачі типу «включити-виключити». Такий інтерфейс носить назву **Простой общий доступ**. Для його відключення потрібно відкрити довільну папку в **Проводнике** і вибрати **Сервис → Свойства папки**. Перейти на вкладку **Вид** знайти в списку прапорець **Использовать простой общий доступ к файлам** і зняти його.

Коли виключається простий загальний доступ, у діалоговому вікні властивостей будь-якої папки з'являється вкладка **Безопасность**.

Для призначення користувачу або групі користувачів дозволу на доступ до певного файлу необхідно:

1. Вказати на файл мишею й нажати праву кнопку. Вибрати пункт **Свойства контексного меню**. У вікні властивостей файлу, яке з'явилося, перейти на вкладку **Безопасность**.
2. В групі **Имя** показаний список користувачів і груп, яким вже надані дозволи для цього файлу. Для того, щоб додати або видалити користувачів чи групи, необхідно нажати кнопку **Добавить/Удалить**. З'явиться вікно діалогу **Выбрать пользователей, группы**. В полі **Введите имена выбираемых объектов** ввести логін користувача, кнопка **Проверить имена** дозволяє перевірити правильність написання імені.
3. В групі **Разрешения** встановлюються дозволи. Присутні покажчики **Запретить** и **Разрешить**. Встановлюються прапорці для наступних параметрів: **Полный контроль** - користувач одержує необмежений доступ до файлу, **Изменение** - користувач може змінювати файл, зчитувати та виконувати, **Чтение** - користувач може тільки читати файл, **Запись** - користувач може записувати в файл.

Для більш тонкого настроювання дозволів необхідно нажати кнопку **Дополнительно**. З'являється діалогове вікно **Дополнительные параметры безопасности**. Тут можна вказати додаткові дозволи, настроїти політику аудиту, змінити (переглянути) інформацію про власника файлу й додати/видалити користувачів, які можуть одержати доступ до файлу.

При установці і видаленні дозволів необхідно керуватися наступними основними принципами: - Зберігати загальні файли даних разом.

- Не використовувати особливі дозволи.
- Не давати користувачам більшого рівня повноважень, ніж це абсолютно необхідно (принцип мінімізації повноважень).

2. Параметри безпеки.

У системі Windows XP параметри безпеки налагоджуються за наступною адресою:
Панель управления → Администрирование → Локальная политика безопасности → Параметры безопасности

Таблиця 1

Параметри безпеки

Название параметра	Параметры
Учетные записи: ограничить использование пустых паролей только для консольного входа	Вкл
Учетные записи: состояние учетной записи Администратор	Откл
Учетные записи: состояние учетной записи Гость	Откл
Устройства: разрешать отстыковку без входа в систему	Откл

Продовження таблиці 1

Устройства: разрешено форматировать и извлекать съемные носители	Админ
Устройства: запретить пользователям установку драйверов принтера	Вкл
Устройства: разрешить доступ к дисководам компакт-дисков только локальным пользователям	Вкл
Устройства: разрешить доступ к дисководам гибких дисков только локальным пользователям	Вкл
Устройства: поведение при установке неподписанного драйвера	Не разр. устан.
Устройства: запретить пользователям установку драйверов принтера	Вкл
Интерактивный вход в систему: не требовать нажатия CTRL+ALT+DEL	Откл
Интерактивный вход в систему: текст сообщения для пользователей при входе в систему	Вхід тільки для авторізованих користувачів. Особи, які здійснюють спроби несанкціонованого доступу, переслідуватимуться згідно із законом.
Интерактивный вход в систему: заголовок сообщения для пользователей при входе в систему	ПРОДОВЖЕННЯ СПРОБ БЕЗ НАЛЕЖНОЇ АВТОРИЗАЦІЇ Є ЗЛОЧИНОМ
Интерактивный вход в систему: напоминать пользователям об истечении срока действия пароля заранее	14 дней

Продовження таблиці 1

Интерактивный вход в систему: требовать проверки на контроллере домена для отмены блокировки рабочей станции	Откл
Интерактивный вход в систему: поведение при извлечении смарт-карты	Блокировка рабочей станции
Интерактивный вход в систему: не отображать последнего имени пользователя	Вкл
Сетевой доступ: не разрешать перечисление учетных записей SAM анонимными пользователями	Вкл
Сетевой доступ: не разрешать перечисление учетных записей SAM и общих ресурсов анонимными пользователями	Вкл
Сетевой доступ: модель совместного доступа и безопасности для локальных учетных записей	Обычная - локальные пользователи удостоверяются как они сами
Консоль восстановления: разрешить автоматический вход администратора	Откл
Консоль восстановления: разрешить копирование дискет и доступ ко всем дискам и папкам	Откл
Завершение работы: разрешить завершение работы системы без выполнения входа в систему	Откл
Завершение работы: очистка страничного файла виртуальной памяти	Вкл
Системная криптография: использовать FIPS-совместимые алгоритмы для шифрования, хеширования и подписывания	Откл
Системные объекты: владелец по умолчанию для объектов, созданных членами группы администраторов	Создатель объекта
Параметры системы: использовать правила сертификатов для исполняемых файлов Windows для политик ограниченного использования программ	Откл

3. Політика паролів.

Використання регулярно змінюваних, складних паролів знижує імовірність їхнього злому. Параметри політики паролів служать для визначення рівня складності і тривалості використання паролів.

У системі Windows XP параметри політики паролів налагоджуються за наступною адресою:

Панель управления → Администрирование → Локальная политика безопасности → Политики учетных записей → Политика паролей.

Таблиця 2 містить значення найбільш раціональних параметрів політики паролів.

Таблиця 2

Значення параметрів політики паролів

Наименование политики	Параметры
Требовать неповторяемости паролей	24 хранимых пароля
Максимальный срок действия пароля	42 дня
Минимальный срок действия пароля	2 дня
Минимальная длина пароля	8 символов
Пароль должен отвечать требованиям сложности	Включен
Хранить пароли всех пользователей в домене, используя обратимое шифрование	Отключен

Користувач має право змінювати пароль протягом періоду, який визначається встановленими значеннями параметрів мінімального і максимального терміну дії пароля. З іншого боку, у середовищі з високим рівнем безпеки пароль повинний змінюватися тільки за запитом операційної системи, після закінчення максимального терміну дії (42 дня). Щоб дозволити користувачам змінювати пароль тільки за вимогою операційної системи, адміністратор повиннен відповідним чином настроїти Windows. Для цього в діалоговому вікні **Безопасность Windows**, яке з'являється після натискання комбінації клавіш **CTRL+ALT+DELETE**, необхідно деактивувати кнопку Смена пароля.

При виборі паролів необхідно дотримуватись наступних правил:

- не використовувати у якості паролю чи частини паролю будь-яке слово, що згадується у словниках, або його модифікацій;
- пароль повинен містити букви та цифри, причому вони повинні бути перемішані по всьому паролю;
- забороняється використовувати символи одного регістру (букви повинні бути як верхнього та нижнього регістру);

- рекомендується використовувати при складанні паролю також і спеціальні символи.

4. Політика блокування облікового запису.

Цей компонент використовується для блокування облікового запису, якщо протягом заданого проміжку часу реєструється визначена кількість невдалих спроб входу в систему. Кількість спроб і інтервал часу встановлюються за допомогою параметрів політики блокування облікового запису. Користувач не зможе ввійти в систему, якщо його обліковий запис заблокований. Спроби входу в систему відслідковуються ОС, а відповідним чином настроєне ПЗ реагує на потенційні атаки такого виду, блокуючи обліковий запис на заданий інтервал часу.

У системі Windows XP параметри політики блокування облікових записів налагоджуються за наступною адресою:

Панель управления → Администрирование → Локальная политика безопасности → Политики учетных записей → Политика блокировки учетной записи.

Таблиця 3 містить значення найбільш раціональних параметрів політики блокування облікових записів.

Таблиця 3

Значення параметрів політики блокування облікових записів

Наименование политики	Параметры
Блокировка учетной записи на	30 минут
Пороговое значение блокировки	5 ошибок входа в систему
Сброс счетчика блокировки через	30 минут

5. Визначення прав користувача.

У системі Windows XP параметри призначення прав користувачів налагоджуються за наступною адресою:

Панель управления → Администрирование → Локальная политика безопасности → Локальные политики → Назначение прав пользователей.

Таблиця 4

Призначення прав користувачів

Наименование политики	Параметры
Архивирование файлов и каталогов	Администраторы
Обход перекрестной проверки	Пользователи
Изменение системного времени	Администраторы
Отладка программ	Никто

Продовження таблиці 4

Локальный вход в систему	Администраторы, пользователи
Конфигурация отдельного процесса	Администраторы
Восстановление файлов и каталогов	Администраторы
Завершение работы системы	Администраторы, пользователи
Загрузка и выгрузка драйверов устройств	Администраторы
Создание журналов безопасности	LOCAL SERVICE
Вход в качестве службы	Никто
Управление аудитом и журналом безопасности	Администраторы
Изменение параметров среды оборудования	Администраторы
Запуск операций по обслуживанию тома	Администраторы
Овладение файлами или иными обьектами	Администраторы

Перейшовши за адресою **Панель управления → Администрирование → Управление компьютером → Локальные пользователи** необхідно створити один обліковий запис адміністратора безпеки і один обліковий запис системного адміністратора з правами адміністратора, необхідну кількість облікових записів користувачів з правами користувача, заблокувати вбудовані облікові записи Администратор, Гость.

Необхідно вимкнути **Быстрое переключение между пользователями**. Потрібно зайти в **Панель управления → Учетные записи пользователей → Изменение входа пользователей в систему** і зняти галочку з пункту **Использовать быстрое переключение пользователей**.

6. Параметри політики аудиту.

За допомогою політики аудиту визначаються події безпеки, що включаються в звіт для адміністратора. У результаті цього створюється журнал реєстрації визначених дій системи і користувачів. Адміністратор одержує можливість стежити за діями, що мають відношення до безпеки, наприклад за тим, хто одержує доступ до об'єкта, коли користувач входить і виходить із системи, а також за зміною параметрів політики аудиту.

Перед упровадженням політики аудиту необхідно визначити категорії подій, які будуть відслідковуватися з її допомогою. Політика аудиту визначається обраними для кожної категорії подій параметрами. Шляхом визначення параметрів для різних категорій подій можна створювати політику аудиту, яка задовольняє усім вимогам безпеки організації.

Якщо політика аудиту не налагоджена, то у випадку виникнення проблеми з безпекою, буде дуже складно (або взагалі не можливо) визначити, що відбулося в дійсності. З іншого боку, якщо налагодженнями аудиту призначено відстеження великої кількості дозволених дій, журнал подій безпеки буде переповнений марною інформацією.

У системі Windows XP параметри політики аудиту налагоджуються за наступною адресою:

Панель управления → Администрирование → Локальная политика безопасности → Локальные политики → Политика аудита

Таблиця 5

Значення параметрів політики аудиту

Наименование политики	Параметры
Аудит событий входа в систему	Успех, отказ
Аудит управления учетными записями	Успех, отказ
Аудит доступа к службе каталогов	Нет аудита
Аудит входа в систему	Успех, отказ
Аудит доступа к объектам	Отказ
Аудит изменения политики	Успех
Аудит использования привилегий	Отказ
Аудит отслеживания процессов	Нет аудита
Аудит системных событий	Успех, отказ

Інформація аудиту знаходиться в журналі безпеки: **Панель управления → Администрирование → Управление компьютером → Просмотр событий → Безопасность**. При налагодженні характеристик журналу безпеки необхідно вказати на пункт **Безопасность** мишею й нажати праву кнопку. Вибрати пункт **Свойства** контексного меню. В закладці **Общие** встановити **Максимальный обьем журнала - 5 МБ**, поставити галочку в пункті **Не затирать события**. В закладці Фильтр встановити галочки навпроти всіх типів подій, **Источник событий – все**, **Категория – все**.

Фізично журнал безпеки знаходиться за адресою **C:\WINDOWS\System32\config\SecEvent.Evt**. Адміністратор безпеки повинен не рідше чим раз в 7 днів переглядати та архівувати журнал безпеки на окремий носій інформації. Після перегляду та архівування адміністратор безпеки повинен очистити журнал безпеки – кнопкою Очистить журнал в закладці Общие.

7. Політика обмеженого використання програм для ПК під керуванням Windows XP

Політика обмеженого використання програм дозволяє адміністраторові визначити програми, які можуть бути запущені на локальному комп'ютері.

Щоб додати або видалити призначений тип файлів необхідно відкрити **Панель управления → Администрирование → Локальная политика безопасности → Политики ограниченного использования программ**.

Далі в панелі **Тип обьекта** двічі клацнути службу **Назначенные типы файлов**. Щоб додати тип файлів, у поле **Расширение** ввести розширення файлів і натиснути кнопку **Добавить**. Щоб видалити тип файлів, у списку **Назначенные типы файлов** клацнути запис і натиснути кнопку **Удалить**.

Для підвищення безпеки як інформації, так і цілісності операційної системи треба мінімізувати доступ користувачів до системних файлів.

Необхідно заборонити всім групам користувачів, крім Администраторы право на використання програм **Regedit**, **Debug** та **Regedt32**. Для цього у провіднику відкрити **C:\WINDOWS\regedit.exe**, **C:\WINDOWS\system32\debug.exe**, **C:\WINDOWS\system32\regedt32.exe** і **C:\WINDOWS\system32\dllcache** та, відкривши параметри безпеки цих файлів (дивись п.1), видалити зі списку дозволу доступу всіх крім Администраторы та SYSTEM.

Обмежити доступ користувачам до наступних каталогів і призначити відповідні права доступу: **C:\WINDOWS\Repair**, **C:\WINDOWS\System32\Config** – тільки перегляд списку файлів; **C:\WINDOWS\System32\SPOOL** – тільки читання змісту файлів;

Встановити пароль адміністратора на доступ до налаштовувань системної плати АС (BIOS setup). Довжина пароля повинна бути не менше 8 символів.

Встановити у настроюваннях системної плати завантаження тільки з певного жорсткого диску з встановленою ОС.

8. Відключення служб, які не використовуються

Відкрити утиліту керування встановленими службами за адресою **Панель управления → Администрирование → Службы** та виділивши необхідну службу вказати мишею й нажати праву кнопку. Вибрати пункт Свойства і встановити «відключено» для наступних служб:

Таблиця 6

Перелік служб, що мають бути вимкнені

Автоматическое обновление (Automatic Updates). Варто не тільки відключити службу, але й скасувати Автоматическое обновление в однойменній закладці: Панель управления → Свойства системы.
Сервер папки обмена (ClipBook)
Фоновая интеллектуальная служба передачи (Background Intelligent Transfer Service)
Machine Debug Manager
Служба шлюза уровня приложений (Application Layer Gateway Service)
Оповещатель (Alerter)
Обозреватель компьютеров (Computer Browser)

Продовження таблиці 6

DHCP - клиент (DHCP-client)
DNS - клиент (DNS Client)
Совместимость быстрого переключения пользователей (Fast User Switching Compatibility)
Служба факсов (Fax)
Доступ к HID-устройствам (Human Interface Device Access)
Служба индексирования (Indexing Service)
Брандмауэр Интернета (ICPуОбщий доступ к Интернету (ICS) (Internet Connection Firewall (ICF)/Internet Connection Sharing (ICS))
Служба IPSec (IPSec Services)
Служба сообщений (Messenger)
Сетевой вход в систему (Net logon)
Удаленное управление рабочим столом в NetMeeting (NetMeeting Remote Desktop Sharing)
Сетевые подключения (Network connections)
Служба сетевого DDE (Network DDE)
Диспетчер сетевого DDE (Network DDE DSDM)
Служба сетевого расположения (NLA) (Network Location Awareness (NLA))
Поставщик поддержки безопасности NTLM (NTLM Security Support Provider)
QoS RSVP
Диспетчер Авто - подключений удаленного доступа (Remote Access Auto Connection Manager)
Диспетчер подключений удаленного доступа (Remote Access Connection Manager)
Диспетчер сеанса справки для удаленного рабочего стола (Remote Desktop Help Session Manager)
Удаленный реестр (Remote Registry)
Съемные ЗУ (Removable Storage)
Маршрутизация и удаленный доступ (Routing and Remote Access)
Сервер (Server)
Служба обнаружения SSDP (SSDP Discovery Service)
Планировщик заданий (Task Scheduler)
Модуль поддержки NetBIOS через TCP/IP (TCP/IP NetBIOS Helper Service)
Телефония
Telnet
Службы терминалов (Terminal Service)
Темы (Themes)
Узел универсальных PnP-устройств (Universal Plug and Play Device Host)
Веб-клиент (WebClient)
Служба загрузки изображений (WIA) (Windows Image Acquisition (WIA))
Служба времени Windows (Windows Time)
Беспроводная настройка (Wireless Zero Configuration)
Адаптер производительности WMI (WMI Performance Adapter)
Рабочая станция (Workstation)

Висновки і пропозиції.

Операційні системи Windows найбільш поширені серед українських користувачів. Тому питання налагодження параметрів безпеки ОС такого типу є доволі актуальним. Головним елементом при створенні захищеної автоматизованої робочої станції є і завжди буде користувач. Вся відповідальність за безпеку комп'ютера лежить на адміністраторі або користувачі з правами адміністратора. По захищеності, правильно налагоджений комп'ютер на базі NT-систем(зокремаWindows XP) не поступається комп'ютеру що управляється Linux-подібними системами.

Список використаних джерел.

1. НД ТЗІ 2.5-005 - 99. Класифікація автоматизованих систем і стандартні функціональні профілі захищеності оброблюваної інформації від несанкціонованого доступу
2. Закон України "Про державну таємницю" Відомості Верховної Ради (ВВР), 1994, № 16, ст.93
3. Домарев В.В. Безопасность информационных технологий. Методология создания систем защиты. – К.: ООО «ТИД «ДС»», 2001. – 688 с.
4. Торокин А.А. Основы инженерно-технической защиты информации. – М.: Издательство «Ось – 89», 1998. – 336 с.
5. Максименко Ю.А. Захист інформації з бази даних: від ілюзій до реальності. 2002

УДК 629.3

Е.Ю. Федоров (КНИТУ им. А.Н. Туполева, РФ, г. Казань)
В.С. Терещук, д.т.н. (КНИТУ им. А.Н. Туполева, РФ, г. Казань)
А.В. Ференец, к.т.н. (КНИТУ им. А.Н. Туполева, РФ, г. Казань)

КОМПЛЕКС ОПТИМИЗАЦИОННО-РАСЧЕТНЫХ ПРОГРАММ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

Рассматриваются системы автоматизированного проектирования электрооборудования транспортных средств и их взаимодействие. Предложен комплекс оптимизационно-расчетных программ для повышения качества проектируемых систем электрооборудования. Представлена структурная схема, на которой изображены взаимосвязи между используемыми программными продуктами.

Динамично развивающийся автомобильный рынок предъявляет особые требования к качеству и срокам обновления производимых моделей автомобилей. Удовлетворение этим требованиям во многом закладывается на этапе проектирования автомобиля в целом и его систем и достигается сегодня использованием современных средств автоматизированного проектирования.

Рынок информационных технологий в области проектирования электрооборудования достаточно широко представлен универсальными инструментальными системами автоматизированного проектирования (САПР), позволяющих решить в комплексе задачи разработки принципиальных схем, схем электрических соединений и проектирования жгутов. В качестве примера можно привести такие системы САПР как Electrics, E^3Series, EPLAN Electric и др. Большинство из них эффективно взаимодействует с системами трехмерного проектирования (Siemens NX, Catia, Cimatron, SolidWorks), системами подготовки и сопровождения технической документации (TG BILDER) и системами организации коллективного пользования (Teamcenter, Smartteam, CIM Database).

Такие системы в большинстве своем являются средствами графически-информационной поддержки проектного процесса эффективно сокращающие его сроки и повышающие его точность. Но качество проектных решений здесь зависит во многом от подготовленности и опыта персонала.

Для задач решаемых конструкторским отделом электрооборудования автомобильных предприятий уровень проекта определяется надежностью и качеством электроснабжения потребителей электроэнергии автомобильных систем и оптимальностью принимаемых решений. Задачи оптимизации, анализа качества и надежности проектируемых систем универсальные средства САПР электрооборудования (ЭО) не решают и требуют для их решения разработки специализированных приложений. Кроме того, универсальные САПР, являясь инструментальной оболочкой, требуют адаптации к конкретным объектам и специфики решения задач и форме конструкторской документации.

Для решения указанных проблем конструкторским отделом электрооборудования НТЦ ОАО «КАМАЗ» совместно с кафедрой электрооборудования КНИТУ им А.Н. Туполева при финансовой поддержке Министерства образова-

ния и науки Российской Федерации были развернуты работы по созданию оптимизационно-расчетных компонентов САПР ЭО базового шасси автомобиля «КАМАЗ» нового поколения.

В качестве инструментальной среды САПР ЭО в отделах электро- и электронного оборудования НТЦ ОАО «КАМАЗ» выбрана система E^{3}Series в комплексе с системой 3D моделирования Siemens NX в многопользовательской информационной среде Teamcenter. Разрабатываемый комплекс оптимизационно-расчетных программ (ОРП) дополняет эти системы в форме автономных программ. Открытость используемых систем позволяет без затруднений организовать информационное взаимодействие дополнительных программ в форме интерфейсных модулей («скриптов»).

В состав комплекса входят:

- программа анализа режимов работы системы распределения (СР) СЭС автомобиля;
- программа выбора и проверки аппаратов защиты СР;
- программа оптимального выбора сечений проводов;
- программа расчета баланса электроэнергии автомобилей и автобусов.

Для функционирования САПР ЭО как единой системы решения всех проектных задач отдела электрооборудования разработана логическая структура базы данных справочной и проектной информации электрооборудования. База данных электрооборудования реализуется средствами встроенной СУБД системы E^{3}Series. Информационные массивы разрабатываемых программ комплекса ОРП являются отражением этой базы данных.

На рис. 1 приведена структурная схема, на которой представлены взаимосвязи между программами E^3.Series, Siemens NX и Teamcenter, в соответствии с процессом проектирования электрооборудования грузового автомобиля.

Методика проектирования в E^3.Series предусматривает возможность концептуального сквозного проектирования, то есть работу над проектом, начиная с создания его структурной схемы и заканчивая реализацией и передачей полного комплекта проектной документации. E^3.Series позволяет создавать принципиальную электрическую схему, схему электрических соединений и сборочный чертеж каждого жгута с таблицей проводов [1].

Система NX от Siemens PLM Software представляет собой интегрированное решение для автоматизированного проектирования изделия, технологической подготовки производства и инженерного анализа (CAD/CAM/CAE) [2].

Управление процессом разработки электрооборудования осуществляется в E3.Series и Siemens NX на базе CALS-системы Teamcenter, которая представляет собой единый источник знаний об изделиях и процессах, и полностью интегрирована с CAD, CAM и CAE системами.

С помощью системы Teamcenter обеспечивается управление и отслеживание выполнения хода проекта, организация единой системы справочной и нормативной документации и управление составом изделий [3].

Взаимодействие E3.Series и Siemens NX осуществляется через специализированный модуль E³.3D Routing Bridge. С помощью E³.3D Routing Bridge формируется XML-файл, содержащий данные по соединителям, изделиям, контактам, проводным и кабельным характеристикам (атрибуты), которые пе-

редаются в 3D-систему (Siemens NX). Обратно передаются реальные длины проводов и жгутов. Интеграция между программами E3.Series и Teamcenter осуществляется через PDM адаптер E³.ZPA.

По предложенной схеме проектирования проводилось опытное проектирование жгута, применяемого на автомобиле КАМАЗ-5320 (левый задний пучок проводов) [4]. Проведены расчет сечений проводов некоторых систем электрооборудования, провода которых включены в этот жгут, и анализ режимов работы этих систем. Расчеты проводились с использованием программ, разработанных на кафедре электрооборудования в рамках хоздоговоров между ОАО «КАМАЗ» и КНИТУ им. А.Н. Туполева [5 - 7]. Выполненные работы подтвердили заложенную в них концепцию, на базе которой проводятся изложенные в статье исследования.

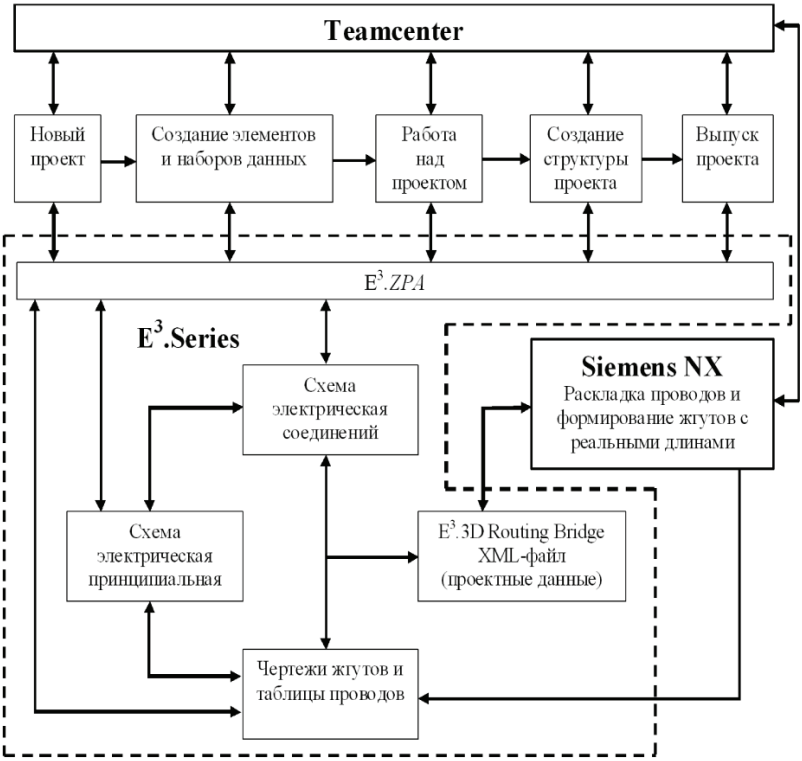


Рис. 1

Выводы

Рассмотрена система автоматизированного проектирования электро- и электронного оборудования НТЦ ОАО «КАМАЗ» на основе программного

обеспечения E^3Series, системы 3D моделирования Siemens NX в многопользовательской информационной среде Teamcenter. Предложен комплекс оптимизацио-расчетных программ, дополняющий эти системы в форме автономных программ. В состав комплекса входят:

- программа анализа режимов работы системы распределения (СР) СЭС автомобиля;
- программа выбора и проверки аппаратов защиты СР;
- программа оптимального выбора сечений проводов;
- программа расчета баланса электроэнергии автомобилей и автобусов.

Список литературы

1.Спиридонов А. Вертикальные решения для электротехнического проектирования на основе системы E^3.Series / Андрей Спиридонов // САПР и графика. - 2007. - №3. - с. 45-47.

2.Гончаров П.С., Ельцов М.Ю., Коршиков С.Б., Лаптев И.В., Осиюк В.А. NX для конструктора-машиностроителя. — ИД ДМК Пресс. Москва, 2010. — 504 с. ISBN 978-5-94074-590-7

3.Ушаков И. Siemens PLM Connection 2008: новые решения — новые горизонты / Иннокентий Ушаков // САПР и графика. - 2008. - №7. - с. 60-61

4.Талалыкин А., Кочаров К. САПР Electrics и UG/WIRING / Андрей Талалыкин, Карен Кочаров // Авиационная промышленность. - 2007. - Специальный выпуск. - с. 66 – 69.

5.Разработка комплекса электрооборудования перспективных грузовых автомобилей на базе CALS технологий /Городнов А.Г., Садыков М.Э., Терещук В.С., Федоров Е.Ю., Ференец А.В., Хайруллина Г.С., Цой А.А., Шакирзянова Н.Ш.// Материалы международной научно-технической конференции ААИ «Автомобиле- и тракторостроение в России: приоритеты развития и подготовки кадров», посвященной 145-летию МГТУ «МАМИ». Книга 3 «Электроника, электромеханические преобразователи и системы управления», 2010. – с. 15-23.

6.Горячкин В.П., Терещук В.С.,Шакирзянова Н.Ш.. База данных подсистемы САПР ЭО автомобилей // Труды 2 международной научно-практической конференции «Автомобиль и техносфера». – Казань: Изд-во Казан. гос. техн. ун-та, 2001. – с. 449-454.

7.Схема и алгоритмы проектирования систем электрооборудования автомобилей с применением программ САПР / Терещук В.С., Горячкин В.П., Фадеев С.В., Шакирзянова Н.Ш. // Труды 3 международной научно-практической конференции «Автомобиль и техносфера». – Казань: Изд-во Казан. гос. техн. ун-та, 2003. – с. 645-651.

УДК 004.4:504.054:665.7 (043.2)

О.В. Чебанюк, к.т.н., доцент.
(Національний авіаційний університет, Україна, м. Київ)

АСПЕКТИ ВИКОРИСТАННЯ IDE MONODEVELOPER ДЛЯ ПЕРЕНОСИМОСТІ ПРОГРАМНОГО КОДУ МІЖ РІЗНИМИ ПЛАТФОРМАМИ

У роботі представлено результати дослідження наступних аспектів використання IDE Monodeveloper при перенесенні програмного коду на інші платформи та операційні системи: політики ліцензування; відповідність середовища IDE Monodeveloper сучасним вимогам «бережливої розробки програмного забезпечення»; перенесення коду з компонентами, які не включені до IDE Monodeveloper; перенесення графічного інтерфейсу з середовища – Visual Studio; перенесення коду з підтримкою багатопоточності.

Актуальність З досвіду розробників програмного забезпечення написання обгорток для виклику методів, реалізованих на інших мовах програмування, знижує продуктивність та збільшує час виконання операцій. За рахунок того, що середовище IDE Monodeveloper оптимізовано по швидкодії та ефективності за рахунок використання бібліотеки *gtk+* проекти використовують не більше 2% актуальної продуктивності процесора, в той час, як застосування WPF чи XNA можуть завантажувати процесор до 60% навіть у потужних комп'ютерах.

Середовище IDE Monodeveloper дозволяє використовувати підхід переносимості програмного коду між різними платформами без організації міжмовної взаємодії. Приклад – код написаний на C# під Windows без змін перекомпілюється під Linux чи Mac та навпаки. Це дозволяє сумісне використання технологій, які єфективно реалізовані у різних операційних системах. Наприклад – продуктивна промальовка інтерфейсу у Linux та мова запитів LINQ у Windows може використовуватися у одному проекті без організації міжмовної та міжплатформенної взаємодії між програмними модулями. Користувачу середовища потрібно додати необхідну кількість посилань на бібліотеки з різних платформ, які використовуються у поточному проекті.

Ядро IDE Monodeveloper базується на API, адаптованих до системи апаратних та програмних переривань, і на відміну від .Net Framework і багатьох сучасних програмних біліотек і не містить об'єктних модулів. При розробці багатофункціональних застосувань використовується підхід композиції методів на відміну від наслідування у *.Net Framework.*

Лицензування: На ядро інтегрованого середовища розповсюджується ліцензія General Public License (GPL).

На C # компілятор розповсюджується подвійна ліцензія - MIT/X11 та GNU General Public License (GPL).

Інструменти випускаються відповідно до умов GNU General Public License та GPL.

Бібліотеки Mono ліцензуються відповідно до ліцензій GNU, GPL 2.0 (LGPL 2.0).

Бібліотеки класів ліцензуються ліцензією MIT X11.

Умови ліцензії GNU GPL 2.0 - кожен має право копіювати і поширювати точні копії програмного забезпечення, що було створене на базі IDEMonodeveloper, але змінювати його не можна.

MIT X11 – кожен власник копії програмного забезпечення та супутньої документації набуває необмежених прав по використанню програмного забезпечення, включаючи права на використання, копіювання, зміну, модифікації , публікації, поширення, розповсюдження та / або продаж копій програмного забезпечення.

Вибір ліцензії у середовищі –«Вид» – «Свойства проекта» – «Стандартный заголовок» –«Варианты» –«MITlicensing, BSDlicense», и т.п.

Відповідність середовища IDEMonodeveloper сучасним вимогам «бережливої розробки програмного забезпечення»

За замовчуванням використовуються наступні посилання System, Mono.Posix, GTK-Sharp, GDK-Sharp, glib-sharp, glade-sharp, pango-sharp, atk-sharp. При необхідності додаються інші посилання. При цьому використання відсотку продуктивності процесора – 0.5%.

*Перенесення коду з компонентами, які не включені до IDEMonodeveloper*відбувається при компіляції бібліотек за допомогою засобу Mono Migration Analyzer шляхом формування звіту. У звіті (рис. 1) генерується повідомлення про наявність методів, які описані у розділі MonoTodo проекту.

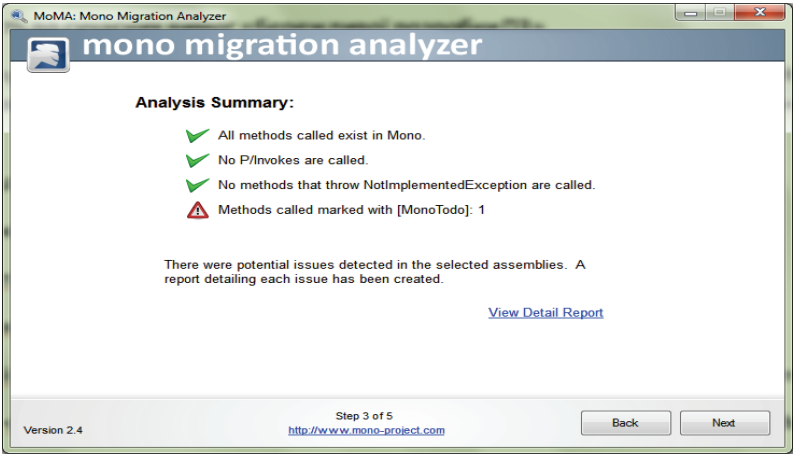


Рис.1. Інтерфейс утиліти Mono Migration Analyzer

Засоби забезпечення переносимості коду на інші платформи при ідентифікації помилок під час складання звіту (рис. 1)

1. Методи, відмічені у першому пункту звіту, (allmethodscallsexistinmono)– потрібно переписати метод самостійно.

2. Методи, відмічені удругому пункту звіту, є методами з некеруємих бібліотек, наприклад бібліотек ядра операційної системи Windows, а самеuser32.dll чи shel32.dll. Ці бібліотеки скопіюються при переносі коду на інши платформи. Інший шлях – використати динамічне підключення методів при імпорті з *.dll бібліотек шляхом використання методів LoadLibrary, GetProcAdress та FreeLibrary. При цьому при передачі параметрів потрібно використати інструмент маршалінгу по перейменуванню типів. При перенесенні коду на ОС Linux послідовність пошуку сторонніх бібліотек наступна /lib, /usr/ ,lib.

4. Методи, відмічені у четвертому пункті (MonoTodo) є методами, для яких визначені певні обмеження при повторній компіляції проекту у середовищі Monodeveloper. Ці обмеження не розповсюджуються якщо компілювати та запускати проект під керуванням тієї операційної системи, для якої було створено цей проект.

Результати деталізованого звіту про аналіз перенесення коду на інші платформи можна продивитись у вікні браузера за замовчуванням (рис. 2).

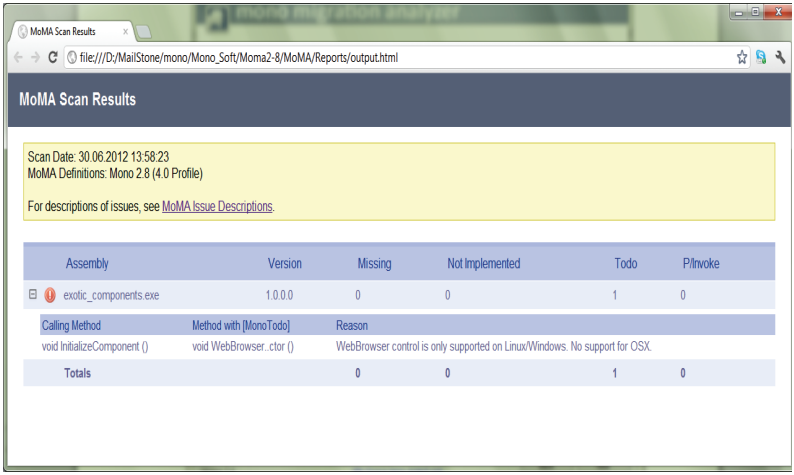


Рис.2. Приклад згенерованого звіту утілітою Mono Migration Analyzer

Unit- тестування – підтримується.

Перенесення інтерфейсу з середовища VisualStudio – файли formdesigner.cs та form.cs об'єднуються в один файл. Перенесення інтерфейсу відбувається на 100%.

*Особливості проектування графічного інтерфейсу у середовищі Monodeveloper.*Якщо перенести візуальний елемент управління на форму він займає всю площу форми. Для запобігання цьому явищу потрібно перенести контейнер – fixedта на ньому розміщати візуальні елементи управління.

Аналіз можливості перенесення коду на інші платформи із використання застосування MoMa (MonoMigrationAnalyzer).

У застосування MoMa (MonoMigrationAnalyzer)завантажується посилання на сборку – генерується звіт (рис. 2).

Промальовка графічних примітивів Існує два засоби промальовки графічних примітивів: бібліотека графічних елементів cairo яка належить до APIMono та підключення простору імен System.Drawing. Але при пыдключенны System.Drawing відбуваэться помилка отримання контексту вікна, тобто: оператор gr = Graphics.FromHwnd(this.Handle); видає помилку outofmemory (рис. 3).

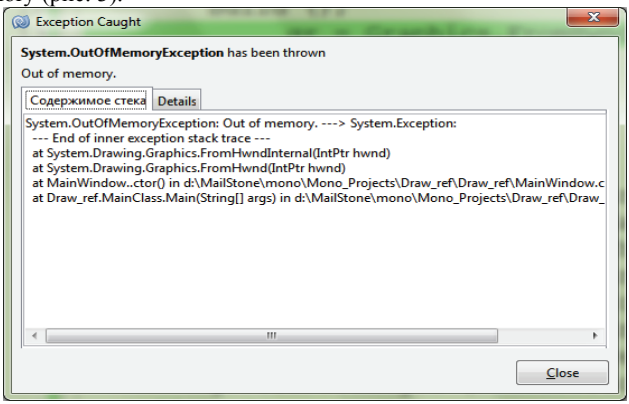


Рис. 3. Помилка monopri створенні нового потоку

Багатопоточні застосування - не рекомендується використовувати багатопоточні застосування при перекомпіляції коду для використання на інших платформах.

Коллекції – оператори роботи з коллекціями підтримуються повністю.

Підтримка некеруємого (unsafe) коду у керуємих модулях – повна переносимість.

Висновки: У роботі представлено результати дослідження можливостей середовища IDE Monodeveloper та засобу MonoMigrationAnalyzer які дозволяють підвищіти єфективність операцій перенесення коду на інші платформи. Такий підхід є альтернативою збереження метаданих, які використовуються методами різних бібліотек у XML файлах або у визначених адресах памяті. Також застосування цих інструментів звільняє розробників від необхідності виконувати додаткові дії при супроводженні програмного коду, наприклад, визначати які методи змінюються при оновленні версій програмних бібліотек.

УДК 004.4:629.735.072.8:004(043.5)

Ю.М. Рябокінь
(Національний авіаційний університет, Україна, м. Київ)

ВИЗНАЧЕННЯ ТА ФОРМАЛІЗОВАНЕ ПРЕДСТАВЛЕННЯ БАГАТОКРАТНО ВИКОРИСТОВУВАНИХ КОМПОНЕНТ ПУЛЬТІВ ІНСТРУКТОРА АВІАЦІЙНИХ ТРЕНАЖЕРІВ

Розглянуто шляхом застосування онтології на прикладі кругового індикатора визначення та формалізоване представлення багатократно використовуваних компонент пультів інструктора авіаційних тренажерів.

Формалізоване представлення компонент багатократного використання типу «інтерфейсний елемент», в роботі, задається декларативною моделлю виду:

$$C_i = \langle g, a, m, t \rangle; \qquad (1)$$

де C_i – і-й інтерфейсний елемент, $i \in [1 \div n]$;

$C_i \in C$, $C = \{\text{індикатори, елементи_управління}\}$;

g– графічний опис компоненту (стандарт IDEF 5);

a– аналітичний опис компоненту у вигляді формул логіки предикатів першого порядку;

m– математичне представлення функціональності інтерфейсного елементу в рамках роботи пульта інструктора;

t– шаблон програмного коду, що відповідає компоненту заданого типу.

Представимо за допомогою декларативної моделі інтерфейсний елемент – круговий індикатор.

Круговий індикатор (К_ІНД) представляє собою інтерфейсний елемент, що складається із однієї і більше шкал для відображення значення та стрілок, що вказують на певне значення. Основними представниками кругового індикатору виступають: авіаційний годинний, варіометр, висотомір, радіокомпас, тахометр, покажчик швидкості, паливо мір, покажчик положення закрилків.

Графічне представлення онтології кругового індикатору наведено на рис. 1.

Графічний опис $\left(g_i^{K_ІНД}\right)$

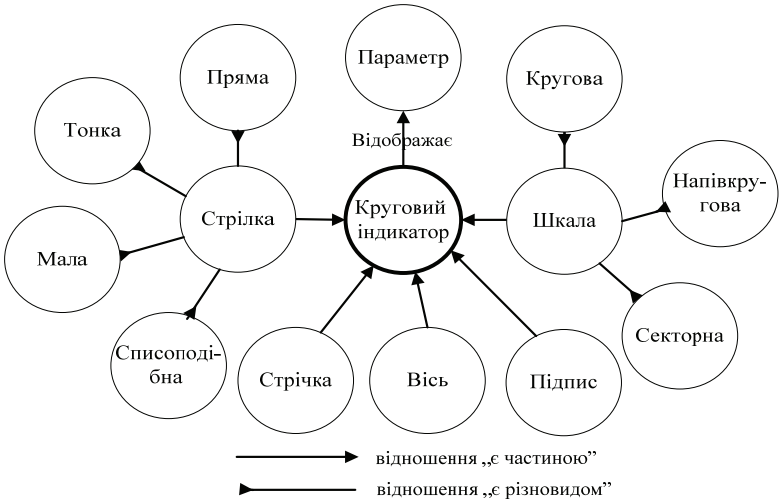


Рис.1. Графічне представлення онтології кругового індикатору

Аналітичний опис $\left(a_i^{K_ІНД}\right)$

Задамо область інтерпретації кругового індикатору множиною *D*.

D = {параметр,шкала, підпис, стрічка, стрілка, вісь} $\Rightarrow$

D_1 = {(параметр),(діапазон, радіус, мал_под, вел_под, пол_циф, розм_циф), підпис, (колір$_i$, протяж_стрічки$_i$), (тип_стр, розмір_стр),(тип_вісі, розмір_вісі)}

Тоді, формула для кругового індикатору виглядає наступним чином:

$$К_ІНД = \left(\begin{array}{l} P_1^{пар}\left(параметр\right) \wedge \\ \wedge P_2^{ш}\left(діапазон^{ш}, радіус^{ш}, мал_под^{ш}, вел_под^{ш}, положж_циф^{ш}, розм_циф^{ш}\right) \wedge \\ \wedge P_3^{n}\left(підпис\right) \vee P_4^{ст}\left(колір_k^{ст}, протяж_стрічки_k^{ст}\right) \wedge \\ \wedge P_5^{с}\left(тип_стр^{с}, протяж_стрічки^{ст}\right) \vee P_6^{в}\left(тип_вісі^{в}, розмір_вісі^{в}\right) \end{array} \right) \quad (2)$$

де $P_1^{пар}$ – предикат «відображається індикатором»; $P_2^{ш}$ – предикат «характеризує шкалу»; P_3^{n} – предикат «складова індикатору»; $P_4^{ст}$ –

предикат «характеризує стрічку». $P_5^{с}$ – предикат «характеризує стрілку»; $P_6^{в}$ – предикат «характеризує вісь».

Відповідно, аксіомою для кругового індикатору є запис виду:

$$\forall параметр \forall діапазон^{ш} \in [i1, j1] \forall радіус^{ш} \in [i2, j2] \forall мал_под^{ш} \in [i3, j3]$$
$$\forall вел_под^{ш} \in [i4, j4] \forall полож_циф^{ш} \in [i5, j5] \forall розм_циф^{ш} \in [i6, j6] \forall підпис$$
$$\forall колір_k^{ст} \in [1 \div 3] \forall протяж_стрічки_k^{ст} \in [i7, j7] \forall тип_стр^{с} \in [1 \div 4]$$
$$\forall розмір_стр^{с} \in [i8, j8] \forall тип_вісі^{в} \in [1 \div 5] \forall розмір_вісі^{в} \in [i9, j9] \rightarrow К_ІНД$$

Аргумент *«параметр»* приймає значення параметрів: швидкості, висотоміра, варіометра, радіокомпаса, тахометра, манометра, термометра та паливоміра, авіаційного годинника.

А обмеження для кругового індикатору складають:

$k \in [1 \div 3], i \in [1 \div 3], діапазон^{ш} \in [0 \div 10000], радіус^{ш} \in [70 \div 120],$

$мал_под^{ш} \in [0 \div 10], вел_под^{ш} \in [0 \div 30], полож_циф^{ш} \in [-40 \div 40],$

$розм_циф^{ш} \in [8 \div 18], розмір_вісі^{в} \in [5 \div 200], протяж_стрічки^{ст} \in$

$[0 \div 10000], розмір_стр^{с} \in [0 \div 90],$

Математичний опис $\left(m_i^{К_ІНД}\right)$

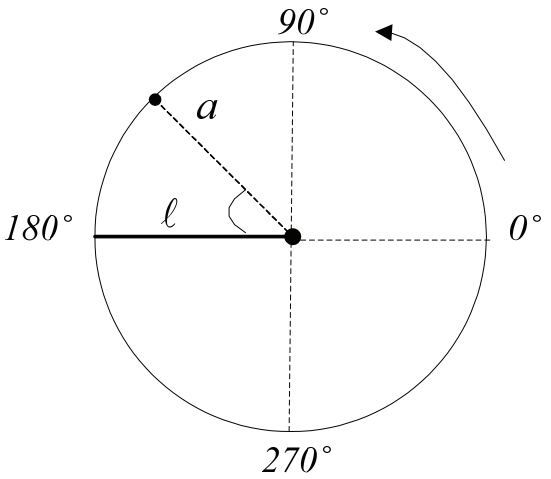


Рис. 2. Представлення кругового індикатору в полярній системі координат

Нехай задана полярна система координат. При цьому:

A – загальна кількість поділок в крузі;

α – «нульовий кут» (в даному випадку 180˚);

ℓ – довжина стрілки ($\ell = R$);

a – значення параметру, яке потрібно представити, перемістивши стрілку;

Формула для визначення значень даної функції представляється наступним чином:

$$f(a) = \left(\alpha + (-1)^{g(a)} \frac{a}{A} * 2\pi \right) \Rightarrow \left(f(a), \ell \right), \qquad (3)$$

де $f(a)$ – функція для знаходження полярних координат вектора (тільки кута, оскільки ℓ не змінюється);

$$g(a) = \begin{cases} 0, якщо \quad a > 0 \\ 1, якщо \quad a < 0 \end{cases}$$

Перейдемо з полярної системи координат до Декартової за допомогою формул виду:

$$\begin{aligned} x &= \ell * \cos(f(a)) \\ y &= \ell * \sin(f(a)) \end{aligned} \qquad (4)$$

Шаблон програмного коду $\left(t_i^{K_IНД} \right)$

Шаблон програмного коду кругового індикатору представляється у вигляді XML-специфікацій (рис. 3), які формуються за допомогою заповнення значеннями полів редактору кругового індикатору. Отримані специфікації зберігаються в XML-файлі, який відображає основну структуру та контент кругових індикаторів.

<GaugeType="Circular">
<ParamName=" "/>
<LabelCaption=""CaptionLocationX=""CaptionLocationY=""/>
<ScaleMinValue=""MaxValue=""Radius=""TextOffset=""TextSize=""MinorTickCount=""MajorTickCount=""ShowFirst=""ShowLast=""StartAngle=""EndAngle=""/>
<Ribbons>
<RibbonName=""StartValue=""EndValue=""/>
<RibbonName=""EndValue=""/>
</Ribbons>
<NeedleShapeType=""StartOffset=""EndOffset=""/>
<BoundsSizeX=""SizeY=""LocationX=""LocationY=""/>

</Gauge>
Рис.1. Шаблон програмного коду кругового індикатору

Висновки

В результаті отриманих досліджень показано, що компоненти багатократного використання визначаються виходячи з досвіду накопиченого в домені. Застосування методу доменної інженерії при визначенні та створенні компонент дає можливість скоротити час виходу програмного продукту на ринок та зменшити видатки на його розробку. А формалізоване представлення опису багатократно використовуваних компонент у вигляді декларативної моделі, що представлена в роботі, покликане покращити розуміння структури та змісту цих компонент.

Список літератури

Alana E., Rodriguez A.. Domain engineering methodologies survey – GMV AEROSPACE AND DEFENCE S.A. – 2007. – 38 p.

Simos M., Creps D., Klinger C., Levine L Lockheed Martin Tactical Defunse Systems. Organization Domain Modeling (ODM) Guidebook: Version 2.0 Manassas: STARS-VC-A025/001/00, 1996, 509 p.

УДК 004.42 (042.3)

Сидоров Е.М.к.т.н.,доцент,
(Національний авіаційний університет, Україна, м. Київ)

МЕТОД РЕІНЖЕНЕРІЇ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

Багато років в авіаційній техніці застосовуються цифрові обчислювальні системи, невід'ємною складовою яких є програмне забезпечення (ПЗ). До цієї техніки відносяться авіаційні тренажери, найкоштовні складові навчально-тренувальних комплексів. При їх експлуатації виникає задача підтримки придатності ПЗ. Розглянуто метод реінженерії авіаційного ПЗ.

Задача придатності постає в двох випадках, по-перше, коли здійснюється доробка, модифікація або відновлення авіаційних тренажерів, по-друге, коли створюються їх нові покоління. В першому випадку, при вирішенні задачі підтримки придатності ПЗ здійснюється часткова або повна його переробка, в другому випадку, ПЗ створюється заново, але обов'язково з урахуванням попереднього досвіду. В обох випадках доцільно застосовувати реінженерію ПЗ, яка входить до складу інженерії ПЗ.

Розроблено метод реінженерії ПЗ, який на відміну від існуючих методів, враховує особливості інформаційно-моделюючих тренажерних комплексів та забезпечує реінженерію ПЗ авіаційних тренажерів при заміні обчислювального обладнання. Застосування методу дозволяє відновлювати працездатність успадкованого ПЗ авіаційних тренажерів, продовжуючи термін їх використання шляхом реінженерії.

ПЗ, яке підлягає реінженерії є частиною реального світу, функціонує на цифрових обчислювальних комплексах, та значна кількість його компонентів пов'язана з обробкою інформації, циркулюючої в імітаційній моделі. До складу таких комплексів входять аналого-цифрові та цифро-аналогові перетворювачі, датчики реального об'єкту або його моделі, інше обладнання.

Особливості домену та місця тренажеру в ньому визначають те, що реінженерія успадкованого ПЗ цього типу окрім вирішення традиційних завдань, пов'язаних з відновленням проектної інформації, вимагає відновлення інформації про реальний об'єкт та особливого підходу до рішення задачі обгрунтування адекватності функціонування побудованого в результаті реінженерії ПЗ поведінці реального об'єкту. Інформація про реальний об'єкт, відновлювана в процесі реверсивної інженерії, – це алгоритми, моделі, характеристики вхідних параметрів, датчиків, приладів та виконавчих пристроїв або моделі реального об'єкту. При відновлванні, окрім шляху для отримання інформації – аналізу успадкованого коду та документації – слід використовувати експериментальне дослідження поведінки моделі.

Обгрунтування адекватності функціонування побудованого ПЗ не може здійснюватися відомими методами – порівнянням результатів виконання успадкованого та нового ПЗ або порівнянням результатів реверсивної інженерії з поведінкою відповідної моделі домену. Перший метод не можна

використовувати за відсутністю, внаслідок заміни обчислювального обладнання, на якому можна виконати успадковане ПЗ, а другий, – оскільки модель домену, представлена в документації, як правило, містить помилки. Окрім цього, особливе положення ПЗ в домені указує на те, що основна увага при обґрунтуванні адекватності повинна приділятися детальному аналізу його функціонування в реальних умовах.

Все це свідчить про те, що вирішальну роль в обґрунтуванні адекватності функціонування розробленого в результаті реінженерії ПЗ, функціонуванню реального об'єкта повинні грати характеристики та властивості реального об'єкту. Це складає сутність запропонованого методу керованої об'єктом реінженерії ПЗ (рис. 1.).



Рис. 1. Схема методу реінженерії

На рис. 2 показана загальна схема виконаної міграції програмно-технічного забезпечення тренажера.

Оскільки, побудоване ПЗ не можна було перевірити на правильність функціонування шляхом виконання успадкованого ПЗ (обчислювач було замінено), то реверсивна інженерія, окрім традиційних процесів, включала процес додаткової взаємної перевірки успадкованого коду та моделі.

Більш всього помилок було в коефіцієнтах рівнянь моделі, що описує динаміку польоту. Тому для їх уточнення використовувався успадкований код, в якому визначалися частини, що здійснюють обчислення коефіцієнтів. Інтерпретація цих частин «за столом» дозволила визначити значення помилкових коефіцієнтів.

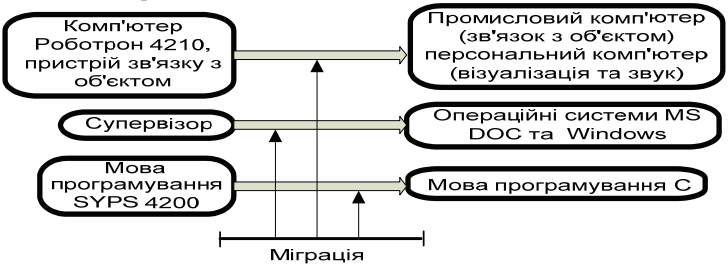


Рис. 2. Міграція технічного та програмного забезпечення тренажера

Реінженерія успадкованого ПЗ після перевірки моделей здійснювалася в два етапи: реверсивна інженерія – побудова моделі та

алгоритмічного уявлення; пряма інженерія – по отриманих моделях та алгоритмах, будувався код нового ПЗ в мові С. Для виконання реверсивної інженерії за відомою схемою був побудований спеціальний інструмент, який містить екстрактор та абстрактор. Робота інструмента та результат прямій інженерії на фрагменті коду показаний на рис. 3 (розглядується модель параметра – ознаки перебування двигуна в режимі розкручування ротора стартером).

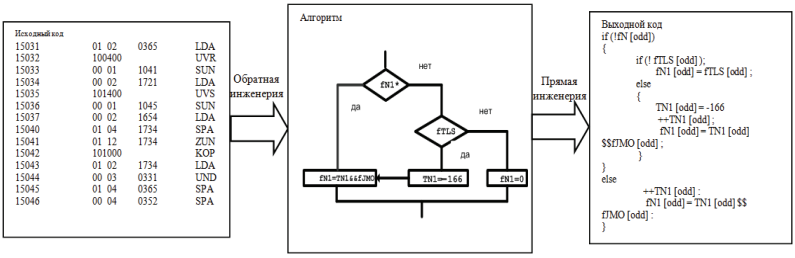


Рис. 3. Результат реінженерії (фрагмент)

Дослідження процесів реінженерії ПЗ, вперше дозволило виявити декілька схем їх виконання за наступним сценарієм: $S : L \xrightarrow{C} N,$ де S – позначення схеми реінженерії; L – успадковане ПЗ; N – нове ПЗ; C – множина умов, від яких залежить застосування схеми. Було встановлено чотири наступні базові схеми реінженерії ПЗ: «код-код», «код-алгоритм-код», «код-модель-алгоритм-код», «код-модель-технічний опис-алгоритм-код». Схему «код-модель-технічний опис-алгоритм-код» наведено на рис.6, в якості прикладу. Умовою (С) для застосування цієї схеми є наступне: успадкований код (L) реалізує невідому модель, створену розробником, з якої зрозуміти алгоритми неможливо; опис змісту фізичного процесу, що моделюється, є в технічній документації реального об'єкту. Сполучення моделі та технічного опису дозволяє побудувати алгоритм та створити нове ПЗ (*N*).

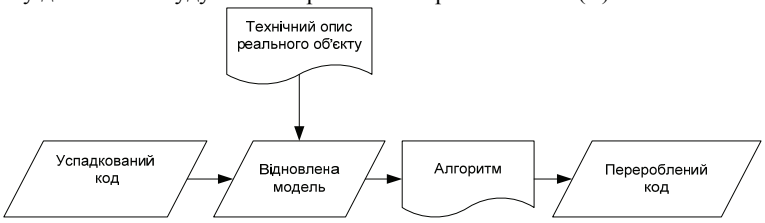


Рис. 4. Схема ре інженерії

Для аналізу похідного кду (мова програмування SYPS платформи Robotron), та побудови його високорівневого алгоритмічного уявлення на платформі Microsoft.Net версії 3.5 та мові програмування C# було побудовано інструмент зворотної інженерії (за архітектурою «екстрактор – абстрактор»,

E.Chicofsky). Він має графічний інтерфейс користувача, який є Web-застосуванням. Послідовність функцій, яку виконує інструмент наступна: завантаження похідного коду для виконання аналізу; читання коду; перевірка помилок; аналіз похідного коду (екстрактор); трансляція в мову DOT (екстрактор); запис в .dot файл; завантаження файла; виклик графічного модуля (абстрактора).

Для перевірки адекватності функціонування переробленого ПЗ реальному об'єкту використовувалися кількісні та якісні оцінки.

Кількісна оцінка здійснювалася такими шляхами:

точковим – порівняння по методиці розробника тренажера значень обчислених експлуатаційних параметрів, з точками реперів, що наведені в технічному описі тренажера;

інтервальним – порівняння розрахованих характеристик з характеристиками, що наведені в документах реального літака (керівництво по льотній експлуатації, керівництво по технічній експлуатації, технічний опис двигуна та його систем, технічний опис авіаційного та радіоелектронного устаткування літака, дані бортової системи реєстрації польотної інформації).

Якісна оцінка поведінки тренажера на різних режимах та етапах польоту здійснювалась шляхом експертного оцінювання лінійними пілотами-експертами.

Адекватність представляється як випадкова величина, вірогідний розподіл якої формується послідовно (у міру надходження польотної інформації), на підставі теорії випробування статистичних гіпотез.

Список літератури

Хоменко В.А. Шаблон программного обеспечения устройств связи с объектом авиационных тренажеров / Хоменко В.А., Сидоров Е.Н., Мендзебровский И.Б. // Проблеми програмування; НАН України.- 2008.- №2, - 3.- С. 239-249.

Сидоров Е.Н. Метод управляемой объектом реинженерии программного обеспечения // Теоретичні та прикладні аспекти побудови програмних систем // Часть 1, - 22-26 сентябрь 2008 г. Киев, Черновцы.- С. 219-224.

UDC 519.6:539.3

S.L. Kryvyi, doctor k.f-m.n, National aviation university, Ukraine.
O.M.Maksymets, graduate student
(Taras Sevchenko NationalUniversityof Kyiv, Ukraine)

PROGRAM POLYNOMIAL INVARIANTS GENERATION

A solution for polynomial invariant generation problem for programs is presented. An iteration upper approximation method that was successfully applied on free algebras was adopted for polynomial ring. Set of invariants is interpreted as an ideal over polynomial ring. Relationship and intersection problems solution are proposed. Intersection of Gröbner basis is applied to solve intersection problem. Inverse obligatory is applied to solve relationship problem.

Introduction After software verification based on Floyd-Hoare-Dijkstra's inductive approval, using pre and post conditions and loop invariants [1] in the 70-th (Wegbreit, 1974, 1975; German and Wegbreit, 1975; Katz and Manna, 1976; Cousot and Cousot, 1976; Suzuki and Ishihata, 1977; Dershowitz and Manna, 1978) there was silent period in this domain. Recently a significant progress in development of automated provers, SAT solvers and models checkers had place. All mentioned tools use assertions as input data. Therefore, during last years problem of finding assertion for programs became actual again.

Investigations in this area were active also in USSR, especially in Kiev and Novosibirsk, during 70-th and 80-th. In result, effective invariant generation algorithms were built. Data algebras that algorithms affected were absolutely free algebra[4], groups, semigroups, Abelian groups and Abelian semigroups, vector space [3], polynomial ring[8].

We interpret program as U-Y scheme on algebra of polynomials. Iterative algorithms applied for free algebras and vector space was adopted in this paper for polynomial space [7] .

An *invariant* of U-Y scheme at state is an assertion that is true of any memory state reaching the scheme state. Further we use term state as state(node) of U-Y scheme. Proposed approach generates basis of invariants for each program state taking in consideration passed invariants for initial state.

This work was inspired by related work done in generating invariants for polynomial space using Gröbner basis (Müller-Olm and Seidl, 2004b, Sankaranarayanan et al., 2004, Rodriguez-Carbonell and Kapur, 2007). We argue some opportunity to discover more invariants using iterational method, that looks promising on smaller problems.

Preliminaries

Let A be U-Y scheme over memory[5] with set of variables $R = \{r_1, \ldots, r_m\}$ that defined on algebra of data (D, Ω). $K(\Omega, Eq)$ is an algebra class that includes algebra (D, Ω) [2]. We consider (D, Ω) is algebra

of polynomials $\Re[r_1,\ldots,r_m]$ and $T(\Omega,R)$ is algebra of terms on R from class $K(\Omega,Eq)$.

Definition 1 *(Algebraic Assertions) An algebraic assertion* ψ *is an assertion of the form* $\bigwedge_i p_i(r_1,\ldots,r_m)=0$ *where each* $p_i \in \Re[r_1,\ldots,r_m]$. *The degree of an assertion is the maximum among the degrees of the polynomials that make up the assertion.*

Definition 2 *(Ideals) A set* $I \subseteq \Re[r_1,...,r_n]$ *is an ideal, if and only if*

1. $0 \in I$.
2. If $p_1, p_2 \in I$ then $p_1 + p_2 \in I$.
3. If $p_1 \in I$ and $p_2 \in \Re[r_1,...,r_n]$ then $p_1 \cdot p_2 \in I$ [6].

An ideal generated by a set of polynomials N, denoted by $((P))$ is the smallest ideal containing N. Equivalently,

$$((P)) = \{g_1 p_1 + \ldots + g_m p_m \mid g_1,\ldots,g_m \in R[r_1,\ldots,r_n], p_1,\ldots,p_m \in P\}$$

An ideal I is said to be finitely generated if there is a finite set N such that $I = ((P))$. A famous theorem due to Hilbert states that all ideals in $\Re[r_1,\ldots,r_n]$ are finitely generated. As a result, algebraic assertions can be seen as the generators of an ideal and vice-versa. Any ideal defines a variety, which is the set of the common zeros of all the polynomials it contains.

Definition 3 *(Ideals intersection) A set* K *is an intersection of ideals* $I = \{f_1,\ldots,f_l\}$ *and* $J = \{g_1,\ldots,g_m\}$ *if*

$$K = \{s(r_1,\ldots,r_n) \mid s(r_1,\ldots,r_n) = \sum_{i=1}^{l} p_i \cdot f_i = \sum_{j=1}^{m} q_j \cdot g_j,$$

where $p_1,\ldots,p_l,q_1,\ldots,q_m \in \Re[r_1,\ldots,r_n]\}$

Theorem 1 (Ideal intersection) *Let* I *and* J *be ideals in* $R[r_1,\ldots,r_2]$.

$$I \cap J = (t \cdot I + (1-t) \cdot J) \cap \Re[r_1,\ldots,r_2] \quad (1)$$

where t is a new variable [6].

Algorithm of UAM

Let consider Upper Approximation Method (UAM) from [2] and apply it to polynomial ring data algebra.

Therefore, relationship ($ef(\ldots)$), intersection($\bigcap$) and stabilization problems should be solved before algorithm application for polynomial algebra.

Relationship Problem. Given the assertions algebraic basis M and the operator $y \in Y$. Construct the algebraic assertions basis $ef(M, y)$ that implies after assignment operator.

We consider particular case of invertible assignments to solve relationship problem. In this case equality that assignment presents $r_{i'} = p(r_1, \ldots, r_n)$ can be transform as $r_i = p(r_1, \ldots, r_{i'}, \ldots, r_n)$, where $r_{i'}$ is new value of variable. Effect function that execute assignment of scheme A is simple replacement old variable with new polynomial.

Intersection Problem. Given the algebraic basis of assertions sets I and J. Construct the algebraic basis assertions set $I \cap J$. Accordingly to Theorem 1 intersection construction can be held using formula (1).

Stabilization Problem. Show that the construction process of basis assertions sets associated to the program states will finish in finite time. Investigation of this problem is out of scope of this paper.

Conclusion

In this paper we present theoretical basis and realization for application of UAM on program with polynomial algebra. Ideal interpretation for program invariants was chosen. Operations defined on Gröbner basis satisfy all requirements stated in [2] to apply UAM. Method realization held using Maple framework that contains powerful tools for symbolic operations.

Future work will refer to method application and deep investigation of stabilization problem.

References

Hoare T. The Verifying Compiler: A Grand Challenge for Computing Research. Journal of the ACM, No. 50(1), P. 63–69, 2003.

Godlevskii A. B., Kapitonova Y. V., Krivoi S. L., Letichevskii A. A. Iterative Methods of Program Analysis, - Cybernetics and Systems Analysis Vol. 25, No. 2, 1989, 139–152.

Krivoi S. L. About one invariant search algorithm in programs. - Cybernetics and Systems Analysis. - 1981. - No. 5, p. 12–18.

Krivoi S. L. About invariant relations search in programs. Mathematical theory and design of computing machines -Kiev: UK AN USSR. -1978. - p. 35–51.

Letichevsky A. A. On finding invariant relations of programs. In Algorithms in Modern Mathematics and Computer Science (Urgench, 1979), number 122 in LNCS, pages 304-314, 1981.

Buchberger B., Winkler F. Gröbner Bases and Applications, Cambridge University Press, 1998

Maksymets O. M. Check of Invariants generated by Iterative Algorithm for programs on Absolutely Free Algebra using Mathematical Induction, Problems of Programming 2012, Vol. 2-3, 228-333

Lvov M. S. About one algorithm of program polynomial invariants generation Proc. Workshop on Invariant Generation: (Techn. rep.) Univ. of Linz; Eds. M. Giese, T. Jebelean. N 0707 (RISC Report Series). Linz (Austria), 2007. P. 85–99 (electronic).

УДК 004.415.2

І.В. Гученко, к.т.н., доцент, Н. М. Сидорова, аспірант,
(Національний авіаційний університет, Україна)

МЕТОД ПРОЕКТУВАННЯ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

Запропоновано метод проектування програмного забезпечення шляхом інтерпретації шаблонів проектування як відкритих систем. Метод демонструється на прикладі шаблону Builder.

Вони проектуванні об'єктно-орієнтованих програм визначаються об'єкти домену, відносятся до класів, дотримуючись певної деталізації, визначаються інтерфейси класів і ієрархія успадкування, а також встановлюються суттєві відношення між класами. Проект повинен враховувати вимоги, які можуть з'явиться в майбутньому, а також зводити до мінімуму необхідність перепроектування. Тому, для розв'язання задач проектування, використовуються патерни (шаблони) проектування які описують взаємодії об'єктів і класів, адаптуємих для розв'язання задачі проектування в конкретному контексті [1].

Шаблон не є закінченим проектом, який може бути перетворений безпосередньо в код. Він являє собою абстрактний опис задачі проектування і того, як вона може бути розв'язана за допомогою узагальненого поєднання елементів (об'єктів і класів).

Існує підхід до конструювання програм шляхом uіх створення з капсул систем [2]. Пропонується цей підхід застосовувати в фази проектування життєвого циклу програмного забезпечення.

Шаблон розглядатимемо як відкриту систему [2], формальний опис якої зручно подавати за допомогою алгебри процесів реального часу RTPA [3].

Система «Шаблон проектування». $S \equiv Pattern \hat{=} \{C, R^c, R^i, R^0, \theta, B, \Omega\}$- відкрита система

$$C = \{c_p \mid c_p \in C, c_p = c_p(o_l),\ p = \overline{1,n},\ l = \overline{1,m},\ n,m \in N\}$$

c_p - класи , o_l - об'єкти, C - множина класів

$R^c = \{agg, inh, real, dep\}$, де agg - відношення агрегації (композиції) між класами, - відношення наслідування, реалізації та залежності відповідно.

Усі відношення є відношеннями часткового порядку, тобто рефлексивними, антисиметричними, транзитивними.

Наприклад, для відношення наслідування справедливо ($inh \equiv$ "*is* a"):

Рефлексивність: $(\forall c \in C)(c \text{ "}is\text{ a" } c)$.

Антисиметричність: $(\forall c_1, c_2 \in C, c_1 \neq c_2)(c_1 \text{ "}is\text{ a" } c_2 \Rightarrow c_2 \text{ "}is\text{ a" } c_1)$. Тобто наслідування дозволено лише в одному напрямку.

Транзитивність:

$(\forall c_1, c_2, c_3 \in C)((c_1 \text{ "}is\text{ a" } c_2) \wedge (c_2 \text{ "}is\text{ a" } c_3) \Rightarrow c_1 \text{ "}is\text{ a" } c_3)$.

R^i = {створити дизайн (проектувальник, класи (об'єкти));

модифікувати архітектуру ПС (проектувальник, класи (об'єкти)}

R^0 = {забезпечити повторне використання компонентів (класи (об'єкти),

зовнішня ПС)}

θ = {проектувальник, зовнішня ПС}.

Опис множин B та Ω доцільно виконувати залежно від розглядуваних в конкретному контексті шаблонів проектування.

Розглянемо приклад для шаблону *Будівельник (Builder)*, який належить до групи породжуючих, пов'язаних зі створенням об'єктів та реалізація якого в загальному вигляді наведена в [1].

B_6 = {відділяти конструювання складного об'єкту від представлення}

$\hat{=}$ B_6. StaticBehaviors SysInitial
→NewDirector
>> BuildProduct
// State 1 (PNN : = 1)

NewDirector (< I :: ((s) ClientRequest**BL**) >;
< O :: ((s) DirectorIsConfigured**BL**, ProductAccess**BL**) >)
{♦ BuilderIsAbstract**BL** = T ∧ (s) ClientRequest**BL** = T
→ NewDirector**BL** : = T
→ NewConcreteBuilder**BL** = T
>> (s) DirectorIsConfigured**BL** = T ∧ ProductAccess**BL** = T
| ♦ ~
→ (s) DirectorIsConfigured**BL** = F ∧ ProductAccess**BL** = F
}

// State 2 (PN**N** : = 2)
BuildProduct (< I :: ( ) >; < O :: ((s) ProductIsGot**BL**) >)
{♦ Construct**BL**: = T
→ BuildPart(n)**BL** = T ∧ AddPart**BL**: = T
>> (s) ProductIsBuilt**BL** = T
>> GetResult**BL**: = T
→ (s) ProductIsGot**BL** = T
| ♦ ~
→ (s) ProductIsGot**BL** = F}
$\hat{=}$S.DynamicBehaviors { §→

(@ ’ PNN = 1 | e NewDirector (< I :: (s ClientRequestBL) >;

< O :: (s DirectorIsConfiguredBL, ProductAccessBL) >)

| @’ PNN = 2’ | e BuildProduct (< I :: (s DirectorIsConfiguredBL,

ProductAccessBL) >; < O :: (s ProductIsGotBL) >)

→ § }

$\Omega = \{\gamma\}$, де γ - механізм інкапсуляції способу конструювання та представлення складного об’єкта.

Система S - абстрактна, скінченна ($\#C_{min} = 4$), відкрита, дискретна.

Позначення

Процеси:

NewDirector – створення об’єкта-розпорядника, який, використовуючи інтерфейс Builder, конструює в подальшому продукт.

BuilderIsAbstract – існування абстрактного класу Builder.

ClientRequest – запит клієнта на створення об’єкта-розпорядника.

NewConcreteBuilder – створення нового конкретного об’єкта-будівельника, яким конфігурується NewDirector.

ProductAccess – надання інтерфейсу для доступу до продукта Product.

BuildProduct – конструювання об’єкта Product.

Construct – запит об’єкта-розпорядника на створення будівельником частини продукта.

BuildPart(*n*) – обробка будівельником запиту об’єкта-розпорядника на створення частини *n*продукту.

AddPart – додавання будівельником створених частин до продукту.

ProductIsBuilt – продукт сконструйовано будівельником.

ProductIsGot –продукт отримано клієнтом (від будівельника).

Нотація RTPA:

Ⓢ - префікс статусу системи

@ - префікс події системи

§ - система

Примітивні типи:

N – натуральні числа

BL – бульовий тип даних

T, F – бульові константи

ⓈsBL – статус системи

Метапроцеси:

1. := – присвоєння: $yT := xT,\ T(x) = T(y) \vee T(x) \cong T(y)$,

2. T – тип.

3. $\blacklozenge_T$ - обчислення – метапроцес, що надає заданому виразу типу T значення того самого типу.

Відношення та операції:

1. → – послідовність: P → Q, P, Q – процеси

2. | – гілка: ♦exp BL = T→P

| ♦~→ Q

3. >> – конвеєр: P >> Q

4. $\llcorner\!\!\rightarrow_e$ – розширення, що управляється подією – операція, при якій процес P_i приводиться в дію наперед визначеною системною подією $@e_iS$:

$@e_iS_e \llcorner\!\!\rightarrow P_i$, $i \in \{1,\ldots,n\}$

Таким чином доведено можливість реалізації проекту програмного забезпечення як множини відкритих системних шаблонів.

Список літератури

Гамма Э., Хелм Р., Джонсон Р., Влиссидес Дж. Приемы объектно-ориентированного проектирования. Паттерны проектирования. – СПб: Питер, 2001. – 368 с.: ил.

Сидоров Н.А. Системная инженерия программного обеспечения / Н.А. Сидоров, М.Г. Луцкий, И.В. Гученко // Інженерія програмного забезпечення. – 2010. –№ 4. – С.13-25.

Wang Y. Software engineering foundations: a software science perspective. Auerbach Publications, 2008. -1200p.

UDC378.147

I.S. Yasenova-Berestyuk, k.t.s.,V. A. Lesyk, student
(National Aviation University, Ukraine)

PRIVACY SAFETY IN THIRD PARTY SOCIAL NETWORKS APPLICATIONS

The ability of third-party applications to aggregate and repurpose personal data is a fundamental privacy weakness in social networking platforms. I'll extend simple sandboxing in a hosted cloud infrastructure to allow sharing of information among friends in a social network, and show secure aggregation mechanism of user data.

Social network users trust online social network (OSN) sites, such as Facebook, with their most personal data. Many are unaware of the degree to which their privacy also depends on 3rd party applications and their developers. For example, even the simplest third-party applications on Facebook commonly require access to information such as message postings, interests, photo albums, and birthdays. Today's architectures not only allow this information to be replicated on third-party application servers, but some actually require it. These servers are outside of the OSN's control, and many are hosted in countries that lack privacy laws, exposing private information to misuse. To date, some applications have unintentionally leaked personal information to advertisers and exposed private profiles publicly. Other applications have purposefully sold private user data to marketers and advertisers.The issue is not that applications have access to private data, users expect that the application will access private data (only) as necessary to do its job. The fundamental problem is that applications can hoard, transfer to others and otherwise abuse this access in violation of user expectations.Primary motivation is to prevent application developers from purposefully or accidentally leaking information about individual users. Main focus is on preventing large-scale leaks that could harm hundreds, thousands or millions of users. This system does not protect against targeted attacks against individuals, such as social engineering attacks.

Existing systems already try to limit privacy leaks of social networking applications by decentralizing the social network and providing users more control over their data. Examples include decentralized social services on personal mobile devices or personal servers. Other approach based on a centralized modeland initial straw-man system design (which was inspired by a system called xBook). In xBook, social applications are hosted on trusted centralized xBook servers which provides a privacy-preserving platform. xBook primarily relies on confining (or sandboxing) application execution and mediating information flow between sandboxes. To protect user data, straw-man system lets information flow from developers to users without restriction, but any information flow from users to developers is restricted.A user can send information to and receive information from friends. These information flow control restrictions are enforced by requiring 3rd party applications to be hosted on a trusted infrastructure with the following components:Sandboxed cloud compute and storage. The developer principal executes in a sandbox that can

communicate with the open Internet and send information to users by writing to a per-application global database; it cannot directly receive information from users. The user principal executes in a sandbox that can read and write to a per-user database, which can be further shared with friends. The user principal also has read access to the per-application global database to fetch global, non-sensitive application data. The user sandbox responds to an individual user's HTTP requests.

Sandboxed Web layer. Like the design used in the cloud, this architecture relies on sandboxing on the client side or on the Web layer to enforce information flow control. The goal here is to prevent communication with untrusted servers. Several tools, such as Caja, let setup sandboxes using HTML iframe elements to limit and control the functionality of JavaScript programs. The Web application interacts with trusted hosting platform through the user sandbox in the cloud.One approach to limiting privacy leakage through 3rd party applications is to perform application sandboxing on both the server and client side. An existing framework using this technique is called xBook. This framework assumes a trusted application-hosting platform that includes trusted storage components. The xBook platform confines untrusted application code on both the server and client side and explicitly mediates information flow within and from the app according to predefined security policies.

The first obstacle stems from the social network nature of these applications: each instance of an application running on behalf of a user needs to communicate (i.e., share data) with another instance running on behalf of a friend. Any sandboxing architecture of social networking applications must therefore allow such basic channels of communication. Unfortunately, such systems are vulnerable to a new form of attack.The second problem stems from the need of app developers to debug and extract large-scale analytics from their applications. How can the system distinguish personal data from debugging data to prevent information leaks of the former while allowing the latter? Current designs proposes leveraging differential privacy to limit information leakage for such information flow. Designs also handles additional challenges: providing differential privacy to a dynamic stream of data, allowing prolonged queries on such dynamic data, and avoiding vulnerabilities due to dependences among multiple pieces of social network data.Problem #1: The Kevin bacon attackIn the Kevin Bacon attack, an application silently shares personal information with a users' friends. When a friend runs the same application, that application silently receives this information and forwards it to a new set of friends. This process repeats, spreading the original personal information throughout the social network until it reaches the OSN account of the application developer. Because this sharing follows the social graph, it does not strictly violate any restrictions of sharing information only with friends. But, because this sharing is done without the awareness of users, and given the relatively small diameter of social graphs, large amounts of personal data can be collected by the application developer without user knowledge or permission.

To prevent the Kevin Bacon attack, information flow to within the users' 1-hop social network need to be restricted. To enforce this, architectural changes must be done to both the server and client sides. Instead of executing the user principal in a single sandbox, it must be splited into two sandboxes – user read-only and user

read-write. To restrict sharing to 1-hop friends, the user read-only sandbox can read information shared from friends, but it cannot write to the user database or share to other friends. Further, the user read-write sandbox can write to the user database and share with friends, but it cannot read data shared from friends.

Problem #2: Grand developers aggregate access

Developers require access to aggregate app data for both app monitoring or debugging and for creating application functionality. To monitor applications, developers often gather aggregate statistics. Current OSNs (e.g., Facebook) offer an application usage dashboard (with statistics such as the number of new app installs, active users, etc...) and an application performance dashboard (with statistics such as the number of daily API calls, average API call time etc...). Aggregate data is also needed to build new application functionality such as recommendation features. For example, a movie recommendation application may want to provide average movie rating scores to each user query for a movie. This computation requires computing over all users' records.

This aggregate data information flow from users to developers should be privacy preserving. To achieve this, architecture should include an additional component – called the secure data aggregator – that uses differential privacy techniques to give developers access to aggregate data. Developers can issue queries to the secure data aggregator to fetch aggregate user data statistics.

While the math of differential privacy is complex, the concept is straightforward. Differential privacy provides an intuitive formalization of privacy – it measures the loss of information when answering a given query over a given dataset with a given privacy budget. In particular, it measures the degree by which an attacker is more likely to guess any row in the dataset knowing the result of the query. Differential privacy injects "noise" in the answer. The use of noise is a control knob: if set to "high", the query answer has little information loss, but it is also less precise (i.e., more inaccurate). When noise is set to "low", a query answer is more accurate but has more information loss; if the information loss is higher than the privacy budget allocated to the dataset, it should abort the query.

Differential privacy queries are accompanied by a privacy parameter. This parameter, ϱ, provides a tradeoff between the accuracy of the output and the likelihood of leaking information about an individual record. For example, a low value of ϱ shows that the issuer does not want to consume a large portion of the privacy budget on answering this query, i.e., the query answer will have stronger privacy guarantees in exchange for weaker accuracy. In my experiments, I set ϱ to 0.1, 1.0, or 10.0, values.

Two challenges must be solved when using differential privacy to query user social networking data. First, new data is always being generated in the system, and recasting of information loss in the context of a continuous stream of new data must be done. Second, differential privacy rests on a crucial assumption, namely that the rows in the database are in dependent (i.e., there is no information that spans multiple rows).

In this scenario, new data is generated each time an application is used. User sandbox stores users' data as a collection of (key,value) pairs. This means that the underlying set of data records for a given key is not static. To address this issue, the

input data records should be splited for a given user into independent chunks, called epochs, and assign each epoch a separate privacy budget. The data is split into epochs based on the timestamps associated with each data item. By the parallel composition property of differential privacy, querying these disjoint epochs preserves the privacy properties of differential privacy: the overall information loss of all queries is proportional to the maximum loss of a single query. System could help identify eligible epochs for a given query, i.e., which epochs have a big enough privacy budget to answer the query. Once eligible epochs are identified, the application can then specify the epoch it wants to run the query. Identifying eligible epochs does not consume any privacy budget because no query answers are returned.

A query issued by the developer sandbox specifies what key should be selected from each user's data. This query is run in two phases. First, for each user, the system creates one row from all (key,value) pairs selected from that particular user's data. For example, if the key is 'login time', then the values are all the different login times stored in each user's datastore. System allows further processing of these values depending on the analyst's needs.

In the second phase, a view transformation of the user records is performed in the database before applying the analyst-specified differential privacy operators. Differential privacy assumes that each data record is independent of the rest of the records. For example, this assumption excludes the possibility of a single user's data appearing multiple times in the queried set of records. Such a scenario could defeat the guarantees of differential privacy, because one user's data could occupy the majority of records in a dataset and overcome the effects of noise injected by differential privacy. Instead, system maps each user's data to a single record using an arbitrary analyst-specified function, removing the possibility of a single user's data dominating the database. The analyst-specified differential privacy operators should be applied across all the transformed user records. This way of handling a query is critical to security because of the assumptions differential privacy makes about the data being queried.

Conclusions

In this paper, I identified simple sandboxing in a hosted cloud infrastructure to allow sharing of information among friends in a social network, and to help application developers securely aggregate user data according to differential privacy properties. I extended two problems ("The Kevin bacon attack", "Grand developers aggregate access") with current mechanisms and solutions for preventing them.

References

xBook: Redesigning Privacy Control in Social Networking Platforms, http://static.usenix.org/event/sec09/tech/full_papers/singh.pdf

Facebook Developers API/Graph, http://developers.facebook.com

Facebook to Prevent 3rd-party Apps From Seeing Your Information Via Your Friends?,http://www.f-secure.com/weblog/archives/00002223.html

Facebook Applications Accidentally Leaking Access to Third Parties - Updated, http://www.symantec.com/connect/blogs/facebook-applications-accidentally-leaking-access-third-parties

УДК 378.345

І.С. Ясенова-Берестюк, к.т.н., О.Д. Романов, студент
(Національний авіаційний університет, Україна)

МОДЕЛЮВАННЯ РОБОТИ МОБІЛЬНИХ ІНТЕРНЕТ-ГІДІВ

Розглянута статистика зростання попиту на мобільні пристрої, інноваційність та потрібність Інтернет-гідів та представлений їх алгоритм роботи .

Сьогодні додатки під мобільні платформи дуже стрімко набувають актуальності, зважаючи на те, що естафету інноваційності рішуче перехопили мобільні пристрої у персональних комп'ютерів. Звідси слідує , що розробка додатків для мобільних пристроїв – сфера IT-технологій, що найактивніше розвивається.

Якщо ми візьмемо цифри, то 4,5 мільярда людей користуються мобільними пристроями, це більше ніж половина населення планети Земля. Якщо сучасні технології об’єднали людей вдома за допомогою Інтернету, то мобільні пристрої зроблять це усюди.

87% людей у світі мають мобільні телефони, з 2012 року продажі смартфонів піднялися на 63,1%.

За останні три роки з'явилося більше 300 000 додатків, які були завантажені 10,9 більйонів разів.

Мобільні пристрої (смартфони, планшетні комп'ютери) замінюють прості мобільні телефони людини. Сьогодні дуже велика верства населення має мобільний пристрій, який виконує функції комп'ютера. Звичайно це значить, що користувач цього мобільного пристрою має переваги завдяки розширеним можливостям свого пристрою, а саме:

- повноцінний доступ до Інтернету;
- навігацію;
- багатозадачність ;
- підтримку мультиплатформенних додатків на Java;
- підтримку новітніх версій безпровідних технологій (Bluetooth, Wi-Fi, 3g, 4g);
- підтримку можливостей пакетної передачі даних ;
- підтримку мультимедійних технологій типу Flash;
- надійність ОС;
- можливість синхронізації даних.

Це дозволяє сучасній людині бути більш комунікабельною, мати повний доступ до інформації та розв’язувати складні задачі незалежно від місця знаходження.

Це напряму стосується додатку, який представлений в дипломній роботі. Тема мобільного гіду зараз одна з найінноваційніших напрямків розвитку сучасної it сфері в області мобільних додатків.

Приклад Foursquare яскраво показує динаміку розвитку подібного рішення. За декілька років кількість користувачів даним сервісом зросло до 30 мільйонів.

В той же час, тематика мобільного гіда міцно завойовує позиції на ринку it послуг, візьмемо до уваги соціальні мережі - створення ще однієї соціальної мережі не є необхідним, адже ті, які представлені в сучасному вигляді непотрібні, виключення: інноваційні нестандартні ідеї, вузька орієнтованість. Мобільний гід заманює користувачів своєю новизною та безконкурентністю.

В сучасному світі люди потребують надання інформаційних послуг, прив'язаних до певної місцевості, особливо це стосується великих міст. Саме таку інформацію надають мобільні гіди. За допомогою мобільних гідів будь яка людина володіючи мобільним пристроєм може отримати вичерпну інформацію, щодо закладів, які її цікавлять.

Як мобільні пристрої об'єднують людей так і мобільні гіди створюють комунікацію між ними, дозволяючи не тільки спілкуватися, а й візуально ділитися інформацію, і найголовніше, допомагати одне одному у виборі будь яких закладів та установ, адже дуже часто інформація представлена власником закладу є дуже суб'єктивна.

Варто відмітити, мобільність людини, котра використовує подібну системи, її переваги у володінні інформацією. Людина не тільки знає де поряд є заклади відпочинку, вона має доступ до їх характеристик, складених іншими клієнтами цих закладів. А також сама може долучатися до їх складання. Майбутній клієнт закладу наперед знає всі переваги та вади закладу, який обирає. А у великих містах, де різноманітність всіляких закладів досягає свого піку, де просто неможливо слідкувати за всіма закладами, дана система стає просто незамінною.

Тематика графічного представлення інформації сьогодні, як ніколи раніше актуальна, а у поєднанні з використанням її на мобільних пристроях робить її надзвичайно зручною.

Далі представлений алгоритм роботи мобільного гіду «Пошуку та оцінювання закладів відпочинку», що розробляється у дипломному проекті та його опис.

Даний алгоритм розроблений для графічного упорядкування інформації про вподобання користувачів щодо закладів відпочинку.

Майбутня система буде займатися вирішенням питання структурування інформації що поступає до людини. Система ґрунтується на враженнях, які людина переносить до даної системи використовуючи соціальні мережі . За допомогою даного додатку користувач має змогу упорядковувати, зберігати, оновлювати, корегувати інформацію щодо закладів відпочинку та їхнього розташування.

Внаслідок роботи системи користувач має сформовану особисту карту, доступ до карт друзів та загальної карти.

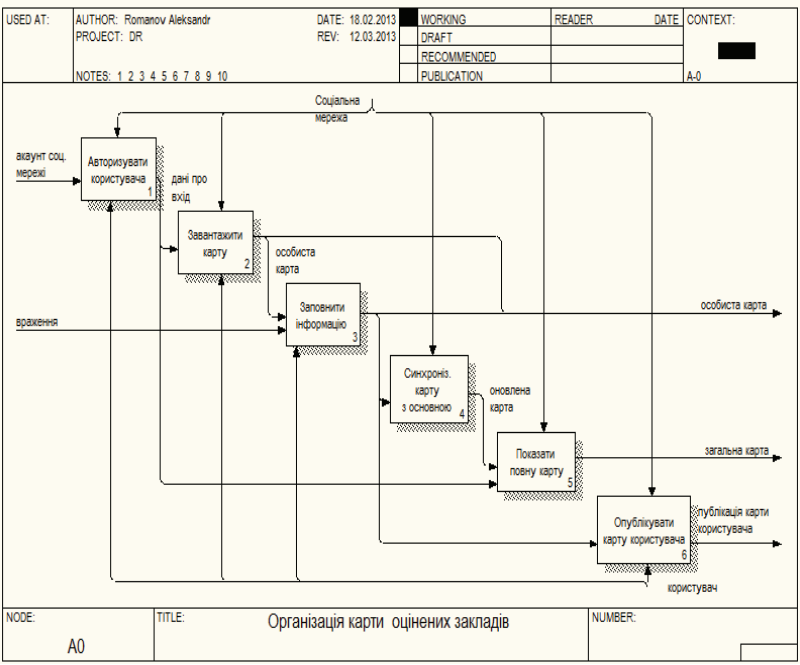


Рис. 1. Схема роботи мобільного додатку

Огляд. Алгоритм описує повну роботу системи та деталізує процес «Організації карти оцінених закладів» представленої у SADT моделі.

Авторизувати користувача. Для роботи система потребує наявність у користувача акаунту у соціальній мережі . При підтвердженні користувачем входу з існуючого акаунту системі буде надана основна інформація щодо користувача.

Завантажити карту. Система використовує карту google на яку користувач в майбутньому буде прикріпляти власні мітки.

Заповнити інформацію. Під час цього етапу користувач прикріплює мітки на місце знаходження закладу та опираючись на свої вподобання оцінює їх.

Користувач знаходить на карті потрібне місце на наносить на нього певну мітку. В мітці одразу зберігаються координати.

Згодом відкривається поле заповнення вподобань щодо до цього закладу:

Оцінка за десятибальною шкалою;

Коментар;

Фото.

Також за цим принципом користувач може редагувати вже поставлену мітку.

Синхронізувати карту з основною. При бажанні система синхронізує усі дані користувача з «основною картою» - картою сумісних вподобань усіх користувачів системи.

Показати повну карту. Усі дані, завантажені користувачами, утворюють суцільну повну карту з об'єктивним оцінюванням ґрунтованим на вподобаннях більшості.

Опублікувати карту користувача. Користувач має змогу публікувати свою особисту карту в соціальній мережі, тим самим «ділитися з друзями» та рекламувати додаток, також має змогу публікувати загальну карту.

Висновки

В результаті проведеного аналізу стає зрозумілим, що тематика мобільних гідів безперечно є однією із найінноваційніших та потрібних на сьогоднішній день. Були наведені статистичні дані, які підтверджують це. В результаті чого були представлені дослідження щодо розробки алгоритму роботи даної мобільної системи та його опису.

Список літератури

Дэвид А. Марка, Клемент МакГоуэн. Методология структурного анализа и проектирования SADT. – Метатехнология. - 1993. -231с.

УДК 004.45

В.А. Хоменко, к.т.н., доц.,О.І. Марченко, асистент,
(Національний авіаційний університет, м.Київ)

ПОДХОД К ОРГАНИЗАЦИИ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ МЕЖДУ КОМПОНЕНТАМИ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ АВИАЦИОННЫХ ТРЕНАЖЕРОВ

Предлагается подход, основанный на использовании слоя программных транспортных агентов и направленный на снижение расходов на разработку и сопровождение авиационных тренажеров

Развитие цифровых вычислительных систем авиационных тренажеров прошло путь от однопроцессорных маломощных миникомпьютеров до многопроцессорных распределенных систем.

Жесткие требования к реальному времени тренажера в сочетании с относительной дороговизной специализированного аппаратного обеспечения обусловили долгий период преимущественного использования низкоуровневого программирования и ранних императивных парадигм при разработке программного обеспечения[1, 2].. Этот факт отражается тем, что все известные стандарты в области авиационных тренажеров сосредоточены на таких аспектах разработки как обеспечение диспетчеризации вызовов процедур, синхронизации вычислений, декомпозиции вычислительных процедур, использовании разделяемой памяти и т.п. В то же время, рост компьютеризации тренажеров и существенное усложнение его программного обеспечения потребовали для успешного проведения проектов высокую организацию проектирования и программирования. В качестве доминирующей технологии проектирования до последнего времени использовали структурный анализ и проектирование, а парадигм программирования – использование подпрограмм и системных языков [3, 4].

На сегодняшний день доступность избыточных вычислительных ресурсов, расширение сложности и круга функциональных задач тренажеров делает целесообразным использование при разработке их программного обеспечения более высокоуровневых и эффективных парадигм.

Один из способов обеспечения необходимой скорости и структурированности вычислений тренажера – параллельные вычисления. Необходимость распределения функциональных задач тренажера по нескольким вычислителям и их оперативной синхронизации порождает проблему организации правильного и своевременного обмена множеством данных между вычислителями. Традиционные многопроцессорные вычислители тренажеров работают с жесткими циклами синхронизации и обменом данными через общую память. В последнее время разработчики стремятся заменить дорогие специализированные вычислители на более доступные решения на основе стандартных сетевых технологий – Ethernet, TCP/IP и т.п.

При разбиении вычислений тренажера на подсистемы, вычислительные узлы и процессы разработчик сталкивается с проблемой учета, обмена и синхронизации большого число параметров. Традиционно применяемый подход с описанием параметров их обмена в документации требует достаточно больших усилий разработчика при создании и сопровождении тренажеров.

В архитектурах DARTS и AVSM [4] в качестве одного из подходов для построения обмена предлагается организация виртуальной сети, средства реализации которой выбираются при построении конкретного тренажера. Такой подход, в сочетании с покомпонентной разработкой программного обеспечения позволяет применять мегапрограммирование [3]. Разработчики архитектуры DARTS в качестве одного из ее недостатков указывают необходимость трудоемкого управления обмена данными – для каждого компонента необходимо задать источники, потребители и порядок обмена данными.

В современных приложениях для организации взаимодействия распределенных компонентов обычно выделяют инфраструктурный слой, обеспечивающий их совместную работу [5]. Обычными требованиями к такому слою являются предоставление унифицированного интерфейса, протокола взаимодействия и слабое соединение с внешней средой. Перечисленные свойства инфраструктурного слоя позволяют эффективно добавлять взаимодействующие компоненты систем на уровне транспорта, но не решают задач их автоматической интеграции на прикладном уровне. Для каждого компонента должны быть специфицированы и реализованы источники и потребители информации и способы их доставки [6].

В качестве решения указанных выше проблем предлагается подход к организации обмена между компонентами авиационных тренажеров, основанный на расслоении программного обеспечения, дескриптивных спецификациях обмена и использовании транспортных агентов. Предлагаемый подход направлен на снижение расходов на разработку и сопровождение авиационных тренажеров за счет повышения модифицируемости, расширяемости и повторного использования программного обеспечения.

Расслоение программного обеспечения основано на общем методе абстрактных уровней (abstractlayers), широко применяемом в программном обеспечении и заключающемся в абстрагировании функциональности и ее распределении по определенным уровням, взаимодействие между которыми осуществляется через прикладные интерфейсы программирования (API). Такое разделение позволяет выделить функции обмена в отдельный промежуточный (инфраструктурный) слой, отделив, функции моделирования тренажера от реализации обмена, что упрощает разработку, модификацию и повторное использование компонентов.

Дескриптивные спецификации обмена должны описывать элементы и правила обмена и располагаться в составе программного обеспечения в формате, пригодном для автоматизированной обработки. Наличие таких спецификаций позволит избавить разработчика от проблемы актуализации

документации и организовать базу знаний, необходимую для работы транспортных агентов.

Программные транспортные агенты представляют собой относительно самостоятельные посредники, организующиеся и реализующие обмен «своего» прикладного компонента с другими, используя базы знаний, установленные протоколы взаимодействия и взаимодействие с другими агентами [7].

На рисунке показана архитектура обмена, включающая три уровня – приложений, планирования обмена и передачи данных. Ключевой для реализации предлагаемого подхода уровень планирования обмена реализуется транспортными агентами, которые используют собственные базы знаний, состоящие из начальных спецификаций, содержащих конфигурацию, необходимую для обеспечения работы средств планирования, и приобретенных знаний, которые агент получает от прикладных компонентов и других транспортных агентов в процессе планирования.

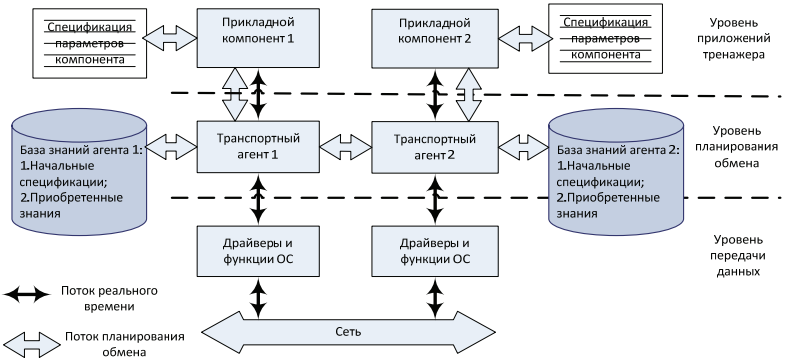


Рис.. Архитектура обмена

Взаимодействие агента с прикладным компонентом должно производиться через определенный прикладной интерфейс программирования, который должен содержать функции следующих типов:

- пересылка пакета параметров - *Agent.Put(Package)*;
- получение пакета параметров - *Package = Agent.Get(ParameterList)*;
- публикация выходных параметров, которыми располагает прикладной компонент - *Agent.Publish(ParameterName);*
- запрос доступности входных параметров, необходимых прикладному компоненту - *Agent.Request(ParameterName).*

Поскольку предлагаемая архитектура представляет собой мультиагентную транспортную систему, то для решения задач организации обмена транспортные агенты должны взаимодействовать между собой по

определенному протоколу. В состав протокола могут, в частности, входить запросы следующих типов:

- получение списка агентов AgentsList = CallAll();
- проверкадоступностиагента AgentAttributes = CallAttributes(AgentID);
- запросдоступностивходногопараметра DataHosting = CallDataHosting(*Parameter)*. В ответ агент, который располагает нужными данными должен помещать свой идентификатор и реквизиты параметра.

Поведение агента должно реализовывать такие составляющие как первичный сбор знаний о среде, доставку параметров и обновление знаний о среде в процессе работы.

Выводы

Выделение отдельного слоя для организации обмена между компонентами программного обеспечения авиационного тренажера в распределенной много узловой вычислительной системе обеспечивает снижение затрат на разработку обмена и повышение уровня повторного использования программного обеспечения. Использование в этом слое самоорганизующихся «договаривающихся» транспортных агентов, имеющих доступ к спецификациям параметров своих прикладных компонентов позволяет свести к минимуму конфигурирование обмена и ведение соответствующей документации, как при создании, так и при сопровождении авиационных тренажеров.

Список литературы

Alfred T. Lee. Flight simulation: virtual environments in aviation. – Ashgate Publishing Limited. – 2005. – 147 p.

David Allerton. Principles of flight simulation. – John Wiley and Sons Ltd. – 2009. – 457p.

Structural Modeling: An Application Framework and Development Process for Flight Simulators. Technical Report. Gregory D. Abowd, Len Bass, Larry Howard, Linda Northrop. SEI, August 1993. - 39 p.

Design of a flight simulator software architecture. Göran Ancker, Jan Wallenberg. – School of Mathematics and Systems Engineering, Växjö University. – 2002. – 91 p.

David G. Messerschmitt, Clemens Szyperski. Software Ecosystems: Understanding an Indispesable Technology and Industry. б.м. : MIT Press, 2003. 424p.

Сидоров Н.А. Хоменко В.А., Мендзебровский И.Б. Шаблон программного обеспечения устройств связи с объектом авиационных тренажеров. Проблемы программирования. –2008. – №2.3. – С. 239-248.

Jorg Muller. The Design of Intelligent Agents. A Layered Approach. – :Springer, 1996. – 237p.

УДК: 681:51

Н.М. Глазунов, докторфизико-математичних наук,
(Национальний авиационный университет, Украина)

АЛГЕБРАИЧЕСКАЯ ЗАДАЧА ПОГРУЖЕНИЯ В ТЕОРЕТИЧЕСКОМ ПРОГРАММИРОВАНИИ

Формулируется и исследуется задача погружения класса объектов и определенных на них функций в другой класс с сохранением алгебраических свойств объектов погружаемого класса. Приведены концепты онтологии алгебраической задачи погружения. Найденные частные решения иллюстрируются на примерах погружения полей с соответствующими группами Галуа. Кратко рассматриваются направления дальнейших исследований.

Введение. Во многих задачах программирования для получения эффективных программ желательно погружать вводимые классы объектов в уже имеющиеся классы с условием сохранения алгебраических свойств погружаемых классов объектов. Такие задачи возникают в теории операционных систем, в объектно-ориентированном программировании, в агентном программировании, в инсерционном моделировании [1-4]. В случае агентов используется терминология погружения агента в среду [3,4], и мы будем иногда пользоваться такой терминологией. Обычно как объекты, так и среды обладают некоторыми алгебраическими свойствами. Важными алгебраическими свойствами объектов и систем, которые, в частности, могут выступать в качества сред и агентов, являются их симметрийные свойства, которые представляются в терминах теории групп.

При погружении объекта в среду желательно сохранять алгебраические свойства объекта, или иметь информацию о том, как эти свойства изменяются.

Однако рассмотрение уже достаточно простых алгебраических моделей демонстрирует в некоторых случаях невозможность погружения агента в среду с сохранением отличительных алгебраических свойств агента и среды. Рассмотрим пример: пусть среда представляет собой для фиксированного простого p набор конечных расширений F_{p^n} степени n с соответствующими операциями алгебраического расширения степени n простого конечного поля из p элементов, а агент есть конечное расширение F_{p^m} степени m того же конечного поля и $m \nmid n$. Тогда F_{p^m} не погружается в F_{p^n} с сохранением алгебраических свойств поля F_{p^m} [5]. Сразу же отметим здесь, а ниже подтвердим это примером, что задача погружения (мы будем называть её задачей алгебраического погружения) связана также с арифметическими, или, более точно, с теоретико-числовыми свойствами погружаемых агентов и сред. Например, квадратичное поле $\mathbb{Q}\sqrt{d}$) вкладывается в циклическое поле 4-го порядка тогда и только тогда, когда d представимо в виде суммы двух квадратов рациональных чисел [6]. Сопоставление групп симметрий агентов и сред позволяет в некоторых случаях исследовать и находить условия решение задачи погружения агента в среду с сохранением отличительных

алгебраических свойств агента и среды. Далее здесь задачу алгебраического погружения рассматриваем для расширений Галуа и называем её задачей погружения Галуа.

Задача погружения Галуа. Ниже мы рассматриваем расширения Галуа алгебраических полей [5], т.е. симметрии предметной области являются группами Галуа. Концепты онтологии предметной области представлены следующим списком концептов с указанием связей между некоторыми из них. Список является продолжением списка концептов онтологии симметрий, представленной в [8], и связан с ним. Напомним, что мы используем следующие обозначения: в – отношение старшинства (вышестоящий концепт), н – отношение подчиненности (нижестоящий концепт), см – отображение ключевого слова в концепт, а – ассоциативное отношение, с – отношение синонимии. Концепты набраны прописными буквами. Ключевые слова набраны строчными буквами, гнездовые понятия (концепты) - выделенными (bold) прописными буквами:

ГРУППА
в - АЛГЕБРАИЧЕСКАЯ СИСТЕМА
н - ГРУППА АЛГЕБРАИЧЕСКАЯ
н – ГРУППА ГАЛУА
ГРУППА КОНЕЧНАЯ
ГРУППА ЛИ
ГРУППА ФОРМАЛЬНАЯ
а - ГРУППА С ОПЕРАТОРАМИ
СХЕМА ГРУППОВАЯ
ГРУППА АЛГЕБРАИЧЕСКАЯ
в - ГРУПА
н - ГРУППА ПРОАЛГЕБРАИЧЕСКАЯ
а - ГРУПА КВАЗИАЛГЕБРАИЧЕСКАЯ
- СХЕМА ГРУППОВАЯ
ГРУППА ГАЛУА
в - ГРУППА
ГРУППА ГОМОЛОГИЙ
в - ГРУППА
ГРУППА КОНЕЧНАЯ

в - ГРУППА
а - СХЕМА ГРУППОВАЯ КОНЕЧНАЯ
ДВОЙСТВЕННОСТЬ
с - дуальность
н - ДВОЙСТВЕННОСТЬ КАРТЬЕ
ДВОЙСТВЕННОСТЬ ПОНТРЯГИНА

ДВОЙСТВЕННОСТЬ КАРТЬЕ
в - ДВОЙСТВЕННОСТЬ
ДВОЙСТВЕННОСТЬ ПОНТРЯГИНА
в – ДВОЙСТВЕННОСТЬ
ПОЛЕ
в - АЛГЕБРАИЧЕСКАЯ СИСТЕМА
н - ПОЛЕ АЛГЕБРАИЧЕСКИ ЗАМКНУТОЕ
ПОЛЕ ВЫЧЕТОВ
ПОЛЕКВАЗИЛОКАЛЬНОЕ
ПОЛЕ КОНЕЧНОЕ
ПОЛЕ ЛОКАЛЬНОЕ
ПОЛЕ НУЛЕВОЙХАРАКТЕРИСТИКИ
ПОЛЕ ОТНОШЕНИЙ
ПОЛЕ Р - АДИЧЕСКОЕ
ПОЛЕ ПОЛНОЕ
ПОЛЕ ПОЛОЖИТЕЛЬНОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ
ПОЛЕ РАЦИОНАЛЬНЫХ ЧИСЕЛ
ПОЛЕ СОВЕРШЕННОЕ
ПОЛЕ ЧИСЛОВОЕ КВАДРАТИЧНОЕ

ПОЛЕ АЛГЕБРАИЧЕСКИ ЗАМКНУТОЕ
в - ПОЛЕ
ПОЛЕ ВЫЧЕТОВ
с - поле классов вычетов
в - ПОЛЕ
ПОЛЕ КВАЗИЛОКАЛЬНОЕ
в - ПОЛЕ
поле классов вычетов
см ПОЛЕ ВЫЧЕТОВ
ПОЛЕ КОНЕЧНОЕ
в - ПОЛЕ
поле конечной характеристики
см ПОЛЕ ПОЛОЖИТЕЛЬНОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ
ПОЛЕ ЛОКАЛЬНОЕ
в - ПОЛЕ
ПОЛЕ НУЛЕВОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ
в - ПОЛЕ
ПОЛЕ ОТНОШЕНИЙ
в -ПОЛЕ
ПОЛЕ p - АДИЧЕСКОЕ

в - ПОЛЕ
ПОЛЕ ПОЛНОЕ
в - ПОЛЕ
ПОЛЕ ПОЛОЖИТЕЛЬНОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ
с - поле конечной характеристики
в - ПОЛЕ
ПОЛЕ РАЦИОНАЛЬНЫХ ЧИСЕЛ
в - ПОЛЕ
ПОЛЕ СОВЕРШЕННОЕ
в - ПОЛЕ
ПОЛЕ ЧИСЛОВОЕ КВАДРАТИЧНОЕ
в - ПОЛЕ

Следуя [7], задачей погружения Галуа (задачей погружения) будем называть поиск условий, при которых заданное нормальное расширение *K/k*с группой Галуа *H* может быть погружено в расширение *N/k* с группой Галуа *G*, причем так, что предписанный гомоморфизм *G* на *H*совпадал с естественным гомоморфизмом группы Галуа поля *N* на группу Галуа подполя *K*. Для конечных полей задача погружения решается следующей теоремой [5]: пусть *n*, *m* – целые числа большие или равные 1. Поле F_{p^m} погружается в поле F_{p^n} тогда и только тогда, когда *n* делится на*m*.

Препятствия в проблеме погружения Галуа. Уже для локальных полей задача погружения сложна и возникают препятствия для задачи погружения, которые формулируются на языке теории когомологий групп. В последующих публикациях мы планируем исследовать реализуемость проблемы погружения Галуа в случае локальных полей и разрешимость проблемы погружения Галуа в случае локальных и некоторых глобальных полей. В работе автора [9] представлены результаты о группах Галуа локальных полей, их связи с арифметикой локальных полей, которые дополняют результаты [5] и которые планируется использовать в последующем исследовании проблемы погружения.

Выводы

Сформулирована задача погружения класса объектов и определенных на них функций в другой класс с сохранением алгебраических свойств объектов погружаемого класса. Задача исследуется для погружений Галуа. Приведены концепты онтологии алгебраической задачи погружения. Найденные частные решения задачи погружения проиллюстрированы на примерах погружения полей с соответствующими группами Галуа. Кратко рассмотрены направления дальнейших исследований.

Список літератури

1. *Гордеев А.В.*Операционные системы. Москва - С.-Петербург - Киев: Питер. - 2009. – 416 с.
2. *Дейтел Х., Дейтел П.* Как программировать на C++. М.: ЗАО "Издательство БИНОМ". - 2001. –1152 с.
3. *Padgham, L., Winikoff M.*Developing Intelligent Agent Systems.John Wiley & Sons. - 2004. – 383 p.
4. Летичевский А.А., Капитонова Ю.В. Инсерционное моделирование // Праці міжнародної конференції «50 років інституту кібернетики ім. В.М.Глушкова НАН України», Київ: ІК НАНУ. – 2008. - С. 293-301, 364.
5. *LangS.*Algebra.Mass. - Addison-Weyley. - 2005. – 564 p.
6. *Делоне Б.Н., Фаддеев Д.К.*Исследования по геометрии теории Галуа // Математический сборник - 1944. – Т. 15. № 2. – С.243 -284.
7. *Шафаревич И.Р.* Теория чисел. Собрание сочинений. Том третий, часть I. М.: АОЗТ «Прима В». – 1996. – 415 с.
8. *Глазунов Н.М.* Теоретико-категорный метод проектирования онтологий формальной теории / Материалы IX международной научно-технической конференции «АВІА-2009» - Киев: НАУ, 2009 Т.1. С.5.26-5.29.
9. *Глазунов Н.М.* Квази-локальные поля классов эллиптических кривых и формальные группы. I, Труды ИПММНАНУ, 2012. - Т. 24. -С. 87 -- 98.

УДК 629.7.022

В.Г. Башинський, к.т.н., с.н.с., Ю.О. Камак, В.М. Феденько
(Державний науково-випробувальний центр ЗС України, м.Феодосія)

МЕТОД КОМПЛЕКСНОЇ ОЦІНКИ ЗАХИЩЕНОСТІ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ ВІД КЕРОВАНИХ РАКЕТ З ІНФРАЧЕРВОНИМ КОНТУРОМ НАВЕДЕННЯ

Розглянуто метод комплексної оцінки захищеності літальних апаратів від керованих ракет з інфрачервоним контуром наведення. Для визначення показника захищеності використовується комбінація методу аналізу ієрархій та методу групового урахування аргументів.

Вступ. Захищеність літальних апаратів (ЛА) є здатність ЛА виконувати свої функції за призначенням, в умовах дії засобів противника: виявлення, прицілювання і ураження. Вона є однією з основних властивостей бойової ефективності ЛА військового призначення.

У свою чергу складовими захищеності вертольота є характеристики бойової живучості, скритності, придушення засобів ППО.

Аналіз досліджень і публікацій. Останнім часом в науково-технічній літературі значна увага поділяється по збільшенню захищеності літальних апаратів в зв'язку з зростанням загроз, які обумовленні тим, що на озброєнні багатьох країн світу з'явилися різноманітні ефективні засоби ураження.

Постановка завдання. На етапі прийняття рішення про розробку нових або модернізацію існуючих зразків літальних апаратів (ЛА), постає задача про комплексну оцінку захищеності ЛА від керованих ракет з інфрачервоним контуром наведення з метою визначення необхідності проведення (розробки) заходів захищеності ЛА та порівняння їх з існуючими аналогами. В ДНВЦ розроблений метод комплексної оцінки захищеності ЛА від керованих ракет з інфрачервоним контуром наведення в рамках НДР "Комплекс ЛА" і полягає в наступному.

Основний матеріал. Розглянемо ЛА як складну технічну систему, яку можна описати багатьма критеріями. Необхідно визначити вплив цих критеріїв на захищеність ЛА від керованих ракет з інфрачервоним контуром наведення. Найбільш перспективним методом для вирішення реальних задач багатокритеріального вибору являється метод аналізу ієрархій (МАІ). Так, як МАІ дозволяє отримати вагу критерію по результатам опитування експертів, то її можливо використовувати для отримання статистичних даних для побудови показника захищеності. Отримавши статистичні дані по опитуванню експертів, для побудови моделі показника захищеності, можемо використовувати метод групового урахування аргументів (МГУА) [1].

Пропонується наступна комбінація МАІ та МГУА, яка об'єднує в собі переваги і особливості цих методів:

1. Визначити мету.

2. Побудувати ієрархію, починаючи з вершини (мети), через проміжні рівні (критерії, від яких залежать наступні рівні) до самого нижнього рівня.

3. Побудувати, використовуючи експерта (експертів) множину матриць парних порівнянь для кожного із нижніх рівнів – по одній матриці для кожного елемента, що примикає зверху рівня.

4. По матрицям парних порівнянь найти значення ваги об'єктів.

5. Найти узгодженість всієї ієрархії.

6. Побудувати оціночні функції і визначити послідовність експериментальних даних.

7. Визначити обучаючу та перевірочну послідовність даних.

8. Визначити критерії зупинки алгоритму МГУА.

9. Побудова математичної моделі комплексної оцінки ЛА.

По-перше треба визначити мету поставленої наукової задачі – в нашому випадку це знаходження комплексної оцінки та порівняння ЛА як складної технічної системи. Тобто глобальною метою є знаходження невідомої безперервної функції $f(x_1, x_2, ..., x_i, ..., x_m)$, де $x_1, x_2, ..., x_i, ..., x_m$ – множина підкритеріїв, які описують ЛА.

По-друге побудувати ієрархію, де вершиною є мета, проміжними рівнями є критерії, а самим нижнім рівнем є підкритерії. Вигляд найпростішої ієрархії наведений на рисунку 1.

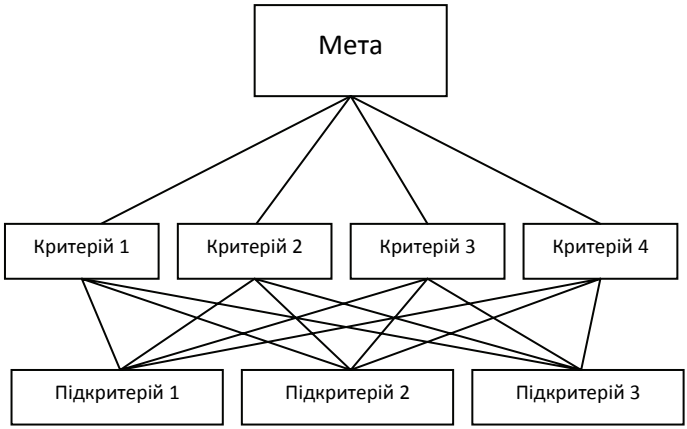


Рис. 1 – Найпростіша ієрархія MAI

До критеріїв віднесемо:

- бойова живучість;
- маневреність;
- замінність;
- засоби захисту.

До бойової живучості відносяться пасивні засоби захисту і є підкритеріями:

- найменш уразливе для засобів поразки розташування важливих агрегатів і вузлів на ЛА, захист їх менш важливими елементами;
- застосування вогнестійкої проводки управління з рознесеними посиленими тягами;
- резервування найбільш важливих агрегатів і вузлів ЛА, що сприяє продовженню виконання завдання при бойових пошкодженнях;
- бронювання кабіни екіпажу і найважливіших агрегатів;
- захист паливних баків від вибуху і витоків палива;
- засоби спасіння екіпажу;
- системи пожежогасіння.

До маневреності відносяться:

- максимальні перевантаження;
- максимальні швидкості польоту.

Помітність включає в себе:

- маскувальне (камуфляжне, деформуюче) забарвлення, у тому числі з малим коефіцієнтом віддзеркалення в оптичному діапазоні електромагнітних хвиль;
- покриття, які поглинають електромагнітні хвилі засобів виявлення і прицілювання противника в інфрачервоному і радіодіапазонах;
- зменшення ефективної поверхні розсіювання електромагнітних хвиль;
- зменшення теплової помітності ЛА;
- зменшення акустичної помітності ЛА.

До засобів захисту відносяться:

- системи попередження про електромагнітне опромінювання з боку супротивника засобами прицілювання і виявлення;
- системи постановки активних радіолокаційних перешкод засобам виявлення і прицілювання противника;
- системи відведення засобів ураження противника;
- дія електромагнітного імпульсу, що порушує роботу детонаторів засобів поразки противника;
- системи активного захисту, що виявляють і руйнують засоби ураження супротивника при їх підльоті до ЛА;
- постановка димових і аерозольних перешкод.

Далі побудуємо, використовуючи експерта (експертів) множину парних порівнянь для кожного із рівнів ієрархії [2, 3]. Тобто визначимо вплив кожного критерію на глобальну мету, а підкритеріїв на критерії.

Парні порівняння приводять до запису характеристик порівнянь в виді квадратної таблиці чисел, яка називається матрицею.

Матриця парних порівнянь володіє властивістю зворотної симетрії, тобто $a_{ij} = \frac{1}{a_{ji}}$. Порівнюючи критерії самі з собою маємо однакову

значимість критеріїв, тому діагональ матриці складається із одиниць. Враховуючи попередні судження матриця приймає вигляд:

$$\begin{bmatrix} 1 & a_{1j} & a_{1n} \\ 1/a_{1j} & 1 & a_{in} \\ 1/a_{1n} & 1/a_{in} & 1 \end{bmatrix}, \quad (1)$$

Експерти оцінюють критерії по наступній дев'ятибальній шкалі та заносять в матрицю (1):

- критерій 1 і критерій 2 однаково важливі, заносимо 1;
- критерій 1 незначно важливіший, ніж критерій 2, заносимо 3;
- критерій 1 значно важливіший критерію 2, заносимо 5;
- критерій 1 явно важливіший критерію 2, заносимо 7;
- критерій 1 по своїй значимості абсолютно перевищую критерій 1, заносимо 9 в позицію (1, 2), де пересікаються рядок 1 і стовбець 2.

Наступний крок складається в обчисленні вектора пріоритетів по отриманій матриці (1). Помноживши n елементів кожного рядка і взяти корінь n-ої ступені та нормалізувати отримані числа.

Після визначаємо узгодженість отриманих результатів. Чим ближче $\lambda_{\max}$ (максимальне або головне значення матриці) до n (числу об'єктів або видів дій в матриці), тим більш узгоджений результат.

Ці порівняння і розрахунки встановлюють пріоритети елементів деякого рівня ієрархії відносно одного елемента наступного рівня. Якщо рівнів більше ніж два то, різні вектори пріоритетів можуть бути об'єднані в матриці пріоритетів, із яких визначається один кінцевий вектор пріоритетів для нижнього рівня.

Використовуючи декількох експертів отримаємо декілька векторів пріоритетів.

Позначимо вектор пріоритетів через E_i, де $i = \overline{1,m}$, $m-$ кількість підкритеріїв. Так, оцінку можна розрахувати по наступній формулі:

$$y_j = f\left(E_1 x_1 + E_2 x_2 + ... + E_m x_m\right), \quad (3.3)$$

де $j = \overline{1,k}$, k – кількість експертів.

Використовуючи вищесказані судження розрахуємо показники, і отримаємо набір значень, який відповідає кількості експертів.

Тобто є модель

$$y = F\left(x_1, x_2, ..., x_m\right),$$

де m - кількість критеріїв оцінки.

Поділимо експериментальні дані на дві частини: навчальну N_A і перевірочну N_B послідовності точок [4, 5, 6]. Для цього розташуємо всі експериментальні точки в ряд по величині їх дисперсії

$$D^2 = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\left[\left(q_{таблі} - \overline{q}\right)/\overline{q}\right]^2,$$

де $\overline{q}$ – середнє значення відгуку. Точки з парними номерами створюють першу послідовність N_A, а точки з непарними номерами – другу послідовність N_B.

В якості зовнішніх доповнень візьмемо наступні критерії селекції:

– критерій регулярності $\Delta^2(B)$;

– критерій мінімуму зміщення $n^2_{зм}$.

Критерій регулярності – середньоквадратична похибка, розрахована на перевірочній послідовності:

$$\Delta^2(B) = \frac{\sum_{i=1}^{N_B}\left(q_{табл} - q_м\right)_i^2}{\sum_{i=1}^{N_B} q^2_{таблі}} \to \min.$$

Критерій мінімуму зміщення вимагає максимального співпадання значень вихідної величини двох моделей, отриманих на навчальній та перевірочній послідовності:

$$n^2_{зм} = \frac{\sum_{1}^{\alpha N}\left(q_A - q_B\right)^2}{\alpha\sum_{i=1}^{N} q^2_{таблі}} \to \min.$$

Для генерації множини моделей використовуємо багаторядні МГУА. На вхід подаємо вектор вхідних змінних $x = x_1, x_2, ..., x_n$. На першому ряді селекції утворюються «часткові описи», які об'єднують вхідні змінні по дві:

$$y_1 = f_{11}(x_1, x_2), y_2 = f_{12}(x_1, x_3), ..., y_s = f_{1s}(x_{n-1}, x_n).$$

Із них вибирається F_1 найбільш задовольняючих зовнішньому критерію селекції.

На другому ряду утворюються «часткові описи» другого ряду

$$z_1 = f_{21}(y_1, y_2), z_2 = f_{22}(y_1, y_3), ..., z_p = f_{2p}(y_{s-1}, y_s).$$

Із них вибирається F_2 найкращих для використовування в наступному, третьому ряді іт.д. Для кожного ряду знаходиться найкраща (по критерію селекції) модель. Ряди селекції нарощуються, поки оцінка критерію зменшиться («правило зупинки»).

Коефіцієнти моделей знаходяться за допомогою методу найменших квадратів, згідно якого за міру відхилення полінома від заданої функції *f(x)* на множині $x_0, x_1, \ldots x_n$ приймається величина

$$S_m = \sum_{i=0}^{n} \left[Q_m(x_i) - f(x_i) \right]^2 ,$$

яка являється сумою квадратів відхилення полінома $Q_m(x)$ від функції $f(x)$ на заданій системі вхідних даних.

S_m являється функцією коефіцієнтів $a_0, a_1, \ldots a_m$. Ці коефіцієнти потрібно підібрати так, щоб величина S_m була найменшою. Отриманий поліном являється апроксимуючим для даної функції, а процес побудови цього полінома – квадратичною апроксимацією.

В кінці селекції ми отримаємо одну-єдину модель, яка буде задовольняти критеріям селекції і по якій будемо розраховувати захищеність ЛА від керованих ракет з інфрачервоним контуром наведення.

Висновки

Розроблений в ДНВЦ метод комплексної оцінки захищеності ЛА від керованих ракет з інфрачервоним контуром наведення, використовуючи оцінки експертів та багаторядні алгоритми МГУА, дозволяє коректно оцінити та провести порівняльну оцінку захищеності ЛА під час прийняття рішення про розробку нових, модернізацію існуючи зразків ЛА та при проведенні випробувань.

Список літератури

1. А.А.Павлов, А.А.Иванова, Р.А.Зигура "Метод группового учёта аргументов и анализа иерархий (МГУАИАИ) в задачах принятия решений". Вісник Національного технічного університету України "КПІ", випуск 47, 2007 р. 353 с.

2. Т.Саати "Принятие решений. Метод анализа иерархий" Москва, 1993 г. 287 с.

3. Т.Саати, К. Кернс "Аналитическое планирование. Организация систем" Москва, 1991 г. 223 с.

4. А.Г.Ивахненко "Индуктивный метод самоорганизации моделей сложных систем" Киев, 1982 г. 296 с.

5. А.Г.Ивахненко, Ю.П. Юрачковский "Моделирование сложных систем по экспериментальным данным" Москва, 1987 г. 119 с.

6. В.Г.Тоценко "Методы и системы поддержки принятия решений" Киев, 2002 г. 381 с.

УДК 81.322.2

О.О. Бєляков
(Національний авіаційний університет, Україна, м. Київ)

АЛГОРИТМИ ВИЛУЧЕННЯ ЗНАНЬ З НАВЧАЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ, ЩО ПРЕДСТАВЛЕНІ ПРИРОДНЬОЮ МОВОЮ

В даній статті розглянуті алгоритми вилучення знань з текстів, представлених природньою мовою. Також розглянуто застосування цих алгоритмів для обробки навчальних матеріалів.

Однією з актуальних проблем є побудова автоматизованих систем, які виконують комплекс функцій, що включає в себе вилучення та обробку знань. Значна частина таких систем спрямована на обробку текстової інформації з метою вилучення з неї знань. Враховуючи той факт, що значна частина інформації, яку в наш час доводиться обробляти людині, представлена в електронному вигляді, такі системи знаходять застосування в усіх сферах діяльності людини.

Зокрема, такі системи доцільно використовувати у сфері навчання. Наявні сьогодні навчальні матеріали мають великий об'єм та нечітку структуру. Через це знаходження відповідей на конкретні питання потребує додаткових зусиль, спрямованих на сортування наявної інформації за відповідністю до теми та пошук у цій інформації відповіді на конкретне питання. Це, в свою чергу, знижує ефективність навчання.

Описані вище системи дозволяють виконувати попередню обробку масивів даних з метою виділення з них конкретних знань. Також такі системи дозволяють виконувати пошук конкретних знань за запитами користувачів.

З огляду на сказане вище, можна стверджувати, що побудова таких систем має великі перспективи для застосування у сфері освіти та науки. Метою даної статті є розгляд алгоритмів та механізмів, на яких базуються такі системи.

Насамперед, потрібно розрізняти поняття «вилучення даних» та «вилучення знань».

Вилучення даних – це процес знаходження та вилучення інформації, а також її збереження в різних форматах. Відмінною рисою вилучення даних є те, що цей вид обробки інформації спирається на зовнішні ознаки даних, при цьому не обробляючи зміст цих даних.

Для визначення поняття «вилучення знань» потрібно спочатку визначити термін «знання». Дослідження великої кількості джерел [1-6] вказує, що в контексті даної теми існує два різних погляди на значення цього терміну.

Перша точка зору полягає у визначенні терміну «знання» як данні, що були отримані для вирішення конкретної практичної задачі в потрібний момент. Дана задача частіше за все є задачею прийняття рішення, в тому числі виконання дії деякою технічною системою або людиною. Дотримуючись цієї точки зору, знання за формою зберігання нічим не відрізняються від даних та розглядаються лише в конкретний момент часу, тобто в момент використання

цих даних для прийняття рішення. З одного боку, це полегшує процес зберігання знань в таких системах. З іншого боку, даний підхід потребує побудови складних пошукових систем для обробки таких даних. Також ускладнюється побудова запитів до таких систем, що в свою чергу знижує їх ефективність.

Інша точка зору акцентує увагу саме на відмінності знань від даних. Основна відмінність цих понять полягає у формі представлення знань. Виходячи з цієї точки зору, знання мають чітку структуру зберігання, що дозволяє уникнути недоліків, які притаманні попередній концепції, але ускладнюють загальну процедуру вилучення знань з даних. Цей підхід вводить поняття «база знань», що включає в себе наступні ознаки:

- Логічну впорядкованість даних на основі певних критеріїв. Ці критерії встановлюються моделлю предметної області.
- Наявність моделі представлення даних, що містяться в цій базі. Прикладом таких моделей є семантичні мережі, фрейми, продукційні системи та логіко-лінгвістичні моделі.
- Можливість отримання нових даних на основі старих. Ця особливість забезпечується введенням формальних закономірностей в систему збереження знань.
- Наявність типових операцій над даними, які зберігаються в базах знань, що дозволяє полегшити процедуру побудови запиту до такої системи.

Загалом, вилучення знань можна визначити як процес обробки даних, при якому вилучаються певні одиниці інформації, які з тієї чи іншої точки зору підпадають під термін «знання». В даній статті розглядаються саме системи вилучення знань.

Системи вилучення знань в загальному випадку умовно можна розділити на два компоненти: власне компонент вилучення знань та компонент їх обробки. Компонент вилучення знань представляє собою пошуковий механізм, який обробляє масиви даних та вилучає інформацію за певними критеріями. Результатом роботи цього компоненту є так звані елементарні знання (аксіоми), з яких можуть потім складатись більш складні висновки та твердження. Компонент обробки знань виконує побудову більш складних структур знань на основі аксіом, отриманих в результаті роботи попереднього компоненту.

В залежності від того, яке з двох визначень терміну «знання» взяте за основу, увага приділяється тому або іншому компоненту. При першому підході до терміну знання, коли різниця між знаннями та даними полягає лише у часі та місці, коли ці дані були отримані, вирішальну роль відіграє перший компонент. Вся система зводиться до складного пошукового механізму, який відповідно запитам користувачів повинен виконувати вибірку даних з масивів інформації, які йому заздалегідь були надані. Ці масиви можуть знаходитись як локально в системі, так і віддалено у мережі, наприклад, в Інтернеті. Основна перевага такого механізму є можливість застосування його для масивів даних з різних предметних областей.

Для систем, побудованих на основі бази знань, увагу приділяють другому компоненту. Пошукова машина вилучає лише елементарні знання. Завдання компоненту обробки знань полягає в побудові складних тверджень на

основі цих елементарних знань. Механізм побудови складних тверджень залежить від моделі представлення знань, що використовується в базі знань. Перевагою такої системи є відносно швидке отримання рішень типових задач для конкретної предметної області. Недоліком є вузька спеціалізація таких систем, що зумовлено необхідністю побудови бази знань для кожної предметної області окремо.

Загалом, алгоритми вилучення знань з текстів, представлених природньою мовою (зокрема – навчальних матеріалів) можна розділити на три категорії: алгоритми, які базуються на правилах, алгоритми, які використовують машинне навчання та статистичні методи.

Алгоритми, які базуються на правилах, працюють за принципом шаблонного пошуку. Спочатку описуються певні закономірності, які притаманні знанням, що містяться в тексті. Слід зазначити, що тексти, які будуть оброблятись за цим алгоритмом, повинні мати схожу структуру та чітко визначений стиль, що враховується при побудові системи. Таким чином, закономірності будуть справедливі для всіх текстів, які будуть оброблятись системою. Далі, ці закономірності описують за допомогою правил та прописують в системі. Може бути передбачено розширення правил після побудови системи. Весь процес обробки інформації полягає в пошуку цих закономірностей за правилами, а потім вилучення їх. Якщо система побудована за першим типом, то ці правила закладаються в пошуковий механізм, та результатом вилучення знань є дані, що відповідають цим правилам. Для систем другого типу задають правила знаходження аксіом (елементарних знань). Після виконання пошуку, можлива обробка цих аксіом, після чого повертається конкретний результат вилучення знань. При обробці навчальних матеріалів за таким алгоритмом, потрібно враховувати стиль текстів представлених матеріалів та предметну область. Через це систему потрібно розробляти під певний, заздалегідь визначений обсяг матеріалів, при зміні якого доведеться змінювати набір правил. Через це система втрачає універсальність, але, при відповідному проектуванні, може бути налаштована для використання в іншому контексті.

Алгоритми, що базуються на машинному навчанні, працюють за принципом навчання системи. Принцип їх функціонування схожий на принцип функціонування алгоритмів, що базуються на правилах, з тією різницею, що правила задає не розробник, а сама система. Для цього спочатку вона повинна обробити тексти, в яких чітко вказані дані, які вона повинна вилучити. Після обробки деякої кількості таких текстів, система генерує набір правил, керуючись якими вона надалі може вилучати дані з нерозмічених текстів. Розробнику системи лише потрібно закласти механізми навчання в систему, а потім правильно підібрати тексти, на яких система буде навчатись. Якщо в систему закладені універсальні механізми навчання, то зміна предметної області буде зведена до виконання повторної процедури навчання.

Вищеописані алгоритми позбавлені недоліків алгоритмів, що базуються на правилах. Через це вони є більш універсальними та підходять для обробки навчальних матеріалів не залежно від їх предметної області та стилю викладення. Процес налаштування закладений в саму систему як механізм навчання. Недоліком цих алгоритмів є необхідність розробки складного механіз-

му навчання та ретельний підбір початкових текстів, за допомогою яких буде проводитись навчання системи.

Алгоритми, що базуються на статистичних методах, використовують статистичні закономірності при обробці текстів. В загальному випадку при обробці текстів за такими алгоритмами досліджується частота входження деяких слів та словосполучень в заданий текст. На основі цих досліджень виділяються дані, які за законами статистики мають містити знання, які потрібно вилучити з цього тексту.

Вищеописані алгоритми допомагають звузити обсяг інформації, який потрібно обробити для отримання необхідних знань. Але загалом дані алгоритми не пристосовані для вилучення знань з навчальних матеріалів.

Висновки

Результатом проведених досліджень стала класифікація алгоритмів вилучення знань з матеріалів, представлених у вигляді текстів на природній мові. Було встановлено, що алгоритми, які базуються на машинному навчанні, мають найбільші перспективи при побудові систем вилучення знань з навчальних матеріалів, представлених природньою мовою.

Список літератури

1. Гаврилова Т., Хорошевский В. Базы знаний интеллектуальных систем: Учебник для вузов. – СПб.: Питер, 2000. – 384 с.

2. Девятков В.В. Системы искусственного интеллекта: Учеб. пособие для вузов. – М.: Изд. МГТУ им Н.Э.Баумана, 2001. – 352 с.

3. Букович У., Уильямс Р. Управление знаниями: руководство к действию: Пер. с англ. – М.: ИНФРА-М, 2002. – 504 с.

4. Джанетто К., Уиллер Э. Управление знаниями: Руководство по разработке и внедрению корпоративной системы управления знаниями: пер. с англ. – Добрая книга, 2005. – 192с.

5. Колесов А. А управлять – так знаниями! // Byte. – N.2 – M., 2002.

6. Петелин Д. Свалки данных и системы управления знаниями // PC Week (RE) – N.19 – 2006

7. Ландэ Д.В. Поиск знаний в Internet – М.: Диалектика-Вильямс, 2005, 272с.

8. Ашманов И. Информация и знания: невидимая грань – http://newasp.omskreg.ru/intellect/f5.htm

УДК 004.7(043.5)

С.М. Станко, асистент
А.Ю. Бовсунівський, студент
(Національний авіаційний університет, Україна)

ОЦІНКА НЕОБХІДНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ БАГАТОПОТОЧНОСТІ В C#

Багатопоточність — властивість платформи або додатка, суттю якої є те, що процес, породжений в операційній системі, може складатись з декількох потоків, які виконуються «паралельно», тобто без приписаного порядку в часі. В даній статті приведені поняття, які допоможуть в розумінні розробки багатопоточних систем.

Вступ

Інколи з'являється необхідність виконувати декілька дій одночасно, наприклад, перевірити зміни в одній таблиці БД і вносити модифікації в іншу. Причому якщо одна з операцій (наприклад, перевірка змін), займає багато часу, очевидно, що послідовне виконання не забезпечить балансування ресурсів.

Для вирішення такого типу задач, в програмуванні використовується багатопоточність - кожна операція поміщається в окремий потік з виділенням об'єму ресурсів і працює всередині нього. При такому підході, всі задачі будуть виконуватись одночасно і незалежно.

Як працює багатопоточність

Програма на C# запускається як єдиний потік, автоматично створений CLR та операційною системою ("головний" потік), і стає багатопоточним за допомогою створення додаткових потоків. CLR призначає кожному потоку свій стек, так що локальні змінні зберігаються роздільно.

Управління багатопоточністю здійснює планувальник потоків, цю функцію CLR зазвичай делегує операційній системі. Планувальник потоків гарантує, що активним потокам виділяється відповідний час на виконання, а потоки, очікуючі або блоковані, наприклад, на очікуванні ексклюзивного блокування, або користувацького введення – не споживають часу CPU.

На однопроцесорних комп'ютерах планувальник потоків використовує квантування часу – швидке перемикання між виконанням кожного з активних потоків. Це приводить до непередбачуваної поведінки. В Windows XP типове значення кванта часу – десятки мілісекунд – вибрано як набагато більше, ніж витрати CPU на перемикання контексту між потоками (декілька мікросекунд).

На багатопроцесорних комп'ютерах багатопоточність реалізована як суміш квантування часу і справжнього паралелізму, коли різні потоки виконують код на різних CPU. Необхідність квантування часу все одно залишається, так як операційна система повинна обслуговувати як свої власні потоки, так і потоки інших додатків.

Кажуть, що потік витісняється, коли його виконання призупиняється через зовнішні фактори типу квантування часу. В більшості випадків потік не може контролювати, коли і де він буде витіснений.

Потоки vs. процеси

Всі потоки одного додатку логічно зберігаються в межах процесу – модуля операційної системи, в якій виконується додаток.

В деяких аспектах потоки і процеси схожі – наприклад, час розподіляється між процесами, що виконуються на одному комп'ютері, так само, як між потоками одного C#-додатку. Ключова відмінність складається в тому, що процеси повністю ізольовані один від одного. Потоки розділяють пам'ять з іншими потоками цього ж додатку. Завдяки цьому один потік може постачати дані в фоновому режимі, а інший – показувати ці дані по мірі їх надходження.

Коли використовувати потоки

Типовий додаток з багатопоточністю виконує довготривалі обрахунки в фоновому режимі. Головний потік продовжує виконання, в той час як робочий потік виконує фонову задачу. В додатках Windows Forms, коли головний потік зайнятий довготривалими обрахунками, він не може обробляти повідомлення з клавіатури і миші, і додаток перестає відповідати. З цієї причини слід запускати віднімаючі багато часу задачі в робочому потоці, навіть якщо головний потік в цей час демонструє користувачу модальний діалог с надписом "Працюю... Будь ласка, зачекайте ", так як програма не може перейти до наступної операції, поки не завершена поточна. Таке рішення гарантує, що додаток не буде помічено операційною системою як "Не відповідаючи ". Знову ж, в цьому випадку модальний діалог може надати кнопку "Відміна", так як форма продовжує отримувати повідомлення, поки задача виконується в фоновому потоці. Клас BackgroundWorker знадобиться при реалізації такої моделі.

У разі додатків без UI, наприклад, служб Windows, багатопоточність має сенс, якщо виконувана задача може зайняти багато часу, так як потребується очікування відповіді від іншого комп'ютера (сервера додатків, сервера баз даних або клієнта). Запуск такої задачі в окремому робочому потоці означає, що головний потік негайно звільнюється для інших задач.

Інше застосування багатопоточність знаходить в методах, виконуючих інтенсивні обчислення. Такі методи можуть виконуватись швидше на багатопроцесорних комп'ютерах, якщо робоче навантаження розподілене по декільком потокам (кількість процесорів можна отримати через властивість Environment.ProcessorCount).

C#-додаток можна зробити багатопоточним двома способами: або явно створюючи додаткові потоки і керуючи ними, або використовуючи можливості неявного створення потоків .NET Framework – BackgroundWorker, пул потоків, потоковий таймер, Remoting-сервер, Web-служби або додатки ASP.NET. В двох останніх випадках альтернативи багатопоточності не існує. Однопоточний web-сервер не просто поганий, він неможливий! На щастя, в випадку серверів додатків, не зберігаючи стан (stateless), багатопоточність реалізується зазвичай досить просто, складності можливі тільки хіба що в синхронізації доступу до даних в статичних змінних.

Основні та фонові потоки

За замовчуванням потоки створюються як основні, що означає, що додаток не буде завершено, поки один з таких потоків буде виконуватись. C# також підтримує фонові потоки, вони не продовжують життя додатку, а завершаються одразу ж, як тільки всі основні потоки будуть завершені.

Зміна статусу потоку з основного на фоновий не змінює його пріоритет або статус в планувальнику потоків.

Статус потоку переключається з основного на фоновий за допомогою властивості IsBackground.

Якщо програма визивається без аргументів, робочий потік виконується за замовчуванням як основний потік і очікує на ReadLine, поки користувач не натисне Enter. Тим часом головний потік завершається, але додаток продовжує виконуватись, так як робочий потік ще живий.

Якщо ж програму запустити з аргументами командної строки, робочий потік отримає статус фонового і програма завершиться практично одразу після завершення головного потоку, з знищенням потоку, очікуючого введення користувача за допомогою метода ReadLine.

Коли фоновий потік завершується таким способом, всі блоки finally всередині потоку ігноруються. Оскільки невиконання коду в finally зазвичай небажане, буде вірним очікувати завершення всіх фонових потоків перед виходом з програми, призначивши потрібний тайм-аут (за допомогою Thread.Join). Якщо з якихось причин робочий потік не завершається за виділений час, можна спробувати аварійно завершити його (Thread.Abort), а якщо і це не вийде, дозволити померти йому разом з процесом (також не завадить записати інформацію про проблему в лог).

Перетворення робочого потоку в фоновий може бути останнім шансом завершити додаток, так як не помираючий основний потік не дасть додатку завершиться. Завислий основний потік особливо підступний в додатках Windows Forms, так як додаток завершається, коли завершається його головний потік (принаймні, для користувача), але його процес продовжує виконуватись. В диспетчері задач воно зникне з списку додатків, хоча ім'я його виконуваного файлу залишиться в списку процесів, що виконуються. Поки користувач не знайде і не завершить його, процес продовжить споживати ресурси і, можливо, буде перешкоджати запуску або нормальному функціонуванню знов запущеного екземпляру додатку.

Зазвичай причина появи додатків, що не можуть завершитись належним чином – це такі "забуті" основні потоки.

Пріоритети потоків

Властивість Priority визначає, скільки часу на використання буде виділено потоку відносно інших потоків того ж процесу. Є 5 градацій пріоритету потоку: Lowest, BelowNormal, Normal, AboveNormal, Highest.

Значення пріоритету стає істотним, коли одночасно виконується декілька потоків.

Встановлення пріоритету потоку на максимум ще не означає роботу в реальному часі (real-time), так як є ще пріоритет процесу додатку. Щоб працю-

вати в реальному часі, потрібно використовувати клас Process з простору імен System.Diagnostics для підняття пріоритету процесу:

```
Process.GetCurrentProcess().PriorityClass = ProcessPriorityClass.High;
```

От ProcessPriorityClass.High один крок до найвищого пріоритету процесу –Realtime. Встановлюючи пріоритет процесу в Realtime, ви кажете операційній системі, що хочете, щоб ваш процес ніколи не витіснявся. Якщо ваша програма випадково попаде в безкінечний цикл, операційна система може бути повністю заблокована. Врятувати вас в цьому випадку зможе тільки кнопка вимикання живлення. З цієї причини ProcessPriorityClass.High вважається максимальним пріоритетом процесу, придатним до вживання.

Якщо real-time додаток має користувацький інтерфейс, може бути не бажано піднімати пріоритет його процесу, так як оновлення екрану буде забирати занадто багато часу CPU – гальмуючи весь комп'ютер, особливо якщо UI достатньо складний. Зменшення пріоритету головного потоку в поєднанні з підвищенням пріоритету процесу гарантує, що real-time потік не буде витіснятись перемальовуванням екрану, але не врятує від гальмування весь комп'ютер, так як операційна система все ще буде виділяти багато часу CPU всьому процесу в цілому. Ідеальне рішення полягає в тому, щоб тримати роботу в реальному часі і користувацький інтерфейс в різних процесах (с різними пріоритетами), підтримуючих зв'язок через Remoting або shared memory.

Висновки

Звісно, можливість створення багатопоточного додатку не означає, що кожен додаток потрібно робити багатопоточним. Багатопоточність суттєво ускладнює додаток і при неакуратному використанні може призвести до малопомітних помилок, особливо якщо додаток виконується в різних операційних системах та на різному обладнанні. Тому офіційні керівництва Microsoft рекомендують застосовувати багатопоточність, тільки ретельно зваживши всі "за" та "проти". Рекомендується також обробляти в потоках різні фрагменти інформації, якнайменше взаємодіючі один з одним, щоб уникнути ускладнень, пов'язаних з блокуванням та синхронізацією.

Список літератури

1. Многопоточные приложения (C# и Visual Basic) - http://msdn.microsoft.com/ru-ru/library/ck8bc5c6.aspx
2. Введение в многопоточность - http://www.codenet.ru/progr/cpp/threads.php
3. Введение в технологии параллельного программирования - http://software.intel.com/ru-ru/articles/writing-parallel-programs-a-multi-language-tutorial-introduction/

УДК 004.78 (043.2)

Б.М. Нестеренко, к.т.н., А.А. Говтвяниця, студент
(Національний авіаційний університет, Україна, м. Київ)

СИСТЕМА ОБЛІКУ ПЕРЕВЕЗЕНЬ ТОВАРІВ З ВИКОРИСТАННЯМ МОБІЛЬНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

В даній статті розглянуті архітектура та принципи дії системи автоматизованого обліку перевезень товарів, яка базується на мобільній платформі.

Ця система являє собою додаток, призначений для використання співробітниками компаній. Додаток надає можливість моніторингу складської діяльності компанії безпосередньо самими працівниками. За допомогою даної системи, голова компанії зможе збирати статистичні дані про діяльність складу, трудомісткості, ефективності роботи кожного співробітника складу. Голова зможе відстежити товар, що прийшов на склад, дату зняття штрих-коду з товару, на який склад цей товар прийшов, переглянути в якому вигляді прибув товар, його характеристику, скільки по часу зайняв процес пакування товару, вид товару після упаковки, який працівник виконав упаковку і відправив облікову інформація. Вся інформація для статистики збирається на сервері і відображається на сайті підприємства його власнику. Використовуючи свій обліковий запис, голова компанії може зайти на сайт і переглянути детальну інформацію про складський діяльності.

Для користуванням даним додатком необхідний доступ до Інтернету. Після прибуття товару на склад, працівникові складу слід запустити додаток на мобільному пристрої і натиснути на кнопку «Новий пакет», тим самим створити спеціальну область (пакети) - набір даних для відправки. Після створення такої області, користувачеві необхідно заповнити спеціальні поля для відправки (більшість полів вводяться автоматично або за допомогою розпізнавання образів (штрих-код, наприклад)).

Після заповнення полів з інформацією про що прийшла посилці, користувач зберігає область з даними і відправляє її на сервер, після чого ця інформація стає доступною для керівництва.

Головна форма програми має чотири основні функціональні кнопки (рис.1) у верхній частині вікна, поле-список зі збережених пакетів (займає іншу частину екрана), а також кнопку переходу в режим групового вибору пакетів, яка з'являється при натисканні на апаратну кнопку « Меню».



Рис.1. Вигляд головної форми на мобільному пристрої

Окрім цієї форми в додатку наявні ще чотири форми, а саме: редагування та створення пакетів, налаштування, інструкція по роботі з додатком та вікно перегляду записів журналу.

Форма створення/редагування пакету відображається при натисканні на кнопку «Новий пакет» в режимі створення нового пакета або ж після вибору пункту «Редагувати» у меню після натискання на відповідний пакет. На вказаній формі знаходяться поля для введення, а також зміни інформації працівником складу.

На цій формі користувач вводить наступні дані:

- Назва складу
- Штрих-код
- Обсяг
- Вид упаковки
- Фотографія до пакування
- Фотографія після пакування
- Примітка

А потім зберігає введену інформацію за допомогою клавіші "Зберегти".

Форма установок програми являє собою форму, на якій розташовані поля для введення інформації, яка буде використовуватися програмою за замовчуванням.

Присутні два поля введення :

- Поле для введення назви складу, на який прибув товар (Рис. 2).

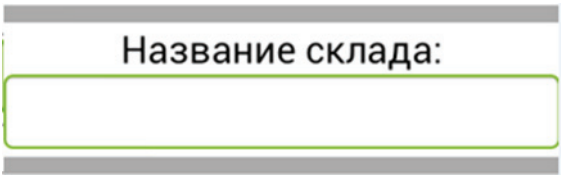


Рис.2. Поле введення назви складу

- Поле для введення телефонного номера (обов'язковий до заповнення користувачем) (Рис. 3).

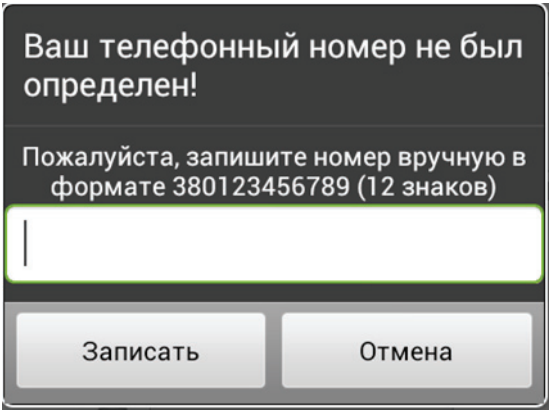


Рис. 3 Поле введення номера телефону

Форма «Інструкції по роботі з додатком» являє собою довідник необхідної користувачеві інформації для роботи з додатком і має вид списку.

Форма перегляду записів журналу програми дозволяє вести облік всіх відправлених пакетів і дає можливість відстежити помилки, які раптово виникли при відправленні даних на сервер.

На формі присутній список, елементами якого є назви файлів, в яких і міститься інформація про відправлених пакети.

На формі також можна побачити дві кнопки «Видалити все» і кнопка «Вихід»

Кнопка «Видалити все» дозволяє очистити всю інформацію про відправлені пакети. Кнопка "Вихід» справить повернення до головного вікна програми.

Натиснувши на елемент списку, користувачеві відобразиться поле з текстовою інформацією такого виду (Рис. 4):

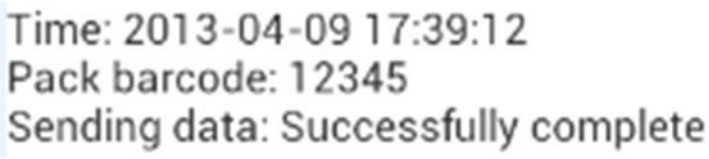


Рис. 4 Приклад інформації, яка зберігається в журналі

Де перший рядок – дата і час здійснення відправки, другий рядок – номер штрих-коду відправленого пакета, третій рядок – стан вдалої відправки.

Даний комплекс спростив обробку даних, що і стало основним економічним ефектом від його впровадження.

Висновки

Описана архітектура має значні переваги, такі, як використання мобільних платформ для розгортання додатку, простота в користуванні, можливість простого налаштування системи та ведення розгорнутої статистики як роботи тієї ланки підприємства, для якої воно розроблене, так і статистики роботи самої програми.

Використання мобільних платформ має безліч переваг. Головна з них – це наявність можливості зручного транспортування системи. Іншою перевагою є простота використання таких платформ в порівнянні з персональними комп'ютерами та мейн фреймами. Ще однією перевагою є те, що абсолютна більшість мобільних платформ на сьогоднішній день обладнані засобами підключення до мережі Інтернет, вбудованими безпосередньо в пристрій. Це дозволяє виконувати з'єднання з мережею без додаткових пристроїв, що підвищує надійність системи та не потребує додаткових витрат та налаштувань, які пов'язані з введенням таких пристроїв.

З опису вищенаведеної системи видно, що вона має дуже зручний інтерфейс, для використання якого користувачу не потрібно проходити спеціальну підготовку. Також в системі наявні всі необхідні інструменти для налаштування всіх без виключення параметрів її функціонування.

УДК 004.78 (043.2)

А. А. Жолдаков, Р.М. Скакун
(Национальный авиационный университет, Украина, г. Киев)

РЕАЛИЗАЦИЯ АЛГОРИТМА ПРИОРИТЕТНОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ И МЕТОДА ЛИНЕЙНОЙ ЗАВИСИМОСТИ ДЛЯ ПРОГРАММИРОВАНИЯ РОБОТОВ СО СЛОЖНОЙ КИНЕМАТИКОЙ

В настоящее время развитие робототехники находится на высоком уровне. Роботы используются в промышленной индустрии, осуществляя технические операции различной сложности. Взаимодействие между роботом и внешним миром является сложной кинематикой и зависит от системы управления роботом.

Подход приоритетного взаимодействия представляет управление роботом в режиме реального времени с реакциями, которые приводятся в действие датчиками.

При этом поведенческие реакции робота становятся независимыми блоками, действующими одновременно в параллельном режиме. Команды поведения более высокого порядка замыкают команды поведения более низкого порядка. При исчезновении условия созданного датчиком, происходит отмена следующего поведения в пользу поведения условия более низкого порядка.

Благодаря этому алгоритму робот является полностью автономной роботизированной системой, которая принимает нужный тип решения, индивидуальный для каждой проблемной ситуации. Данный подход направлен на совершенствование системы управления податливостью роботов за счет системы распознавания препятствий с большей чувствительностью, которая позволяет повысить адаптивность системы по отношению к внешним взаимодействиям.

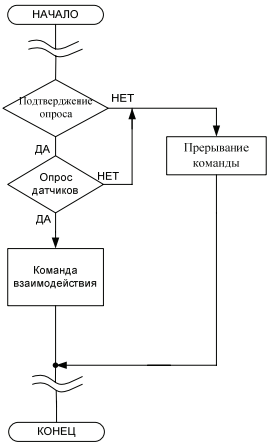


Рис.1.1. Блок-схема компонента, соответствующего поведению робота по принципу приоритетного взаимодействия команд

Алгоритм приоритетного поведения, который, благодаря параллелизму, максимально быстро считывает информацию с датчиков, принимает нужное решение и управляет движением робота, не представляет общей задержки всей системы в целом.

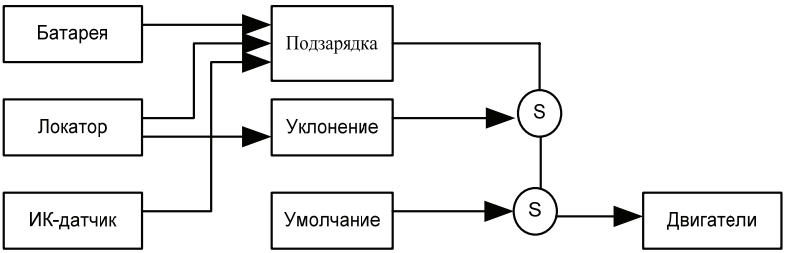


Рис.1.2. Пример архитектуры построенной на принципе приоритетного поведения

Ниже названы подпрограммы и типы поведения робота, разработанные от низших к высшим приоритетам:

- умолчание - реакция, передающая роботу приказ остановки;
- двигатели - подпрограмма, активирующая двигатели при помощи силового интерфейса;
- локатор - подпрограмма, измеряющая расстояние в постоянном режиме;
- уклонение - поведение, поддерживающее безопасное расстояние между роботом и препятствиями;
- подзарядка - поведение робота, которое заключается в сообщении в случае почти полной разрядки батареи (меньше 20%).

Точка S представляет собой узел приоритетного взаимодействия. Реакция на пункт «Подзарядка» является приоритетной по отношению к реакции «Уклонение», которая в свою очередь приоритетна реакции «Умолчание».

Алгоритм разбит на отдельные задачи, это позволяет проводить независимое программирование каждой исполняемой команды. Но главное преимущество заключается в том, что при поэтапном изготовлении робота существует возможность добавления новых функций без утраты уже существующих возможностей, нужно лишь их взаимно увязать и расставить приоритеты.

Оценивая надежность данного алгоритма, самым важным моментом является его реакция на датчики , то есть система преодоления препятствий должна быть максимально точной и безотказной.

Система детекторов препятствий состоит с ИК-датчиков, которые включают в себя ИК-передатчики и ИК-приемники. В качестве ИК-передатчика используется ИК-светодиод, который излучает свет в ИК-спектре, невидимом для человеческого глаза. ИК-приемник принимает эти лучи. Позже информация с ИК-приемника поступает на микроконтроллер с интервалом в 2 мс, где обрабатывается в цифровой эквивалент, по которому робот ориентиру-

ется, какой тип действия принять. Такой интервал позволяет делать более частые замеры, так как робот находится в постоянном движении.

При расчете расстояний до объекта применяется метод линейной зависимости: y=kx+b , где

k — угловой коэффициент прямой (**k = tgφ)**, где **φ** — угол между прямой движения и осью Ox)

b — точка пересечения прямой и оси Oy (при x=0).

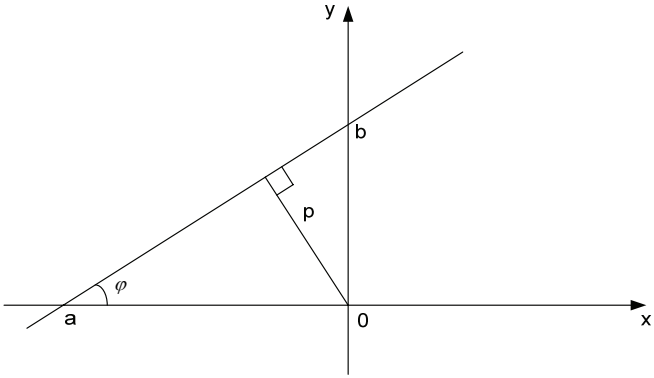


Рис.1.3. График определения расстояний до предмета при помощи линейной зависимости

Исходя из этой зависимости напряжение сразу пересчитывается в расстояние до объекта (в метрах), при помощи формулы уравнения прямой(1.1).

$$\frac{y-y_1}{y_2-y_1}=\frac{x-x_1}{x_2-x_1}\Rightarrow k=(y_2-y_1)/(x_2-x_1)\,, \quad (1.1)$$

где y1, y2, x1, x2- координаты пересечения прямой с осями Oy и Ox соответственно. Из формулы (1.1) и двух значений, определённых по графику линейной зависимости напряжения от обратного значения ния, найдем коэффициенты прямой – k , b.

```
#define K 137.5
#define B 1.125
float get_distance_from_volts(float volts)
{ return K/(volts - B);}
```

Данная функция представляет структуру, которая превращает данные полученные с АЦП микроконтроллера (volts), в эквивалент расстояния до объекта в сантиметрах.

Имея простую составляющую, этот метод является достаточно надежным и позволяет достигать точных результатов при большом количестве различных проблемных участков, где находится робот.

ИК-сенсор имеет нелинейный выход: при линейном увеличении расстояния, сигнал на аналоговом выходе увеличивается/уменьшается нелинейно(излом в начале графика)(рис.1.4)

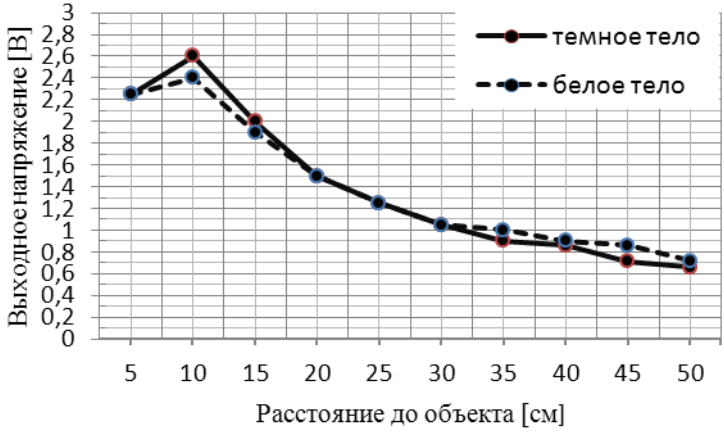


Рис.1.4. График обнаружения объектов при помощи линейного метода

Как видно с графика, этот метод является достаточно надежным и позволяет достигать точных результатов при большом количестве различных проблемных участков, где находится робот.

Вывод

Симбиоз алгоритма приоритетного взаимодействия и метода линейной зависимости управления, позволяет усовершенствовать надежность системы управления электромеханических роботов со сложной кинематикой.

Данный подход направлен на совершенствование системы управления роботов за счет метода распознавания препятствий с большей чувствительностью, который позволяет повысить адаптивность системы по отношению к приоритетным взаимодействиям.

В ходе анализа были проанализированы возможности линейного метода по отношению к распознаванию объектов разной окраски, которые показали высокий уровень распознавания. Это позволит повысить адаптивность системы по отношению к окружающей среде, что положительно воздействуют на динамику системы в целом, позволяя точно проводить необходимые манипуляции в зависимости от ситуации, в которой находится робот.

Список литературы

1. Рябченко В.В., Дацун Н.Н. Программно-аппаратный комплекс управления роботами-манипуляторами фирмы Neuronics AG // Материалы 4-й международной научно-технической конференции "Моделирование и компьютерная графика – 2011". Донецк, 5-8 октября 2011 г. С. 295 – 299
2. Taghirad H.D., Bélanger P.R. Modeling and parameter identification of Harmonic Drive systems // Journal of Dynamic Systems, Measurements, and Control. – 22 p. [электронный ресурс].

УДК 004.78

Панфьоров О.В., студент,
(Національний Авіаційний Університет, Київ)
Васильєв О. С., інженер-програміст КБ «Віраж»,
(Національний Авіаційний університет, Київ)

ОПТИМІЗАЦІЯ РОЗТАШУВАННЯ УЛЬТРАЗВУКОВИХ СЕНСОРІВ HC-SR04

Проведено роботу по аналізу ультразвукових сенсорів типу HC-SR04, огляд схем їх розташування та порівняння цих схем, з перерахуванням типових недоліків та переваг, характерних для цих схем.

Нагальною проблемою проектування роботизованих систем є орієнтація в просторі. Винайдено чимало сенсорів, що спрощують задачу побудови картини навколишнього середовища, але завжди постає задача коректного розташування сенсорів. Залежно від призначення системи, від умов оточення, елементної бази та десятків інших властивостей, перед розробником виникає розмаїття варіацій, для кожного потрібно окреме дослідження і сфера застосування.

То як же не розгубитись, і застосувати кращий з можливих варіантів розташування? Цією статтею я підсумував шлях до найоптимальнішої схеми розташування сенсорів виміру відстані в рухомій системі, над якою зараз працюю, з метою допомогти обійти ряд «підводних каменів» що обов'язково виникнуть у процесі.

Вимір відстані є найактуальнішим питанням для рухомої системи, адже уникання зіткнень є першою умовою цілісності під час руху. Типових рішень цієї задачі, навіть при існуючій елементній базі немає, з огляду на індивідуальність розробок. Механізм роботи сенсорів-дальномірів полягає у відправленні сигналу до об'єкта, та прийом його відлуння. Тобто, кожен сенсор виступає як передавачем, так і приймачем. Схематично процес роботи дальноміра зображено на рис. 1, де перше зображення це передача сигналу, друге – відбиття сигналу від об'єкта, і третє – прийом відбитого сигналу.

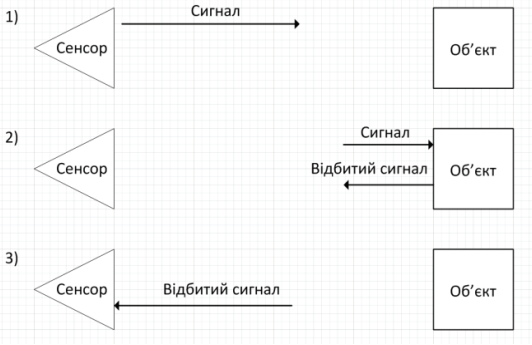


Рис. 1 – Принцип роботи сенсора.

Після отримання сигналу сенсор повертає значення, тим більше, чим більше відстань до об'єкта. В залежності від типу вихідного сигналу, застосовується відповідний алгоритм конвертації в звичні величини, або у зручні умовні одиниці. Для конвертації в сантиметри використовується наступна формула:

$$\frac{1}{2}S = \frac{V_{зв}}{T},$$

де S – відстань, пройдена сигналом

$V_{зв}$ – швидкість звуку (331м/с)

T – час між передачею сигналу та прийомом

Кожен сенсор має ряд параметрів, для дальномірів основними є ефективна відстань розпізнавання об'єктів та кут спрацьовування. Приклад робочого кута ультразвукового сенсора в двомірній площині зображено на рис. 2.

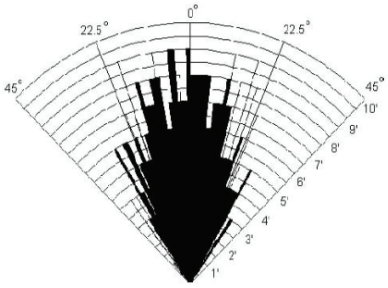


Рис. 2 – робочий кут сенсора HC-SR04

В просторі датчик охоплює конусоподібну область перед приймачем, тому саме приймач формує робочу зону сенсора. Також, як ми можемо бачити на малюнку, зона, що охоплюється значною мірою залежить від відстані.

Розглянемо ситуацію, коли необхідно реалізувати орієнтацію в двомірному просторі під час руху в одному напрямку.

Особливості конструкції сенсорів HC-SR04 накладають обмеження на використання – приймач та передавач розташовані на відстані двох сантиметрів один від одного, тобто робочий кут формується від приймача. Власне сенсор зображено на рис. 3.



Рис.3 – Сенсор HC-SR04, загальний вигляд

Буквою T (від англ. "transmitter") позначено передавач, буквою R (від англ. "receiver") позначено приймач. Щоб адекватно оцінювати відстань попе-

реду та з обох боків від системи використаємо три ультразвукових сенсори. Згідно до цього, маємо дві схеми розташування:

- Випукла (рис. 4)
- Увігнута (рис. 5)

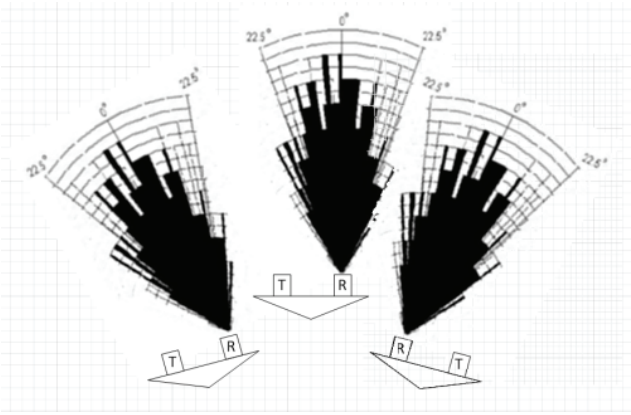


Рис. 4– Випукла схема розташування сенсорів

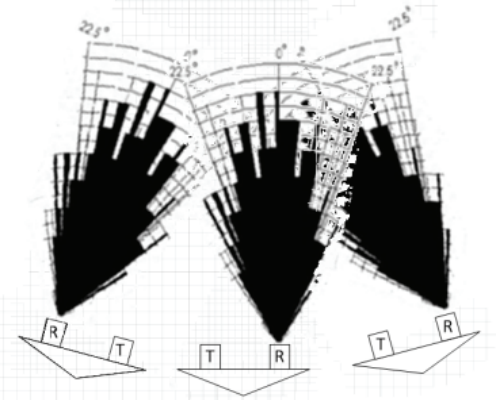


Рис. 5 – Увігнута схема розташування сенсорів

Чорним кольором виділено зони, в яких об’єкт буде зафіксовано, вони формують конусоподібні робочі сектори, між якими маємо білу сліпу зону. Для увігнутої схеми розташування сліпі зони виникають справа та зліва, для випуклої навпаки, з обох боків фіксування об’єктів буде нормальним, а між сенсорами, ближче до центру – сліпі зони.

Частково ця проблема може бути вирішена встановленням сенсорів вертикально, або використанням сенсорів із поєднаними приймачами та передат-

чиками. Застосувавши ці рішення сліпі зони буде зменшено майже у два рази, незалежно від обраної схеми розташування.

Постає питання – чи можна покращити сприйняття об'єктів застосувавши більше сенсорів?

Так, але кількість не замінить якість. Збільшення кількості сенсорів навіть до п'яти призведе до ускладнення алгоритму обробки даних, сповільнення опитування сенсорів, не кажучи вже про підключення, при незначному збільшенні ефективності роботи. Опитування одного сенсора – 4 мс часу, і для систем, де швидкодія критична це неприпустимо.

Розглянемо аналогічну схему для п'яти сенсорів, із поєднаними приймачем та передавачем. Як можна бачити з рис. 6, із зображенням випуклої схеми з п'яти сенсорів, недоліки схеми зберігаються – сліпі зони поміж робочих секторів сенсорів. Єдиною перевагою можна вважати 180 градусів охоплення, з покращеним сприйняттям бокових об'єктів, з невеликими сліпими зонами.

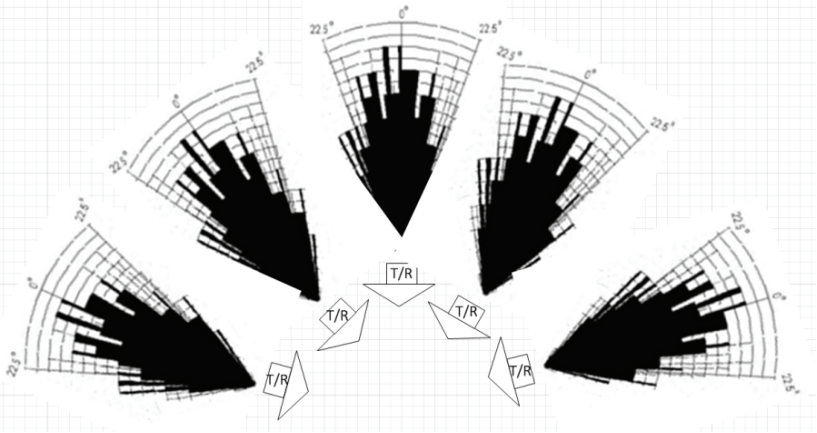


Рис. 6 – Випукла схема для пяти сенсорів.

Альтернативним рішенням, коли з певних причин немає можливості використати пяти сенсорів, є схема чотирьох сенсорів, що нічим не поступається наведеній вище схемі і є нічим іншим як оптимізованим варіантом.

Розглянемо схему із використанням чотирьох сенсорів, що зображена на рис. 7. Встановлюючи сенсори вертикально, або із використанням поєднаних приймача та передатчика, маємо 120 градусів охоплення, з мінімумом сліпих зон, та достатнім кутом бокової фіксації обєктів.

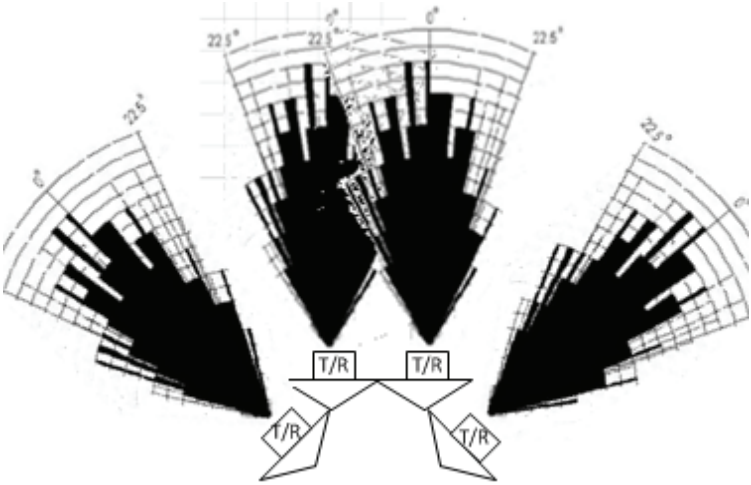


Рис. 7 – Випукла схема з чотирьох сенсорів

Висновки

В результаті проведеного дослідження було виявлено, що раціонально розташовані сенсори, незалежно від кількості, можуть формувати робочу зону з мінімальними сліпими зонами, в яких об’єкт не буде зафіксовано. Втім, кількість сенсорів значним чинов впливають на сумарний кут, на якому сенсори будуть ефективно працювати.

Спосіб розташування сенсорів також має значення – вертикально розташовані сенсори демонструють кращі результати, ніж аналогічні, розташовані горизонтально. Також виявлено, що сенсори з поєднаними приймачем та передавачем ефективніші за сенсори з тими самими параметрами, але з відстанню між пріймачем та передавачем.

УДК 004.78 (043.2)

Є.Б. Артамонов, доцент (НАУ, Україна, Київ)
А.О. Длужевський, студент (НАУ, Україна, Київ)

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОГРАМНИХ ШЛЯХІВ ОПТИМІЗАЦІЇ РОБОТИ АПАРАТНО ОБЧИСЛЮВАЛЬНОЇ ПЛАТФОРМИ ARDUINO

Розглянуті методи роботи з портами вводу-виводу Arduino. Проведено дослідження шляхів оптимізації використання процесорного часу мікроконтролеру. Наведено приклади та результати використання даних методів роботи з портами апаратно обчислювальної платформи Arduino.

Увесь світ зараз стрімко комп'ютеризується та автоматизується. Те, що якихось десять років тому виглядало фантастикою нині широко використовується масами. Електронні пристрої повсюди. Вони стали невід'ємною частиною нашого життя, нашими помічниками.

Напрям автоматизації підтримується відомими компаніями, які пропонують готові платформи як для невеликих аматорських так і для серйозних комерційних проектів. В цій статті якраз мовиться про одну з таких платформ, а саме — Arduino.

Будь-який готовий варіант є своєрідною основою, базою для створення власного продукту. В більшості випадків обчислювальних потужностей платформи вистачає для потреб проекту, проте досить часто виникає необхідність підвищити потужності для задоволення потреб цього проекту або поліпшення робочих характеристик кінцевого продукту.

Мета моєї роботи полягає в дослідженні шляхів підвищення продуктивності роботи платформи Arduino для подальшого використання на практиці.

Експеримент №1. Розпочнімо роботу з невеликого експерименту, суть якого полягає в подачі високого та низького логічного рівня на один з портів мікроконтролера та проведенні заміру часу операції. Нижче наводжу лістинг коду цієї програми, написаного в середовищі Arduino:

```
   void setup()
   {
   pinMode(13,OUTPUT);//Налаштування піну 13 як ви-
ходу
   }
   void loop()   //Утворення нескінченного циклу
   {
   digitalWrite(13,HIGH);//Подача високого рівня
   digitalWrite(13,LOW);// Подача низького рівня
   }
```

Розмір скомпільованого коду — 680 байт. Тепер запустимо цей код на платі Arduino і дослідимо загальний вигляд вихідного сигналу, час витрачений на запис низького та високого рівнів а також частоту з якою відбувається даний цикл. Форму вихідного сигналу, що з'явився під час виконання програми ми можемо бачити на екрані осцилографу (Рис 1.)

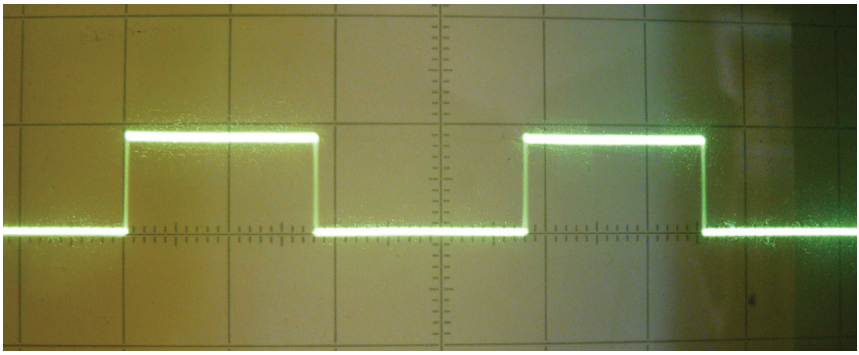


Рис 1. Ціна поділки: 2 мікросекунди (вісь абсцис), 5 вольт (вісь ординат)

Як видно на зображені (Рис 1.) мікроконтролер витрачає 3.6 мікросекунди на подачу низького рівня та 4 мікросекунди на подачу високого рівня. Одна ітерація роботи програми займає 7.6 мікросекунди процесорного часу. Тобто ми отримали трапецевидний сигнал з періодом в 3.8 мікросекунди.

Експеримент №2. Тепер перепишемо наш код, замінивши функції з бібліотеки Arduino на пряме звернення до регістру порту вводу-виводу. Теоретично, це мусить зменшити час, який витрачається мікроконтролером виконання на лістинг коду:

```
void setup()
{
DDRB=0xFF;      //Налаштування порту B як виходу
}
void loop()    //Утворення нескінченного циклу
{
PORTB=0B00100000;//Подача високого рівня
PORTB=0B00000000;// Подача низького рівня
}
```

Скомпільований код займає 342 байти пам’яті. Запускаємо та дивимось, що з цього вийшло.

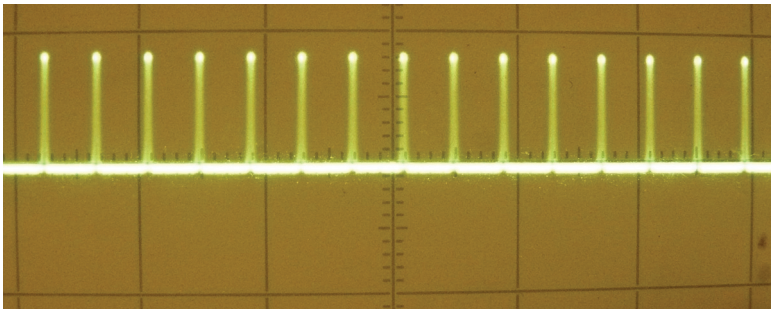


Рис. 2 (а). Ціна поділки: 2 мікросекунди (вісь абсцис), 5 вольт (вісь ординат)

Як бачимо, час дії подачі сигналу суттєво скоротився (Рис. 2 (а)), як наслідок скоротився і час, необхідний для виконання однієї ітерації роботи програми. Змінимо розгортку екрану та виміряємо час, який витрачає мікроконтролер на один цикл програми.

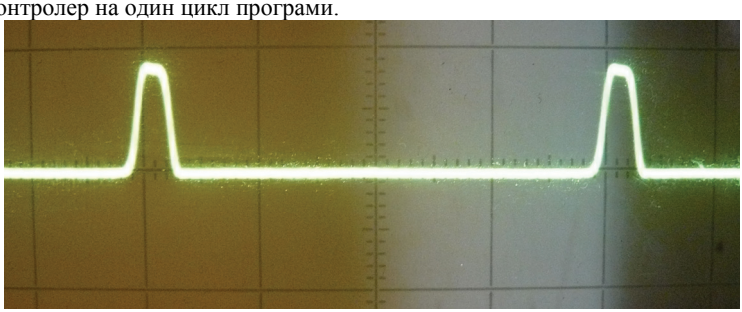


Рис.2 (б). Ціна поділки: 0,2 мікросекунди (вісь абсцис), 5 вольт (вісь ординат)

Як видно з Рис.2 (б), мікроконтролер витрачає 0,8 мікросекунд на виконання однієї ітерації програми.

Експеримент №3. Тепер напишемо той самий код, суто для порівняння, в середовищі розробки програмного забезпечення для AVR контролерів — AVR Studio від компанії Atmel. Виглядає він ось так:

```
#include <avr/io.h>
int main(void)
{
DDRB=0xFF; // set port as an output
while (1)
{
  PORTB=0b00100000;
  PORTB=0b00000000;
}
return 0;
}
```

Сам код майже не відрізняється від попереднього, але скомпільований файл має розмір 222 байти. Подивимось на осцилограму.

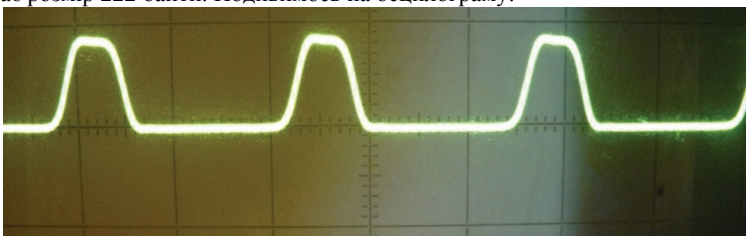


Рис.3 Ціна поділки: 0,1 мікросекунди (вісь абсцис), 5 вольт (вісь ординат)

Для проходу одного циклу цього коду, мікроконтролер витрачає лише 0,23 мікросекунди.

Обчислимо частоту вихідних сигналів для кожного тесту та складемо порівняльну таблицю.

Частота обчислюється за формулою:

$f = \frac{1}{T}$, де f — частота (Гц), T — Період коливань (с);

Порівняння результатів

Табл. 1

№ експерименту	Ціна поділки, μс/поділку	Період, поділок	Частота, Гц
1	2	3,8	131 578,95
2	0,2	4,1	1 219 512,20
3	0,1	2,3	4 347 826,09

Таблиця демонструє, що пряме звертання до регістрів портів вводу-виводу набагато ефективніше, ніж використання стандартних функцій середовища Arduino для маніпулювання виводом сигналу. Завдяки прямому зверненню до регістрів портів, витрачається менше процесорного часу, тож за один і той самий часовий інтервал стає можливим виконання більшої кількості команд. Окрім цього розмір скомпільованого коду також суттєво зменшується. Експеримент №2 демонструє більшу швидкість в 9.3 разів в порівнянні з Експериментом №1.

Слід зауважити, що час, необхідний для переведення логічного рівня сигналу з низького на високий та навпаки, залишається сталим в кожному експерименті і не повинен змінюватися, адже це залежить лише від напівпровідникових властивостей елементарних компонентів інтегральної плати мікроконтролеру.

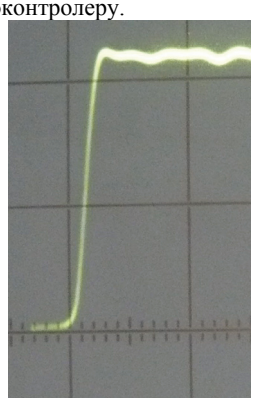


Рис. 4(а) Фронт при Експерименті №1

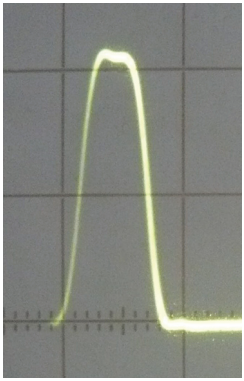


Рис. 4(б) Фронт при Експерименті №2

Ціна поділки: 0,1 мікросекунди (вісь абсцис), 2 вольта (вісь ординат)

Рис. 4(а) та Рис. 4(б) демонструють, що високий логічний рівень набувається приблизно за 2 наносекунди в експериментах №1 та №2.

Висновки

Оптимізація роботи апаратної обчислювальної платформи Arduino можливе завдяки раціоналізації використання процесорного часу мікроконтролера, що досягається шляхом прямого звернення до регістрів мікроконтролера, як портів вводу-виводу так і регістрів загального призначення. Таким самим чином можна переписати і інші функції стандартних бібліотек Arduino (наприклад функції цифрового та аналогового зчитування сигналів, Широтно-імпульсної модуляції тощо). На досліді продемонстровано підвищення швидкості роботи з портами вводу-виводу в 9,3 рази.

За тенденцією всіх готових рішень, Arduino має свої сильні та слабкі сторони. За зручність у програмуванні доводиться платити швидкістю виконання та розміром скомпільованих програм. Проте гнучкість цієї платформи дає змогу пристосовувати її до потреб системи та надає широке поле для творчості під час роботи з цією платформою.

УДК 004.78 (043.2)

А.Б. Коцюр, М.С. Савченко
(Національний авіаційний університет, Україна, Київ)

АНАЛІЗ ВИКОРИСТАННЯ КОМП'ЮТЕРНИХ ТЕХНОЛОГІЙ В ОСВІТІ

Інформатизація освіти і науки стає все більш обширною у XXI столітті. Для цього використовується комп'ютерна техніка, яка стала невід'ємною частиною навчання і життя. Але проблема сприймання та використання інформації існує як в освіті так і у звичайному житті.

Вступ

Зростання різних технологічних винаходів значно прискорю науково-технічний прогрес. Це допомагає у застосуванні під час навчання автоматизованих систем управління, роботів і пристроїв програмного управління. Таким чином перед сучасною педагогами постає важливе завдання - підготувати та виховати підростаюче покоління, яке буде здатне включитися в новий етап розвитку сучасного суспільства, пов'язаний з інформатизацією.

Інформатизація суспільства – це процес, який є особливим своїм домінуючим видом розвитку в сфері суспільного виробництва. На даному етапі розвитку суспільства найбільш вживаним стають комп'ютерні технології, які виступають одним з інструментів пізнання. В наш час дуже складно уявити своє життя без комп'ютера або ноутбука. З кожним роком кількість такої техніки зростає і поліпшується у вищих навчальних закладах, що дає змогу отримувати належні знання.

Необхідно не забувати, що головним завданням освітніх закладів є підготовка фахівця, який вільно буде орієнтуватися у світовому інформаційному просторі, мати знання для обробки та зберіганням інформації з використанням комп'ютерної техніки. Зараз більш частіше можна зустріти розмови вчених і педагогів про інформатизацію освіти, як послідовний процес соціально-педагогічних перетворень. Ці перетворення зв'язані з потребою освітніх систем новою інформаційною продукцією, засобами та технологією, впровадженням в навчально-виховні заклади інформаційних засобів.

Для того щоб виховати справжнього фахівця, який буде обожнювати те що він робить, необхідно створити належну базу знань або базу інформації, яка допоможе це зробити. Але з цим у вищій освіті існують певні проблеми – немає належних засобів інформації для розвитку фахівців. Звичайно для рішення цієї проблеми необхідні деякі кошти і сили, але все це можна організувати та здійснити. Було б тільки бажання!

Проблема використання інформаційних технологій в освіті

З появою інформаційних технологій можна прослідкувати певні зміни, що внесли в систему освіти появу нововведень, що дійсно можуть розцінюватись як основний засіб її інноваційного розвитку. Саме поняття «інформаційні технології» - це невеличка система методів засвоєння певних знань і способів діяльності на основі взаємодії викладача зі студентом та засобами інформацій-

но-комунікативних технологій, спрямованих на досягнення результату навчального процесу. Даний термін пов'язується з використанням електронно-обчислювальних підрозділів у поєднанні з різноманітними "периферійними" пристроями - дисплей, принтер, сканер, прилади для перетворення даних з графічної та звукової форм подачі інформації в числову і навпаки тощо.

Сучасні освітні технології зумовлені трьома основними розділами технічного розвитку:

- ✓ комп'ютерною технікою;
- ✓ інформаційними мережами;
- ✓ мультимедійними засобами.

Але ці розділи спрямовані лише на людину і покликані допомагати її розвиткові.

Як вже було сказано значна увага нині стала приділятися і впровадженню інформаційних технологій в освітній процес, розгортанню системи освіти на підставі використання найсучасніших інформаційних технологій.

З появою комп'ютерів людству необхідно було обмінюватись певною інформацією не відходячи від робочого місця. Завдяки цьому було винайдено глобальну мережу Інтернет, що є однією з технологічних інновацій і невід'ємною частиною життя і навчання. Саме в цій інформаційній мережі можна знайти і внести будь-яку інформацію. Але найбільшою проблемою для студентів є саме пошук необхідної інформації в мережі.

Дуже часто перед студентами постає проблема розуміння ступеню необхідності інформації та можливостей її застосування, адже, пошук та відбір необхідної інформації у мережі та оцінка її якості здебільше стає саме обов'язковим предметом навчання в рамках навчальної програми. Не завжди знайдена інформація стане у пригоді на лекціях та семінарах, бо та література, якою користується викладач і студент дуже відрізняється. Для вирішення цієї проблеми необхідно мати навчальні програми, які б відповідали високим педагогічним вимогам. Проблема відсутності певної бази інформації та даних робить навчання не досить коректним та корисним.

Проблема використання інформаційних технологій – це пошук, відбір і застосування дійсно цінної інформації з нескінченного інформаційного потоку, тобто отримання знань з інформації, орієнтуватися в інформаційному середовищі, яке швидко розширюється.

Необхідність розвитку навчальних програм у освітніх закладах

В умовах становлення інформаційного суспільства невід'ємною складовою впровадження в інформаційні освітні технології є інформаційні мережі. Їх використання дозволяє людині отримувати доступ до різних джерел інформації і баз знань, спілкуватися з колегами, фахівцями, викладачами, які працюють у інших сферах. Також це дає можливість брати участь в електронних конференціях, отримувати інформацію з інших регіонів, мати доступ до електронних архівів програмного забезпечення для персональних комп'ютерів тощо. Але це здебільшого збіднює живе спілкування, яке виявляється опосередкованим комп'ютерною технікою.

Для кожного освітнього закладу важливо виховати здібного фахівця за його спеціальністю. Але здебільшого пошук додаткової інформації студент повинен вміти робити самостійно. Найпоширеніше місце до якого він буде звертатись це саме інформаційна мережа – Інтернет. Але в ній дуже складно знайти саме потрібну і важливі дані.

На мою думку найбільшою проблемою вищих навчальних закладів є нестача потрібних електронних підручників та тестів для перевірки знань. Звичайно ми будемо звертатись до бібліотек, що прочитати і знайти ту інформацію, яка нам знадобиться. Але навіть бібліотеки перейшли на електронні портали для більш полегшеного пошуку книг.

Більше часу студенти навчаються самостійно, готуючись до семінарів, або шукаючи цікаву для них інформацію. Тож з переходом до комп'ютерної техніки необхідно створити хоча б початкову електронну базу для підвищення кваліфікації студентів та викладачів.

Засоби та способи покращення технології навчання

Для студентів авіаційних та неавіаційних спеціальностей є можливість використовувати мультимедійні засоби як в університеті так і вдома. Сам термін «Multimedia» - як відомо, латинського походження – multum - багато і media, medium - осереддя; кошти – електронний носій інформації, який включає декілька її видів (текст, зображення, анімація та ін.) Під час навчання це може бути мультимедійні дошки, комп'ютери тощо. Але якщо студент хоче сам пізнати якийсь новий предмет, або прослухати лекцію на цікаву тему, то він використовує мережу Інтернет. В наш час існує багато сайтів, які є цікавими і корисними для навчання.

Так як освіта стає більш комп'ютеризованою і електронною, хочеться звернути увагу на такі можливі засоби навчання як мультимедійні та електронні підручники. Це ще один зі способів отримати знання, що забезпечують високий рівень професійної кваліфікації, та ще й самостійно. Дані підручники можна прочитати за допомогою електронних носіїв. У ньому можуть бути використані окрім зображення та тексту ще музика, або відео файл. Мультимедійні підручники активно використовується в середній та середньопрофесійній школах, але у вищій освіті вони не отримали належної популярності. На мою думку, у вищій школі не достатньо активно застосовується даний метод навчання, але це необхідно змінити найближчим часом. Адже завдяки саме мультимедійним підручникам студент може перевірити рівень засвоєних знань самостійно.

Важливими властивостями електронних підручників є:

- ✓ наочність представлення матеріалу (технологія мультимедійних гіперпосилань, які можуть бути зроблені на документи, які використовують колір, ілюстрації, відео, звук і т.д.)
- ✓ швидкий зворотній зв'язок (вбудовані тест-системи забезпечують миттєвий контроль за засвоєнням матеріалу; інтерактивний режим дозволяє студентам самим контролювати швидкість проходження навчального матеріалу);

✓ можливість регулярного коригування підручника по мірі появи нових даних (електронний підручник розташовується в одному, певному місці віртуального простору, доступ до якого мають мільйони людей; для того щоб додати або виправити що-небудь, достатньо внести зміни в один файл, і завтра мільйони людей будуть мати відредаговану версію старого підручника).

Зі сказаного вище можна зробити висновок про те що використання таких підручників для навчання у вищих навчальних закладах для всіх спеціальностей є дуже корисним. І це дало б змогу підвищити рівень фахівців.

Звичайно існує багато людей, які або хочуть отримати додаткові знання, або не можуть за станом здоров'я навчатись у звичайних вузах. Для таких людей стає популярним дистанційне навчання. Для даного навчання використовуються дистанційні курси. В основі будь-якого подібного курсу знаходиться, як правило, електронний підручник, що дає можливість учнем отримати необхідний обсяг навчальної інформації, а також пропонує довідкові матеріали, різноманітні тести для самоконтролю, списки рекомендованої літератури та посилання на тематичні ресурси Інтернет і т. д. Таке навчання можливе вже майже в усіх областях нашої країни, було б тільки бажання, а час завжди знайдеться.

Ще дуже цікавим тренажером для навчання є авіа симулятор. Авіасимулятор – це жанр відеогри, який може симулювати літальний апарат будь-якого типу. Таким симулятор призначений для професійної підготовки льотчиків, тож ще одна його назва це авіаційний тренажер. Але мені здається що використання такого симулятора є цікавим для кожного, хто мріяв спробувати політати не відходячи від дому або робочого місця. У мережі Інтернет можна знайти багато таких сайтів, які перенесуть вас у небо, навіть можна скачати безкоштовну гру.

Звичайно можна знайти багато способів навчання та тренажерів для покращення кваліфікації, але б хотілося щоб це було більш систематизовано у навчанні. Необхідно створити певні умови для виховання фахівця кожної спеціальності, щоб студент знав де шукати інформацію і як покращити свої знання. Для того щоб поліпшити ефективність навчання необхідно створити для кожної спеціальності певний набір електронних підручників. По-перше це поліпшить успішність – кожний студент зможе шукати саме потрібну для нього і предмету інформацію. По-друге це зменшить проблему сприймання та запам'ятовування інформації.

Для збільшення ефективності використання електронних підручників необхідно додати до їх змісту тренувальні мультимедійні тести та завдання, які б показували на скільки студент орієнтується у вивченому матеріалі. Саме такий вид тестів збільшить використання та зацікавленість до таких підручників. Якщо даний тест показав незадовільний бал, то треба зробити так, щоб одразу студенту було показано які теми необхідно вивчити ще раз.

Висновок

Ще до появи новітніх комп'ютерних і інформаційних технологій експерти провівши деякі досліди та експерименти знайшли залежність між мето-

дом засвоєння матеріалу та здатністю відтворити інформацію через деякий час після. З їх дослідів були зроблені висновки:

- ✓ Якщо інформація для засвоєння була звуковою, то людина запам'ятовувала близько 1/4 її об'єму
- ✓ Якщо інформацію можна було прослідкувати візуально - близько 1/3
- ✓ Якщо обєднати ці два методи, то інформація сприймається і засвоюється на половину.
- ✓ А ось якщо людина залучається до активних дій, в процесі вивчення та засвоєння, то запам'ятовування підвищувалось до 75%.

І дійсно так і є, адже для того щоб запам'ятати те що сказав викладач на лекції мало прослухати інформацію та записати її. Необхідно не тільки накопичувати інформацію, але й коригувати, записувати та використовувати знання кожного дня.

Хочеться сподіватись, що людство не буде зупинятись на проектах для покращення якості знань. Адже для себе ми робимо зажди щось потрібне і необхідне. А проблему з електронними підручниками необхідно вирішувати найближчим часом. Адже це є дуже простим та дієвим способом отримання та перевірки знань студентів.

Як бачимо з вище сказаного використання комп'ютерної техніки в освіті має як плюси так і мінуси. Та сподіваюся, що застосування нових технологій найближчим часом ще більше розширить можливості студентів, бо росте нове покоління, яке має бути краще ніж їх попередники.

Список літератури

1. Зубов А.В., Зубова И.И. Информационные технологи в лингвистике. – М.: Академия. 2004. – 144 с.
2. Чумак М. М. Сучасні комп'ютерні технології навчання як засіб досягнення якісної освіти у процесі підготовки педагогічних кадрів// Вісник ЛНУ ім. Тараса Шевченка. – 2011. - №13 (224). – С.136-142.
3. Гончаренко М. С., Кучук Н. Г. Вплив інформаційних технологій на навчання студентів класичного університету// Вісник Харківського національного університету. – 2011. – № 978. – С.58-61.
4. «Разработка оболочки электронного учебника с мультимедийными приложениями» (http://nata-butterfly.narod.ru/Kr.htm)

UDC 004.67 (043.2)

O.M.Glazok, cand. techn. sciences (*National Aviation University, Kyiv)*

ESTIMATION OF COMPUTATIONAL WORKLOAD ON THE RESOURCES OF UNMANNED AVIATION COMPLEX IN THE PROCESS OF AERODYNAMIC PROBLEMS SOLVING

A mathematical description of the amount of data and computational operations intended for solving aerodynamic problems in real time of flight on the distributed computing resources of an unmanned aviation complex is considered. The given estimation is made for solution based on the large eddy simulation approach.

The requirements to the quality of movement of modern drones may be formulated for each of the stages and modes of flight. In accordance with the formulation of these requirements, the components of the aircraft control algorithms should also be structured. In particular, in the unsteady regimes of flight, the algorithm of finding the vector of control actions may include procedures for ongoing refinement of the aerodynamic coefficients of the object by means of solving the corresponding computational aerodynamic problems. Given the large amounts of computation when the numerical solution of such problems, it is expedient to distribute computation among onboard and ground-based computing resources. Thus, it is necessary to solve the problem of optimal distribution of computational workload, based on known characteristics of unmanned aerial vehicles piloting, such as the distant location of the operator, presence of time lags in communication channels, the probability of temporary interruptions of communication, and other factors that reduce the quality of controlling the object.

An UAC distributed computing system consists of an onboard computer (with the RAM volume $M_{op\ uav}$ [bytes], CPU speed $P_{proc\ uav}$ [operations per second] and a ground computer with the corresponding factors $M^{op\ gnd}$ [bytes], the speed of the processor $P_{proc\ gnd}$ [operations per second]. In the first approximation, the structure of ground area network and the corresponding impact of this structure on the results of solving the optimization problem can be neglected, considering that the amount of memory of the on-ground computing resources, the performance of these computing resources and the bandwidth of communications between ground nodes are significantly higher than the respective values for the UAV on-board computer and the communication channel "surface-to-air."

For formulation of the problem of information processing for the computational aero-dynamic problem in this system it is necessary to assess the amount of operations required at each step of the calculation. Let us consider solving the aerodynamic problem on the basis of the Large Eddy Simulation (LES) approach, which is a mathematical model for turbulence used in computational fluid dynamics, based on low-pass filtering. This operation is applied to the Navier-Stokes equations to eliminate small scales of the solution. This reduces the computational cost of the simulation and makes affordable the computational cost for solving practical hydro- and aerodynamic problems with complex geometry or flow configurations, such as can be met with turbulent jets, pumps and flows around vehicles. In contrast, direct

numerical simulation, which resolves every scale of the solution, is quite expensive for nearly all systems with complex geometry or flow configurations. The governing equations are thus transformed, and the solution is a filtered velocity field. The thresholds of filtering, that is, the length and time scales to be considered as "small" and to be eliminated, are selected as the compromise between the requirements of turbulence theory and available computational resources.

The calculations in the workflow of application of this method include the two basic steps:

1) calculation according to the governing equations, which are, in their essence, the partial differential equations governing the flow field $\rho\mathbf{u}(\mathbf{x},t)$.

2) filtering, which mathematically turns out into calculation of convolution integrals.

An LES filter can be applied in the spatial and/or in the temporal field, and thus perform a spatial filtering operation, a temporal filtering operation, or both these operations, correspondingly. In the general form, for an arbitrary scalar field $\varphi(\mathbf{x},t)$ determined over the space $\{\mathbf{x}\}$, the filtered field is defined as

$$\overline{\varphi}(\mathbf{x},t) = \int_{-\infty}^{\infty}\int_{-\infty}^{\infty}\varphi(\mathbf{r},t')G(\mathbf{x}-\mathbf{r},t-t')dt'd\mathbf{r} \quad , \tag{1}$$

and may be written in brief as $\overline{\varphi} = G * \varphi$, where $G(\bullet)$ is the filter convolution kernel. Using the provided filter definition, one may split any field up into a filtered and sub-filtered fractions.

For incompressible flow, the continuity equation and Navier-Stokes equations are filtered. The continuity equation may be used in the differential or in the integral form [1]:

$$\frac{\partial\rho}{\partial t} + \nabla\,\mathbf{j} = \sigma \quad ; \quad \frac{dq}{dt} + \oiint_S \mathbf{j}\,dS = \Sigma \quad ,$$

where: ρ is the volume density of the fluid, calculated as the amount of the mass of the fluid q per unit volume V;

q is the total amount of the fluid in the volume V; $q = \iiint_V \rho\,dV$;

$\mathbf{j}$ is the flux of q (a vector function which describes the flow of q per unit area and per unit time);

σ is the generation of the matter per unit volume per unit time. Terms $\sigma > 0$ reflect mass generation (production or income) and referred to as "sources"; terms $\sigma < 0$ reflect mass absorption (disappearing, or removal) and referred to as "sinks";

$\oiint_S \bullet\, dS$ denotes a surface integral over a closed surface S that encloses volume V;

Σ is the total income (if positive, in the case of generation) or loss (if negative, in the case of removal) of matter per unit time due to the sources' and sinks' activity in the volume V; $\Sigma = \iiint_V \sigma\,dV$;

∇ denotes divergence;

t is time.

The filtered continuity equation and the filtered Navier-Stokes equations for the incompressible case have the forms:

$$\frac{\partial \overline{u}_i}{\partial x_i} = 0 \; ; \tag{2}$$

$$\frac{\partial \overline{u}_i}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x_i}\left(\overline{u_i\, u_j}\right) = -\frac{1}{\rho}\frac{\partial \overline{p}}{\partial x_i} + \nu \frac{\partial}{\partial x_j}\left(\frac{\partial \overline{u}_i}{\partial x_j} + \frac{\partial \overline{u}_j}{\partial x_i}\right) = -\frac{1}{\rho}\frac{\partial \overline{p}}{\partial x_i} + 2\nu \frac{\partial}{\partial x_j} S_{ij} \; , \tag{3}$$

where $\overline{p}$ is the filtered pressure field, ν is viscosity, and S_{ij} is the rate-of-strain tensor.

The nonlinear filtered advection term $\overline{u_i\, u_j}$ is the main cause of difficulty in LES modeling. Its evaluation requires knowledge of the unfiltered velocity field, which is unknown, so it must be modeled [2]. In addition, the nonlinearity of the problem leads to interaction between large and small scales, thus preventing separation of scales. The filtered advection term can be split up as:

$$\overline{u_i\, u_j} = \tau_{ij}^{\gamma} + \overline{u}_i\, \overline{u}_i \; , \tag{4}$$

so that the filtered Navier-Stokes equations (3) get the form

$$\frac{\partial u_i}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x_i}\left(\overline{u}_i \overline{u}_j\right) = -\frac{1}{\rho}\frac{\partial \overline{p}}{\partial x_i} + 2\nu \frac{\partial}{\partial x_j}\overline{S}_{ij} - \frac{\partial \tau_{ij}^{\gamma}}{\partial x_j} \quad , \tag{5}$$

where τ_{ij}^{γ} is the residual stress tensor, which includes all unclosed terms. This stress tensor may be decomposed as

$$\tau_{ij}^{\gamma} = L_{ij} + C_{ij} + R_{ij} \quad , \tag{6}$$

where L_{ij} (referred to as the Leonard tensor) represents interactions among large scales; R_{ij} (referred to as the Reynolds stress-like term) represents interactions among the sub-filter scales (SFS), and C_{ij} (referred to as the Clark tensor) represents cross-scale interactions between large and small scales [3].

For the governing equations of compressible flow, one should take into account and also filter the equation that describes the conservation of mass. In order to avoid necessity to model the sub-filter scales associated to the mass conservation equation, the Favre density-weighted filtering operation, or Favre filtering, was proposed [4]. This type of filtering is defined for an arbitrary quantity φ as $\widetilde{\varphi} = \overline{\rho\varphi}/\overline{\rho}$, which, in the limit of incompressibility, becomes the ordinary filtering operation.

The Favre-filtered momentum equation for compressible flow gets the following form [5]:

$$\frac{\partial \overline{\rho}\widetilde{u}_i}{\partial t} + \frac{\partial \overline{\rho}\widetilde{u}_i\widetilde{u}_j}{\partial x_j} + \frac{\partial \overline{p}}{\partial x_i} - \frac{\partial \overline{\sigma}_{ij}}{\partial x_j} = \frac{\partial \overline{\rho}\,\tau_{ij}^{\gamma}}{\partial x_j} + \frac{\partial}{\partial x_j}\left(\overline{\sigma}_{ij} - \widetilde{\sigma}_{ij}\right) \; , \tag{7}$$

where σ_{ij} is the shear stress tensor; for Newtonian fluids

$$\sigma_{ij} = 2\mu(T) S_{ij} - \frac{2}{3}\mu(T)\delta_{ij} S_{kk} \; .$$

For each step (e.g. for each iteration) of solving the problem in accordance with the enumerated equations, the amounts of data and calculations may be estimated as provided in the Table 1. (Supposed the 3-dimentional problem, the fineness of integration is L, the tensor representing the $\mathbf{u}(\bullet)$ field consisting of N numerical components.)

Table 1

Estimations for the amounts of data and calculations

Equation No.	Data volume	Amount of calculations
(1)	Not less than N	Order of the $(N \cdot L)^3$
(2)	N	Not less than $3N$
(4)	$2N$	Not less than $2^3 \cdot N$
(5)	$4N$	$9 \cdot 12N$
(6)	$4 \cdot 3N$	Not less than $9 \cdot 3N$
(7)	$4 \cdot 9N$	$9 \cdot 17N$

Conclusions

1. An estimation of the amount of computational operations intended for solving aerodynamic problems in real time of flight of an unmanned aviation complex is proposed. The used model supposes using the Large Eddy Simulation approach. Some estimations are obtained in the form «not less than», because the corresponding equations include the terms that need additional evaluation, which may be done in various ways. These ways differ in the mathematical approaches and, respectively, in required computational resources.

2. The possible directions of the further research may include numerical modeling, accounting for the features of an on-ground computing structure, application of the methods of the theory of mass service (queueing theory).

References

1. Constantin P. Mathematical Foundation of Turbulent Viscous Flows /Peter Constantin, Giovanni Gallavotti, Alexander V. Kazhikov, Yves Meyer, Seiji Ukai. – Springer: 2003. – 253 p.

2. Leonard A. Energy Cascade in Large-Eddy Simulations of Turbulent Fluid Flows /A. Leonard. //Advances in Geophysics. – 1974. – Volume 18. – P. 237–248.

3. Constantin P. Numerical study of the Eulerian-Lagrangian formulation of the Navier-Stokes equations /K. Ohkitani, Peter Constantin. – Physics of Fluids. – 2003. – Volume 15-10. – Pp 3251-3254.

4. Favre A. Turbulence: space-time statistical properties and behavior in supersonic flows /Alexander Favre //Physics of Fluids. – 1983. – Volume 23 (10). – P. 2851–2863.

5. Vreman A. Subgrid-modeling in large-eddy simulation of complex flows/ A.W.Vreman. //Progress in Turbulence II [Eds. M. Oberlack et al.] – Springer, Heidelberg: 2007. – Pp. 301-304.

UDC 004.78 (043.2)

Mohammad Nouri Duraid
(National Aviation University, Ukrain, Kiev)

ANALYSIS OF METHOD DEFENDS FROM DDOS ATTACK

In the article discusses methods for detecting and combating DDoS (Distributed Denial of Service) attacks.

A typical DDoS attack consists of amassing a large number of compromised hosts to send useless packets to jam a victim or its Internet connection or both.

Internet has become the infrastructure of the modern society. The Internet architecture focuses on functionality and not the security. Inexperienced users leave their systems vulnerable to compromise. For example, using the vendor supplied default passwords, leaving auto-configure features in default settings, turning off firewalls, etc. makes it easy to gain root or administrator access.

And also very important here to guarding the net work by opening the firewalls with optimal plan by safely way to prevent Attack from another sites or hackers to avoid loss the important data in our Computers.

Distributed Denial of Service (DDoS) uses DoS as the basic building block. The main difference between DoS and DDoS attacks lies in its scale of attack and operation mode. This paper aims to provide an understanding of the existing

Attack methods: tools and defense mechanisms, so that a better understanding of DDoS attacks can be achieved. The goal of the paper is to simulate an environment by extending NS2, setting attacking topology and traffic, which can be used to evaluate and compare the methods of DDoS attacks and tools. Based on the simulation and evaluation results, more efficient and effective algorithms, techniques and procedures to combat these attacks may be developed.

Key words: DDoS, attack methods, tools, defenses and simulation

One common method of attack involves saturating the target machine with external communications requests, so much so that it cannot respond to legitimate traffic or responds so slowly as to be rendered essentially unavailable. Such attacks usually lead to a server overload. In general terms, DoS attacks are implemented by either forcing the targeted computers to reset, or consuming its resources so that it can no longer provide its intended service or obstructing the communication media between the intended users and the victim so that they can no longer communicate adequately.

Denial-of-service attacks are considered violations of the Internet Architecture Board's Internet proper use policy, and also violate the acceptable use policies of virtually all Internet service providers.

They also commonly constitute violations of the laws of individual nations.

The following are some proposed countermeasures that could apply to packet floods and congestion control exploits to detect, prevent, or counter attacks; a single defense could embody several mechanisms.

1. Path isolation – routers mark, sample or record packets to isolate traffic paths.

Path information can be used to deploy filters on the path, or to perform fair sharing of resources.

2. Privileged customer – some customers obtain "passes" that allow privileged access to the critical resource, in form of capabilities, authorization to enter a dedicated overlay, knowledge of the server's identity, etc.

A defense prioritizes traffic with "passes."

3. Traffic base lining – many traffic parameters are observed over time to learn their valid value ranges. During attacks, some parameter values will exceed their predicted range, which can be used to devise fine-grain filters or to isolate attack packets.

4. Resource multiplication – distributed resources are deployed (statically or dynamically) to sustain large attacks.

5. Legitimate traffic inflation – legitimate traffic is multiplied to enhance its Chances to win in the fight for the limited resource.

On the passive side, protect hosts from master and agent implants by using signatures and scanning procedures to detect them (essentially an IDS strategy).

Monitor network traffic for known attack messages sent between attackers and masters.

On the active side, employ cyber-informants and cyber-spies to intercept attack plans (e.g., a group of cooperating agents).

This line of defense alone is inadequate.

An after-the-fact response.

IP Trace back: Identifying actual source of packet without relying on source information.

– Routers can record information they have seen.

– Routers can send additional information about seen packets to their destinations.

– Infeasible to use IP Trace back.

– Cannot always trace packets' origins. (NATs and Firewalls!)

– IP Traceback also ineffective in reflector attacks.

– Nevertheless, it is at least a good idea and is helpful for post-attack law enforcement.

Performing DoS-attacks

A wide array of programs are used to launch DoS-attacks. Most of these programs are completely focused on performing DoS-attacks, while others are also true Packet injectors, thus able to perform other tasks as well. Such tools are intended for benign use, but they can also be utilized in launching attacks on victim networks.

Handling

Defensive responses to Denial of Service attacks typically involves the use of a combination of attack detection, traffic classification and response tools, aiming to block traffic that they identify as illegitimate and allow traffic that they identify as legitimate. A list of prevention and response tools is provided below:

Firewalls

Firewalls can be set up to have simple rules such to allow or deny protocols, ports or IP addresses. In the case of a simple attack coming from a small number of

unusual IP addresses for instance, one could put up a simple rule to drop all incoming traffic from those attackers.

More complex attacks will however be hard to block with simple rules: for example, if there is an ongoing attack on port 80 (web service), it is not possible to drop all incoming traffic on this port because doing so will prevent the server from serving legitimate traffic. Additionally, firewalls may be too deep in the network hierarchy. Routers may be affected before the traffic gets to the firewall. Nonetheless, firewalls can effectively prevent users from launching simple flooding type attacks from machines behind the firewall. Some stateful firewalls, like OpenBSD's pf packet filter, can act as a proxy for connections: the handshake is validated (with the client) instead of simply forwarding the packet to the destination. It is available for other BSDs as well. In that context, it is called "synproxy".

Switches

Most switches have some rate-limiting and ACL capability. Some switches provide automatic and/or system-wide rate limiting, traffic shaping, delayed binding (TCP splicing), deep packet inspection and Bogon filtering (bogus IP filtering) to detect and remediate denial of service attacks through automatic rate filtering and WAN Link failover and balancing.

These schemes will work as long as the DoS attacks are something that can be prevented by using them. For example SYN flood can be prevented using delayed binding or TCP splicing. Similarly content based DoS may be prevented using deep packet inspection. Attacks originating from dark addresses or going to dark addresses can be prevented using Bogon filtering. Automatic rate filtering can work as long as you have set rate-thresholds correctly and granularly. Wan-link failover will work as long as both links have DoS/DDoS prevention mechanism.

Routers

Similar to switches, routers have some rate-limiting and ACL capability. They, too, are manually set. Most routers can be easily overwhelmed under a DoS attack. Cisco IOS has features that prevent flooding, i.e. example settings.

Application front end hardware

Application front end hardware is intelligent hardware placed on the network before traffic reaches the servers. It can be used on networks in conjunction with routers and switches. Application front end hardware analyzes data packets as they enter the system, and then identifies them as priority, regular, or dangerous. There are more than 25 bandwidth management vendors.

IPS based prevention

Intrusion-prevention systems (IPS) are effective if the attacks have signatures associated with them. However, the trend among the attacks is to have legitimate content but bad intent. Intrusion-prevention systems which work on content recognition cannot block behavior-based DoS attacks.

An ASIC based IPS may detect and block denial of service attacks because they have the processing power and the granularity to analyze the attacks and act like a circuit breaker in an automated way.

A rate-based IPS (RBIPS) must analyze traffic granularly and continuously monitor the traffic pattern and determine if there is traffic anomaly. It must let the legitimate traffic flow while blocking the DoS attack traffic.

DDS based defense

More focused on the problem than IPS, a DoS Defense System (DDS) is able to block connection-based DoS attacks and those with legitimate content but bad intent. A DDS can also address both protocol attacks (such as Teardrop and Ping of death) and rate-based attacks (such as ICMP floods and SYN floods).

Like IPS, a purpose-built system, such as the well-known Radware DefensePro, can detect and block denial of service attacks at much nearer line speed than a software based system.

Blackholing and sinkholing

With blackholing, all the traffic to the attacked DNS or IP address is sent to a "black hole" (null interface or a non-existent server). To be more efficient and avoid affecting network connectivity, it can be managed by the ISP.

Sinkholing routes traffic to a valid IP address which analyzes traffic and rejects bad packets. Sinkholing is not efficient for most severe attacks.

Clean pipes

All traffic is passed through a "cleaning center" or a "scrubbing center" via various methods such as proxies, tunnels or even direct circuits, which separates "bad" traffic (DDoS and also other common internet attacks) and only sends good traffic beyond to the server. The provider needs central connectivity to the Internet to manage this kind of service unless they happen to be located within the same facility as the "cleaning center" or "scrubbing center".

Conclusion

Internet has not significantly changed in recent years. Network resources remain limited and susceptible to consumption attacks, and systems still contain vulnerabilities, new and old, that either remain un-patched or are patched in a less than timely manner. Internet management is distributed, and each network is run.

Attack Detection and Filtering by two phases:

1- DDoS Attack Detection: Identifying DDoS attack packets.

2-Attack Packet Filtering: Classifying those packets and dropping them. (Overall performance depends on effectiveness of both phases.)

Effectiveness of Detection:

a) FPR (False Positive Ratio): No. of false positives/Total number of confirmed normal packets

b) FNR (False Negative Ratio): No. of false negatives/Total number of confirmed attack packets

And must be know that both metrics should be low!

References

1. Shabtai, A.; Fledel, Y.; Kanonov, U.; Elovici, Y.; Dolev, S.; Glezer, C. (March–April 2010). "Google Android: A Comprehensive Security Assessment". IEEE Security & Privacy Magazine 8 (2): 35–44. doi:10.1109/MSP.2010.2

2. "DDoS: A Threat That's More Common Than You Think". Tatacommunications.com. 2011-09-07.

УДК 62.50 (043.2)

О.М. Глазок, канд. техн. наук (Національний авіаційний університет, м.Київ)

БЛОК ЧИСЕЛЬНОГО МОДЕЛЮВАННЯ АЕРОДИНАМІЧНИХ ПРОЦЕСІВ У СКЛАДІ БОРТОВОЇ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ЛІТАЛЬНИМ АПАРАТОМ

Розглядаються вимоги до системи керування сучасним літальним апаратом. Для підвищення якості керування запропоновано включити в склад авіаційного комплексу модуль чисельного моделювання аеродинамічних процесів та пов'язаний з ним модуль ідентифікації.

Створення сучасних літальних апаратів (ЛА) є процесом, який концептуально розуміється як створення авіаційних комплексів. Зокрема, для безпілотних ЛА створюються системи, що отримали назву безпілотних авіаційних комплексів (БАК). Такі системи включають в себе, поряд з бортовими компонентами, і цілий ряд елементів наземного базування – програмне та апаратне забезпечення, інфраструктуру, відповідні людські ресурси та інше.

У звуженому сенсі цього слова, під задачею синтезом закону керування можемо розуміти завдання вибору і розрахунку характеристик керуючих і коригуючих пристроїв (регулятора, управляючої частини системи), які б забезпечили задані статичні і динамічні властивості системи управління.

При цьому передбачається, що основні функціональні елементи (датчики, вимірювальні пристрої, виконавчі механізми і так далі) вже вибрані для конкретного об'єкту управління з урахуванням вимог технічного завдання і утворюють задану (незмінну) частину системи.Традиційно задачі синтезу прийнято вважати більш складними і менш вивченими в порівнянні із завданнями аналізу. Причини такого становища викликані цілим рядом обставин; перш за все, вибір бажаних статичних і динамічних характеристик БСАУ є неоднозначним і пов'язаний з певним ступенем свободи.

В технічному завданні завжди наводиться конкретний набір вимог до характеристик системи, що має бути синтезована. Так, системи управління ЛА повинні бути стійкими у всьому діапазоні зміни умов польоту і забезпечувати ефективне управління кутовими рухами ЛА, рухом центру мас, наведення на меті. Ці системи повинні задовольняти достатньо жорстким вимогам відносно точності стабілізації кутових координат. Зазвичай потрібна підтримка кутових координат ЛА (кутів крену γ, рискання ψ і тангажа ϑ) з похибкою не більш ± 0,3°, висоти польоту h – з похибкою менше ± 15 м, швидкості польоту V – з похибкою ± (1 – 2) % і т. д.

Системи управління ЛА, крім того, повинні мати високу швидкодію при відпрацюванні зовнішніх збурень, пов'язаних з перенастроюванням регулятора ("режим управління"), або зміною стану навколишнього середовища, діями з боку інших підсистем ("режим стабілізації"). Час встановлення перехідних процесів по основних керованих координатах, як правило, не повинен перевищувати 3–4 с для швидких (короткоперіодичних) рухів ЛА і 30–40 с для його повільних (довгоперіодичних) рухів, пов'язаних з переміщенням

центру мас. Можливі "викиди" керованих координат повинні бути короткочасними і не перевищувати 2,5–5,0 % від їх поточних значень.

Аналогічні, досить жорсткі вимоги пред'являються і до інших керуючих підсистем ЛА, наприклад до систем управління їх силовими установками, які також часто є багатозв'язними і багатоконтурними.

Залежно від цільового призначення літального апарата та умов його експлуатації, функції системи керування можуть в тій чи іншій пропорції розділятись між бортовими та наземними апаратними обчислювальними ресурсами. Перевагою обчислень на борту є локалізація функції обчислень в тому ж місці, де вони будуть виконуватись, і, таким чином, відсутність проблем, пов’язаних з якістю каналів зв’язку, перервами зв’язку, викривленням інформації, що передається через такі канали, і т.ін. Однак обчислювальні можливості, які можуть бути виконані на борту в режимі реального часу, обмежені, в той час як наземні обчислювальні системи можуть надати обчислювальні ресурси, більші на кілька порядків порівнянно з бортовими. Постає складна імовірнісна оптимізаційна задача, цільова функція якої (можливо, векторна) описує узагальнену якість руху літального апарата, а варійованими величинами є корисне навантаження літака, обчислювальні можливості, які можна розмістити на борту, кількість та розміщення наземних обчислювальних ресурсів, параметри локальної мережі або інших каналів зв’язку, що поєднують наземні ресурси, параметри каналів зв’язку, що організуються між наземними компонентами та літальним апаратом. На додачу до технічних параметрів необхідно враховувати і вартісні параметри по кожній з названих категорій.

Поруч із забезпеченням стійкості, важливим аспектом проектування літальних апаратів та їх систем керування є забезпечення якості руху літального апарату. Якість керування літальним апаратом є одним з важливих факторів безпеки польотів, ефективності застосування та конкуренто-спроможності ЛА. Для пілотованих літаків якість керування визначається нормами льотної придатності; для безпілотних літальних апаратів такі норми ще не були розроблені. Особливості пілотування безпілотних ЛА, такі, як віддаленість оператора, наявність затримок у лінії зв’язку, імовірність тимчасових порушень зв’язку, природно приводять до необхідності посилення вимог до якості керованих процесів руху і забезпечення повного використання ресурсу керованості.

Необхідною умовою оптимальності керування сучасним літальним апаратом є те, щоб згадані алгоритми керування були нелінійними. За умови малих відхилень синтез законів керування може бути виконано з використанням добре розроблених методів лінійної теорії автоматичного керування. Проте на багатьох етапах польоту сучасних літальних апаратів, особливо маневрених, відхилення є значними. Рух об’єкта в умовах великих відхилень, за яких не виконуються умови можливості лінеаризації рівнянь динаміки руху, вимагає врахування нелінійностей динаміки керованого об’єкта. Врахування нелінійних складових керованих процесів за таких умов може призвести до розширення маневрених можливостей літального апарата.

Важливим аспектом якісної системи керування є врахування у моделі літального апарата та у відповідних законах керування нестаціонарних режимів руху ЛА. У зв’язку з великими розмірностями фазових векторів, що опи-

сують ці режими, не виглядає можливим мати в пам’яті як бортової, так і наземної обчислювальної машини опис (хоча б табличний, з передбаченою можливістю інтерполяції) всіх таких можливих режимів. Тому в структуру системи керування літальним апаратом необхідно включати блок чисельного моделювання аеродинамічних процесів та блок ідентифікації, який дозволить за спостереженнями датчиків отримати вхідні дані для аеродинамічного моделювання. Датчики, як джерела вхідної інформації, фізично знаходяться на борту літального апарата, а значний обсяг обчислень змушує передбачити можливість передачі частини обчислювальної роботи на землю. Таким чином, виникає питання про розподіл функцій між бортовою і наземною частиною авіаційного комплексу; з урахуванням стохастичного характера роботи каналів зв’язку потребує дослідження також імовірнісний аспект роботи такої системи.

Значний вплив на розв’язання названих задач має обраний метод (методи) ідентифікації аеродинамічних коефіцієнтів, що великою мірою визначає обсяг необхідних обчислень.

Починаючи з середини минулого століття, проблеми ідентифікації детально досліджували Н.С. Райбман і В.М. Чадєєв, І.І. Перельман, П. Ейкхофф [1], Л. Льюнг [2] та ін. [3]. Проте динамічність інформаційних процесів і випадковість їх розвитку створюють значні труднощі у розв’язанні задач ідентифікації через проблему «запасеної енергії» системи, що вперше відзначив І.І.Перельман. Крім того, обмежений інтервал спостереження і вимога фізичної реалізованості розв’язків довгий час не дозволяли дослідникам отримати адекватні розв’язки і аналітичні оцінки їх точності. Однією з перших монографій, де було запропоновано розв’язок цієї задачі, є книга [4].

За півстолітню історію розвитку і вдосконалення методи ідентифікаціі пройшли ряд важливих етапів з переходом від активного експерименту до використання даних нормального функціонування діючих керованих об’єктів.

Проведення ідентифікації динамічних властивостей об'єкту за даними нормального функціонування можливе на основі рівняння згортки і вивчення статистичних властивостей сигналів. Проте невирішеною залишається проблема визначення параметрів вагової функції, що забезпечують незміщеність оцінки, принаймні, для лінійного наближення.

В процесі ідентифікації разом з управлінням часто використовують випробувальний сигнал (додатковий вплив, призначений для ідентифікації об'єкту), параметри якого узгоджують з режимом нормальної експлуатації об'єкта і допустимими втратами якості управління. В цьому випадку говорять про активну ідентифікацію. При пасивній ідентифікації випробувальний сигнал відсутній, а вимірюваним входом об'єкту є керуючий вплив, який не пов'язаний із задачею ідентифікації, а визначається метою управління. При такому вхідному сигналі ідентифікація об'єкту не завжди можлива, оскільки для успішного розв’язання задачі вхідний сигнал повинен мати достатньо багатий спектр.

Підходи, засновані на методі найменших квадратів і стохастичній апроксимації, припускають перешкоди і збурення випадковими процесами з відомими статистичними характеристиками. Разом з ними розробляється ряд методів ідентифікації лінійних стаціонарних об'єктів при невідомих обмежених збуреннях. Так, скінченно-частотний метод А.Г.Александрова [5] дозволяє

ідентифікувати об'єкти при майже довільних, невідомих обмежених зовнішніх збуреннях і перешкодах вимірювання. Для цього він використовує випробувальний сигнал у вигляді суми гармонік (кількість яких не перевищує порядку об'єкту). У методі передбачене автоматичне настроювання частот такого сигналу, що скорочує час ідентифікації, і його амплітуд, здійснюване для забезпечення вимог до допустимих меж входу і виходу об'єкту, які сформульовані і виконуються для випадку, коли випробувальний сигнал відсутній). Рандомізовані алгоритми розв'язують аналогічні задачі, але вони припускають, що випробувальний сигнал – випадковий процес з відомими статистичними характеристиками. При такому сигналі важко гарантувати задані допуски на виходи об'єкту. Метод скінченно-частотної ідентифікації може бути застосований в основному для одновимірних об'єктів за умови відомого порядку їх диференціальних рівнянь.

Висновки

1. Складність розв'язання задачі синтезу керування для літального апарата полягає в тому, що вимоги нормативних документів задають лише деяку область допустимих характеристик системи автоматичного керування і не вказують сам механізм призначення параметрів системи, незалежно від того, який спосіб її опису був вибраний – рівняння стану, рівняння «вхід-вихід» або ж операторні рівняння в частотній області.

2. Для підвищення якості роботи системи керування літальним апаратом необхідно включати в склад авіаційного комплексу модуль аеродинамічного моделювання та модуль ідентифікації.

3. При цьому необхідно розв'язати багатокомпонентну оптимізаційну задачу, пов'язану з розподілом обчислювального навантаження між бортовими та наземними частинами авіаційного комплексу. Обраний метод ідентифікації аеродинамічних коефіцієнтів має значний вплив на розв'язання названих задач.

Список літератури

1. Эйкхофф П. Основы идентификации систем управления /П. Эйкхофф. – М.: Мир, 1975. – 680 с.

2. Льюнг Л. Идентификация систем / Л. Льюнг. – М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит. – 1991. – 432 с.

3. Прангишвили И.В. Идентификация систем и задачи управления: на пути к современным системным методологиям /И.В.Прангишвили, В.А.Лотоцкий, К.С.Гинсберг, В.В.Смолянинов. // Проблемы Управления. – 2004. – № 4. – С. 1-17.

4. Красовский А.А. Теория корреляционно-экстремальных навигационных систем /А.А.Красовский, И.И.Белоглазов, Г.П.Чигин. – М.: Наука, 1977. – 271 с.

5. Александров А.Г. Метод частотных параметров/ А.Г.Александров. // Автоматика и телемеханика. – 1989. – Т. 50. – № 12. – С. 3-15.

УДК 004.7 (043.2)

Литвинов В.В., д.т.н., професор; Мацуєва К.А., асистент
(Національний авіаційний університет, м.Київ)

АРХІТЕКТУРА СЛУЖБИ БЕЗПЕКИ І МОДЕЛЬ КОНТРОЛЮ ДОСТУПУ ДЛЯ ХМАРНИХ ОБЧИСЛЕНЬ.

Контроль доступу приведений в якості функції ядра служби безпеки для хмарних обчислень. Використовуючи модель MADAC, побудована загальна система контролю до послуг. Запронована архітектура описує всі функціональні моделі та структуру шарів.

Хмарні обчислення не є новою технологією для IT-сфери. На даний момент не існує потужної і унікальної концепції хмарних обчислень. Розвиток хмарних обчислень, безпеки даних, систем безпеки впливає на надання послуг. У даній статті аналізуються відносини між численними постачальниками послуг та користувачами, представлена архітектура служби безпеки для хмарних обчислень. Представлений загальний метод контролю доступу, який базується на декількох атрибутах з суб'єктами і об'єктами динамічної моделі, містить описання та ілюстрації служби контролю безпеки системи з хмарними обчисленнями.

Управління доступом на основі ролей (RBAC) є методом для загального доступу до ресурсів системи організаційного рівня. Він розподіляє права доступу для кожної ролі і один користувач отримує авторизаційний доступ до об’єктних ресурсів через відповідну роль. Хоча RBAC є моделлю відкритого контролю доступу, при його використанні знайдені деякі слабкі сторони. Наприклад, проста роль не може підтримувати множинні атрибути, поділ ієрархії і спадкування ролей. Виконувались дослідні роботи щодо розширення RBAC з метою адаптування до області вимог. На основі відповідного аналізу вимог служби безпеки представлена загальна модель управління доступом для хмарних обчислень.

Послуги хмарних обчислень в цілому поділяються на IaaS (інфраструктура як послуга), PaaS (платформа як послуга) і SaaS (програмне забезпечення як послуга). Також існують деякі функції, такі як Haas (обладнання як послуга), DaaS (дані як послуга) і CaaS (зв'язок як послуга), є детальним поділом можливостей хмарних обчислень. Безпека ресурсів стикається з наступними прихованими небезпеками: 1) Уразливість і погрози: деякі уразливості, що дозволяють незаконним користувачам отримати дані, які існують у загальнодоступних дата центрах призведуть до небезпеки зберігання інших конфіденційних даних користувачів, таких як приватна або комерційна таємниця. 2) Прозорість зберігання даних: фізичне розташування даних в центрах обробки можуть бути у будь-якій точці світу. Внаслідок цього можуть виникнути неприємності у власника. 3) Шифрування даних 4) Висока надійність даних: відмовостійкість є необхідною умовою для безпечного і стабільного функціонування центру обробки даних. 5) Збереження обслуговування: для замовників послуг хмарних обчислень є оптимальним розгорнуті послуги пос-

тачальника. 6) Відсутність стандарту безпеки: публічно отримані стандарти і специфікації є обмеженими. Дані задачі не охоплюють всю сферу безпеки у хмарних обчисленнях. Випадкові і фрагментарні дефекти виникають постійно. Аналізуючи моделі на рис.1 може виділити вимоги до безпеки хмарних обчислень в цілому. Площина атрибутів безпеки і площина службових шарів відображається до площини службових вимог. Площина атрибутів безпеки включає в себе загальні інформаційні атрибути системної безпеки.

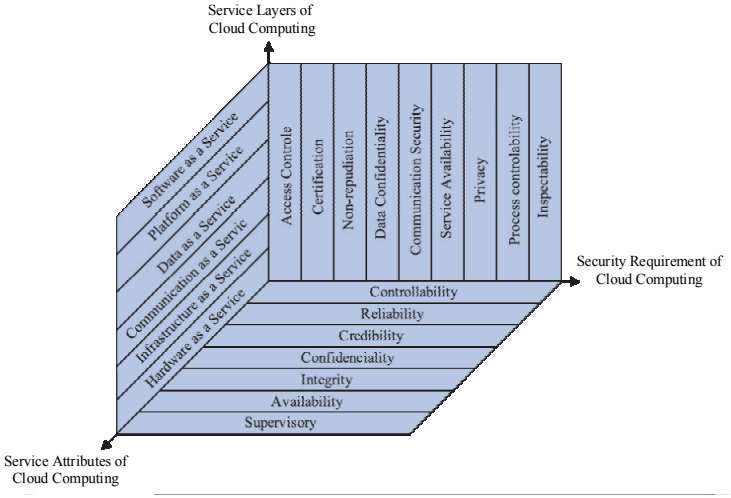


Рис. 1. Три площини вимог до служби безпеки для хмарних обчислень.

Динамічна модель SaaS контролю доступу для хмарних обчислень

Модель контролю доступу для SaaS повинна враховувати кілька сервіс-провайдерів, користувачів та сервіс-ресурсів. Представлена динамічна модель контролю доступу з суб'єктами і об'єктами на основі множини атрибутів (MADAC) для підтримки складних умов.

На рис. 2 користувачі включають у себе унікального користувача, користувачів групи або організаторів. Вони відображаються на відповідний суб'єкт в MADAC. Ресурси включають в себе обчислювальні ресурси, *ресурси зберігання даних*, ресурси даних, мережеві ресурси і т.п. Вони відображаються на кожен об'єкт у MADAC. Кожен об'єкт являє собою абстрактний опис ресурсу. Нижче наводяться визначення елементів у MADAC.

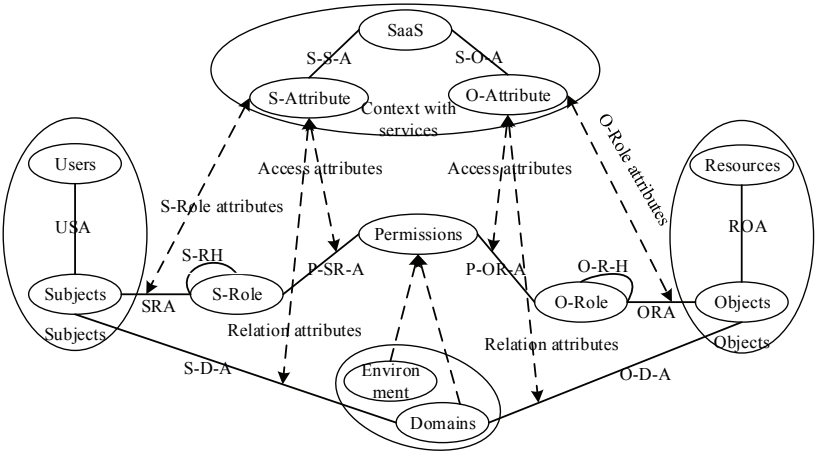


Рис. 2. MADAC для хмарних обчислень

Визначення 1. Суб'єкт: Набір суб'єктів включає в себе всі види елементів систем з хмарними обчисленнями, які використовують об'єкти.

Визначення 2. Атрибут суб'єкта: набір атрибутів S включає в себе всі атрибути суб'єктів, які відносяться до процесів і політик доступу. Ці атрибути розділені на три частини: атрибут ролі (RA), атрибут домену (DA) і атрибут доступу (AA).

Визначення 3. Роль суб'єкта: набір ролей S включає в себе всі ролі суб'єкта. Суб'єкт відображається у роль у наборі ролей S у відповідності до його атрибуту. *Одночасно* один суб'єкт належить до однієї ролі.

Визначення 4. Об'єкт: набір об'єктів включає в себе всі види ресурсів, які можуть бути доступні.

Визначення 5. Атрибут об'єкта: набір атрибутів O включає в себе всі атрибути об'єктів, які відносяться до процесів і політик доступу. Як і у атрибуті S, у даному атрибуті також існують три типи атрибутів RA, DA. і AA.

Визначення 6. Роль об'єкта: набір ролей O включає в себе всі ролі об'єкта. Об'єкт відображається у роль у наборі ролей O у відповідності до його атрибуту. *Одночасно* один об'єкт належить до однієї ролі.

Визначення 7. Дозвіл: набір дозволів включає в себе всі привілейовані правила, за якими роль S отримує доступ до O ролі.

Визначення 8. Навколишні умови: фактори для контролю доступу, за винятком суб'єктів і об'єктів.

Визначення 9. *Домен*: означає, що існує зв'язок між суб'єктами та об'єктами. Якщо {O.DAtt}**c**{ S.DAtt } існує, то суб'єкт має право на доступ до об'єкта. {O.DAttr} означає набір атрибутів домену об'єкта. {S.DAttr} набір атрибутів домену суб'єкта.

Існує також п'ять симетричних процесів присвоєння: присвоєння користувацького об'єкта (USA) і присвоєння об'єкта ресурсу (ROA), присвоєння

ролі суб'єкта (SRA) і присвоєння ролі об'єкта (ORA), присвоєння привілейованої ролі об'єкта (P SR A) і присвоєння привілейованої ролі об'єкта (P OR A), предметом призначення домену (SDA) і призначення об'єкта домену (ОДР), присвоєння атрибуту суб'єкту SaaS (S S A) і присвоєння атрибуту об'єкту SaaS (S O A). Ієрархія ролей суб'єктів та ієрархії ролей об'єктів є двома процесами присвоєння для встановлення у певну роль.

Політики контролю доступу у MADAC є ключовою технологією для здійснення динамічного контролю. Існують два основні принципи в MADAC: 1) Коли тільки суб'єкт і об'єкт знаходяться в одному і тому ж домені, відповідна роль суб'єкта може отримати доступ до відповідної ролі об'єкта. 2) Якщо одна роль суб'єкта SR_1 має приорітет до отримання доступу до іншої ролі об'єкту OR_1 та існують два частково впорядкованих відношення $<OR_2, OR_1>$ і $<SR_1, SR_2>$, то SR_1 має приорітет доступу до OR_2 і SR_2 має приорітет доступу до OR_1.

Суб'єктом є користувач сервісу, який може бути одним клієнтом, групою клієнтів або організатором. Атрибут S визначається як шість кортежів $SA = \{U_{c1}, P_{c1}, H_{c1}, C_s, A_s, S_t\}$. U_{c1} є користувацьким рівнем конфіденційності, який впливає на відображення ролі суб'єкта SRA як атрибут S-ролі. P_{c1}, H_{c1}, C_s та інші відповідно є пропонованим рівнем конфіденційності, рівнем конфіденційності *історії*, символом підтвердження і символ накопичення. Вони впливають на приорітетне відображення S ролі P SR A як атрибут доступу. S_t є типом сервісу, який впливає на відображення предметної області SDA як атрибута відношення. S-роль є n-кортежом $SR = \{A_1, A_2, A_3, ..., A_n\}$. A_i це і-ий користувацький рівень конфіденційності. Об'єкт є будь-який вид ресурсів, який може бути необхідний обчислювальним сервісам. Атрибут O визначається як $OA = \{P_l, Owner, S_{tp}\}$. P_1 є рівнем приватності, який впливає на відображення ролі об'єкта ORA як атрибут O-ролі. Owner і S_{tp} є власником об'єкту і типом сервісу, які впливають на відображення предметної області ODA як атрибут відношення. O-роль є m-кортежом $OR = \{B_1, B_2, B_3, ..., B_m\}$. B_j є j-ою ієрархією конфіденційності. Дозволом є p-кортеж $PM = \{R_1, R_2, R_3 ... R_p\}$. $R_к = <A_i, B_j>$ є відношення доступу A_i і B_j. Навколишніми умовами $\{E_1, E_2, E_3, ..., E_q\}$ є кілька динамічних факторів, які існують у екземплярі процесу контролю доступу. E_x являє собою опис динамічних факторів навколишнього середовища. Наприклад, сервіс передачі даних має право використовувати всі доступні канали передачі. Фактором може бути те, що бездротовий канал передачі недоступний. Доменом є f-кортеж $DM = \{D_1, D_2, D_3 ... D_f\}$. D_y є залежним взаємовідношенням користувачів та сервісів. В якості прикладу: домен субєкту $D_a = <U_a, S_a>$ і об'єкт $D_b = <U_b, S_b>$ з $U_a \cap U_b = 0$ і $S_a \cap S_b = 0$. Тоді суб'єкт U_a не може отримати доступ до об'єкту $S_б$ у будь-якому випадку. Цей зв'язок може бути формалізований у $\{O.DAtt\} \cap \{ S.DAtt \} = 0$, як це визначено в розділі 4.1.

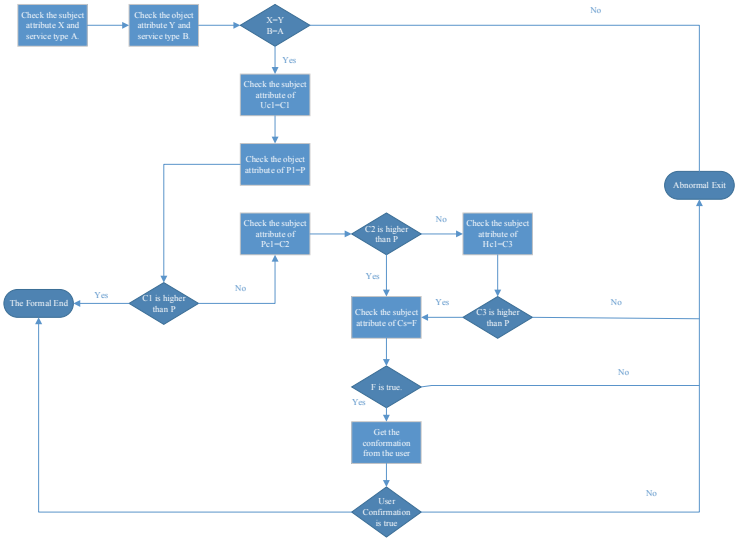


Рис. 3. Послідовність політики авторизації

Потік політики авторизації зображений на рис. 3. Коли атрибут відношення суб'єкта й об'єкта X, Y і A, B задовольняє послідовності і відкритості, процес контролю доступу продовжується. В іншому випадку, потік завершується. Якщо користувацький рівень конфіденційності C_1 є вищим, ніж ресурсний рівень конфіденційності P, приорітет з об'єкта переходить на суб'єкт. Якщо результат буде протилежним, P_{c1} і H_{c1} порівнюються з P. Якщо будь-який з P_{c1} та H_{c1} є вищим, ніж P, то запускається етап підтвердження користувача. Значення P_{c1}, H_{c1} і C_s змінюються динамічно в залежності від кількості користувачів і надійності статистичного аналізу. На кроці C_s, середовище та контекст можуть бути фактором, який впливає на результат контролю.

В якості запропонованого сценарію виконання MADAC, на рис. 4 зображено загальну архітектуру системи контролю доступу. Ідентифікація і контроль доступу у SaaS повинні підтримувати два інтерфейси для користувачів і постачальників SaaS для обробки кожної дії. Три шари архітектури: користувацький SaaS шар, шар контролю доступу і шар послуг. 1) користувацький SaaS шар: слід відокремити різні ролі, які виникають під час використання можливості контролю доступу. UID - унікальний ідентифікатор. Він складається з чотирьох елементів групи. UID = {UserID, UserGroupID, UserEPID, PIN}. Для того, щоб зберегти послідовність ідентифікаційної інформації, UID є єдиною ідентифікацією, яка використовується для входу з двома виразами "Userid + Ename + password" і "Uid + password". Інформація ролі попередньо обробляється в унікальному форматі для всіх ідентифікаційних даних. Далі дана відформатована інформація передається на

другий шар. 2) шар контролю доступу: він відповідає за обробку авторизації користувачів і політику контролю.

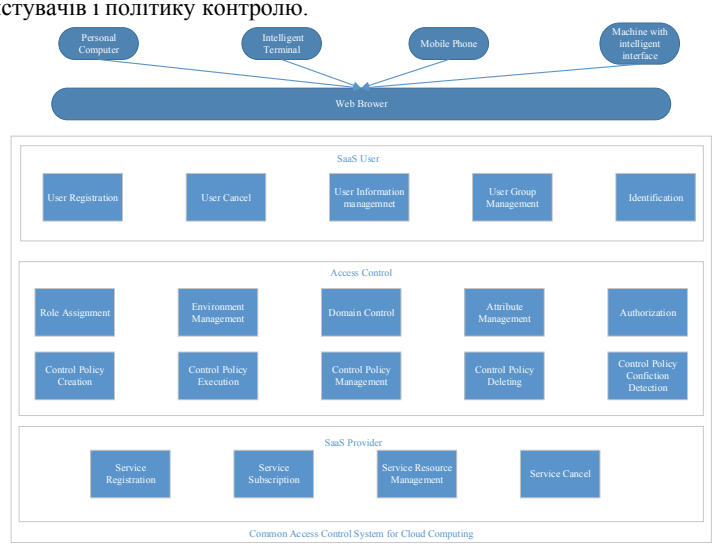


Рис. 4. Загальна архітектура системи контролю доступу.

Політика має складну систему вирішень, щоб прийняти рішення на основі управління ролями, управління навколишніми умовами, управління доменом, управління атрибутами. Дії, які передбачені у політиці допомогають завершити весь робочий потік. 3) SaaS шар постачальника послуг: коли кілька типів SaaS завантажені і опубліковані, даний шар показує загальний інтерфейс для шару контролю доступу. Постачальник SaaS відповідає тільки за послуги публікації і надання управління.

На рис. 5 зображено чотири підпотоки в рамках процесів контролю доступу. 1) Перший, сервісної реєстрації і створення політик підпотік викликається постачальником SaaS з запитом служби реєстру. Запит з налаштуваннями контролю доступу передається до моделі контролю політик. Модель повертає повідомлення, яке дозволяє постачальнику SaaS визначити політики авторизації. Далі постачальник SaaS виконує створення політики безпосередньо через модель контролю політик. 2) Використовуючи інформацію ідентифікації, SaaS користувач входить до системи. Якщо аутентифікація проходить, підпотік процесу ідентифікації закінчується успіхом. 3) Запит на доступ SaaS клієнтом після аутентифікації надсилається до моделі авторизації. Аналіз ролей, атрибутів, навколишніх умов і домену видає результат для авторизації. Результат відправляється клієнтові SaaS в якості відповідного повідомлення доступу. 4) SaaS функціонує для авторизованого SaaS користувача, який отримав доступ до певного ресурсу SaaS.

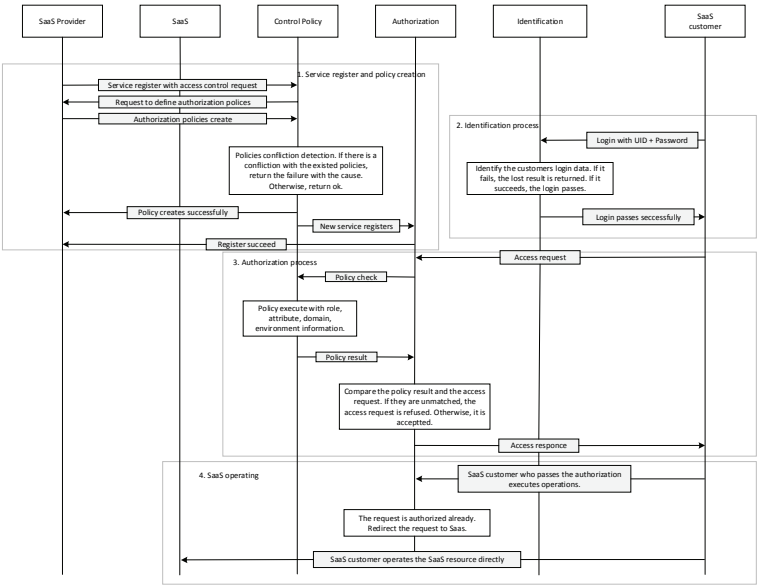


Рис. 5. Процес отримання доступу з використанням служби контролю доступу.

Список литературы

1. *Armbrust M., Fox A., Griffith R.* Above the Clouds: A Berkeley view of cloud computing. – 2009. - с. 191-196.

2. *Zhang L., Zhou Q.* Cloud computing open architecture// Proceeding of 2009 IEEE International Conference on Web Services: July 6-10, 2011. Los-Angeles, CA. - 2011. - с. 607-616.

3. *Emig C., Brandt F., Abeck S.* An acsess control metamodel for Web Service oriented// International Conference on Software Engineering Advances (ICSEA 2007): August 25-31, 2007. – Cap Esterel: IEEE press, 2007. – 57с.

4. *Kolter J., Schillinger R., Pernul G.* A privacy enhanced attribute based access control system// Computer science, data and applications security XXI. - 2007. - с. 129-143.

5. *Priebe, Dobmeier W., Schlanger.* Supporting attribute based Access Control in authorization and authentication infrastructures with ontologies: Journal of software. - 2007. - №2 – с. 27-38

УДК 004.415.2 (043.2)

С.В. Журавель, О.П. Мартинова, к.т.н., доц.
(Національний авіаційний університет, м.Київ)

МОДУЛЬ ВЗАЄМОДІЇ 1С: БУХГАЛТЕРІЇ І ГЛОБАЛЬНОЇ СИСТЕМИ БРОНЮВАННЯ «AMADEUS»

Розглянуто проблему взаємодії системи бухгалтерського обліку 1С: Бухгалтерії і глобальної системи бронювання «AMADEUS» та розроблено додатковий модуль, що формує необхідні документи в базі 1С, відповідно до даних, що вивантажуються з Amadeus

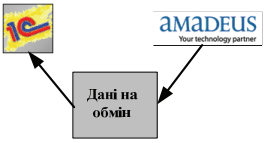
В час сучасних інформаційних технологій та розвитку мережевих засобів автоматизації роботи персоналу керівнику підприємства необхідно максимально використовувати можливості програмного забезпечення.

У бухгалтерській і банківській діяльності це особливо важливо, тому широке застосування бухгалтерських пакетів і програм, завдяки впровадженню яких підвищується оперативність обробки даних і вірогідність ділової інформації, приймаються більш об'єктивні фінансові й управлінські рішення.

Враховуючи широке поле застосування важко підібрати таке програмне забезпечення, яке б повністю задовольняло потреби підприємства, тому що надійність не завжди знаходиться поряд з гнучкістю налаштувань та ефективністю використання. В такій ситуації на допомогу стають системи, які мають власний, ефективний інструмент розробки нових модулів, простий у вивченні та використанні. Яскравим прикладом є продукт «1С:Підприємство».

З іншого боку для замовлень авіаквитків найбільшою популярністю користується глобальна система бронювання Amadeus. Оригінальний інтерфейс та режими доступу зробили цей продукт надійним, але зовсім не інтегрованим з різноманітним бухгалтерським програмним забезпеченням.

Метою роботи є розробка інтерфейсу взаємодії цих двох систем для забезпечення найбільш ефективного їх використання.



Даний модуль можливо буде використовувати для об’єднання не тільки системи Amadeus, але й інших систем бронювання.

Під час робочого дня менеджер бронює велику кількість авіаквитків. Їх потрібно внести в базу та провести по бухгалтерії. Під час формування документів в базі 1С використовується не вся інформація представлена в Amadeus, тому для цього потрібно проміжне сховище даних, яке б відповідало наступним вимогам:

- Збереження даних в текстовому не запакованому форматі

- Можливість сортування даних за датою бронювання
- Можливість звернення за допомогою автоматизованих інструментів

Логічним би було вивантаження даних по квитках у файл, який би зберігався у сховищі. Файли можливо відбирати за датою.

Система Amadeus дозволяє використовувати віртуальні принтери, які друкують дані по бронюванню в файл. Це будуть текстові файли з усіма необхідними даними по квиткам, що були замовлені.

На рисунку 1 показаний приклад даного файлу, де червоним кольором виділені дані, необхідні для внесення в 1С.

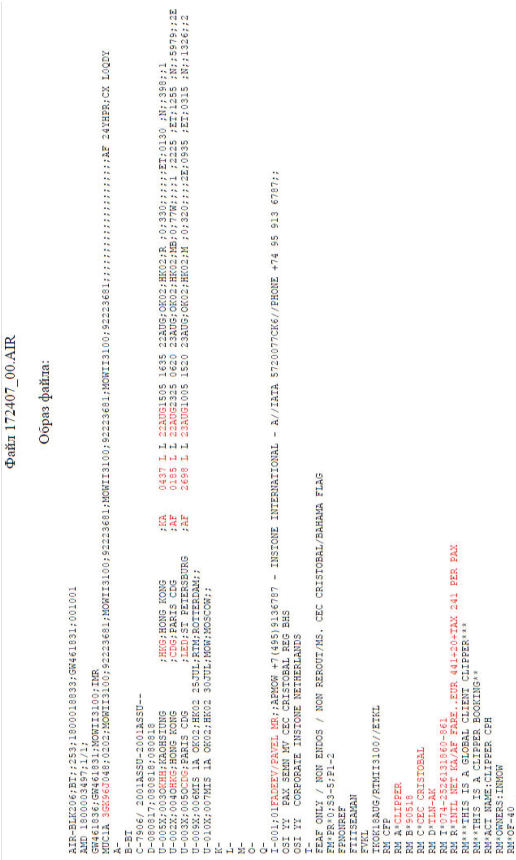


Рисунок 1. Приклад файлу, що формується в системі бронювання

На наступному рисунку показаний зразок заявки, в яку заносяться дані:

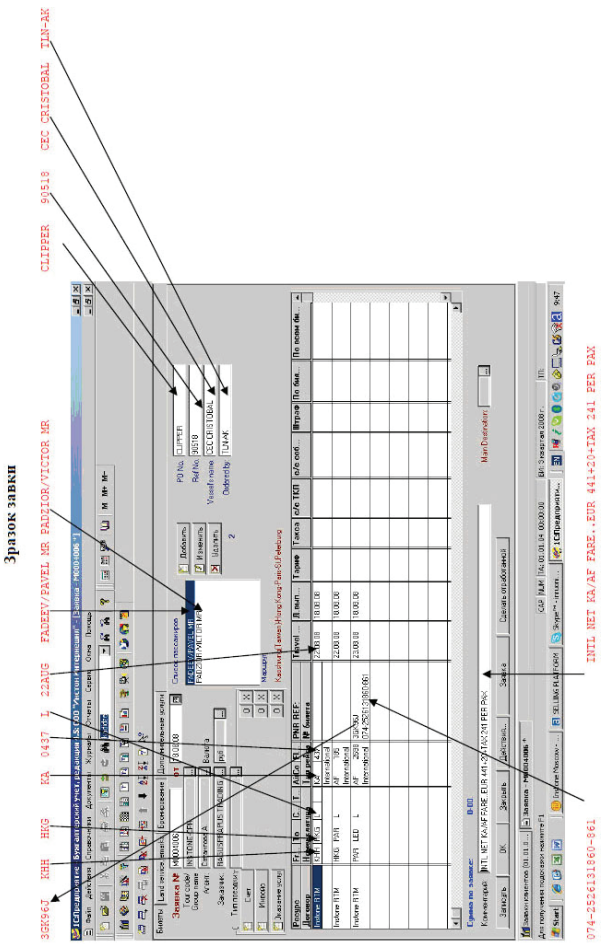


Рисунок 2. Зразок документу, що формується в 1С

На останніх двох рисунках було показано відповідність даних з текстового файлу системи амадеус та документу, що заповнює менеджер в системі 1С.

Для автоматизації цього процесу й було розроблено модуль, що пов’язує ці дві системи. Даний модуль є доповненням до конфігурації 1С. Це ви бачите на наступному слайді:

Він дозволяє зчитувати необхідні нам дані з текстового файлу амадеуса та автоматично формувати документи в системі 1С.

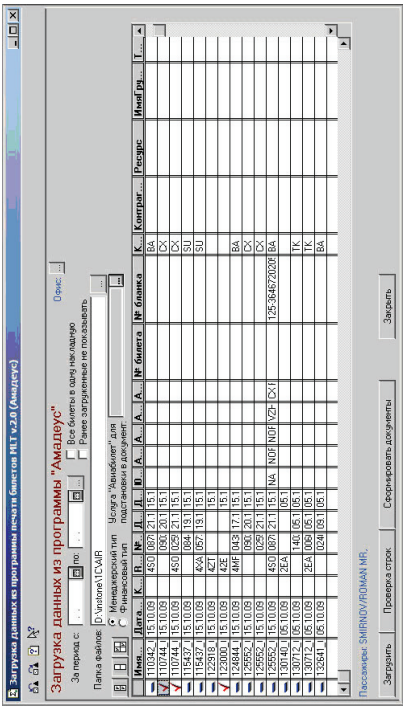


Рисунок 3. Модуль зчитування даних з системи бронювання та формування документів в 1С

Висновки

В цій роботі була розглянута проблема взаємодії двох окремих видів програмного забезпечення. Перший – система бронювання авіаквитків Amadeus, другий – система бухгалтерського обліку «1С:Підприємство».

Поставлене завдання було досягнуто шляхом: встановлення віртуального принтера, який друкує білети в файл; за допомогою вбудованої мови програмування розроблено модуль, що зчитує дані з файлу-квитка і заносить їх у відповідні регістри документу 1С. Розроблений інтерфейс дозволяє: значно спростити роботу агентів; автоматизувати процес заносу заявок до систем бухгалтерського обліку для подальшої обробки; зменшити помилки при ручному занесенні заявок; підвищити ефективність роботи відділів замовлення та бронювання авіаквитків

Результат роботи може бути використаний цілком або частково для розробки інших модулів для взаємодії з іншими системами бронювання. Будь-яка система, що дозволяє вигрузити дані у зовнішній текстовий файл може бути пов’язана за допомогою цього модуля з системою «1С:Підприємство» шляхом модернізації інтерфейсу під конкретну структуру зовнішнього файлу.

УДК 681.5 (043.2)

Д.І. Стребуль (Національний авіаційний університет, м.Київ)

АЛГОРИТМИ ДІАГНОСТИКИ РОБОТИ ПЕРИФЕРІЙНИХ ПРИСТРОЇВ У СКЛАДІ СИСТЕМИ НА БАЗІ АМХ-КОНТРОЛЕРА

Розглядаються алгоритми збирання інформації про стан компонентів системи на базі АМХ-контролера та її подальшого аналізу. Запропоновано використовувати комбінований метод, що включає послідовне опитування стану всіх наявних в системі пристроїв,статистичне збирання інформації, та використання методу Байеса для статистичного аналізу отриманих даних.

Контролери АМХ є популярним апаратним рішенням, на базі якого будуються системи керування життєзабезпеченням житлових та виробничих приміщень. Висока надійність систем на базі АМХ-контролерів обумовлена високою якістю використовуваних елементів та сучасних методів діагностики роботи системи. Проте важко передбачити роботу складних систем у всіх можливих ситуаціях та завчасно знайти спосіб вирішення виникнувшої проблеми.

Тому необхідна розробка найбільш універсального методу діагностики можливих несправностей та розрахунку надійності як для елементів системи, так і для всієї системи в цілому.

У загальному випадку засоби діагностування дозволяють вирішувати наступні завдання технічної експлуатації [1]:

- Оцінювати технічний стан обладнання на різних етапах експлуатації;
- Визначати місце і причину відмови;
- Контролювати правильність функціонування обладнання;
- Накопичувати та аналізувати інформацію про надійність з метою розробки та реалізації заходів, спрямованих на підтримку надійності на заданому рівні, а також з метою прогнозування технічного стану.

Засоби технічної діагностики дозволяють виявляти дефекти, які спричинили відмови елементів, здійснювати їх локалізацію, тобто вказувати місця появи відмов, і ідентифікувати та визначати значення параметрів системи, спотворених в результаті цих відмов. Після вирішення цих завдань оперативно проводяться дії щодо усунення виявлених несправностей.

Для отримання даних про стан системи, що складається з великої кількості окремих елементів, можна використовувати різні методи сканування [2]. Перший, та найпростіший спосіб – це опитування периферійних пристроїв через певний проміжок часу. Такий спосіб дає можливість стежити за станом системи з певною частотою, що вибирається згідно технологічних особливостей конкретної системи. Основними перевагами цього методу є те, що отримані дані легко організовуються для створення статистики та такий спосіб найменш завантажує контролер.

Наступним методом збору інформації щодо стану системи є спостереження в реальному часі. Основною перевагою такого способу є можливість негайно отримати інформацію про несправність, а отже швидше відреагувати

на неї. Проте такий спосіб більше завантажує систему, а для ведення статистики все одно необхідно розділяти отримані дані за певними проміжками часу.

Одним із різновидів спостереження за системою в реальному часі є програмування периферійних пристроїв таким чином, щоб кожен з них сам надсилав інформацію про несправність в даному периферійному пристрої. Проте не всі пристрої можна запрограмувати на такий випадок, а при виході з ладу не завжди пристрій взагалі здатний надсилати сигнали.

Тому найбільш ефективним є використання комбінованого методу, який полягає в тому, що через певні задані проміжки часу відбувається сканування системи на наявність несправностей, а кожен периферійний пристрій, що має можливість повідомляти про свою несправність, програмується відповідним чином. В такому випадку інформація про більшість несправностей отримується в реальному часі, а дані, отримані з системи, легко систематизувати.

Отримана з такої системи інформація зберігається для подальшого аналізу. Діагностика передбачає не лише пошук несправностей, а й прогнозування можливих несправностей у майбутньому, а отже існує необхідність проаналізувати отримані дані.

У багатьох випадках фактичний технічний стан об'єкта може бути визначено з необхідною точністю діагнозу перш, ніж будуть реалізовані всі елементарні перевірки. В таких випадках передбачена можливість видачі результатів діагностики після кожної окремої перевірки.

За наявності невизначеності для прийняття рішення застосовують спеціальні методи, що враховують імовірнісну природу подій. Вони дозволяють призначати межу поля допуску параметра або необхідне число дослідів для прийняття рішення про діагностування. Велика частина методів заснована на тому, що є деяка переддослідна ймовірність в постановках діагностування [1].

Так, у більшості методів припускається, що для однотипних об'єктів, що знаходяться в однакових умовах, ймовірності діагностування апріорно відомі. Часто вибір того чи іншого вирішального правила проводиться на основі оптимізації за деякими критеріями. Статистичні методи дозволяють одночасно враховувати діагностичні сигнали різної фізичної природи, так як вони працюють лише з їх імовірнісними характеристиками.

Слід враховувати, що розглянуті методи прийняття рішень є лише інструментом, а остаточне рішення приймає людина, так само, як і відповідальність за наслідки цього рішення лежить на конкретній людині.

Серед методів технічної діагностики метод, заснований на узагальненій формулі Байеса, займає особливе місце завдяки своїй простоті й ефективності [2]. Має він і недоліки: великий обсяг необхідної попередньої інформації та зменшення значень діагнозів, що рідко зустрічаються. Однак у випадках, коли обсяг статистичних даних дозволяє застосувати метод Байеса, його доцільно використовувати як один з найбільш ефективних і надійних методів.

Іншим класом підходів до діагностики є використання статистичних рішень, при цьому вибирається певне правило, виходячи з умов оптимальності, за яким приймається рішення. В даному методі використовуються статистичні

дані для розрахунку ймовірностей виходу із ладу певного обладнання або периферійного пристрою.

У методі послідовного аналізу відношення ймовірностей (відношення правдоподібності) складаються послідовно. На відміну від попередніх методів, кількість сканувань не визначається завчасно, їх приводиться стільки, скільки необхідно для досягнення певного ступеня точності. Такий метод обробки результатів вимагає отримання цих даних у реальному часі шляхом сканування стану об’єктів системи дослідження.

При діагностуванні об'єктів зазвичай розглядаються і враховуються тільки два характерних стани:

• об'єкт функціонує;

• об'єкт не функціонує.

Однак з урахуванням складових частин об'єкта (блоків, агрегатів, деталей) фактична кількість станів може бути істотно більше, наприклад:

• перший блок об'єкта функціонує;

• другий блок об'єкта не функціонує;

• третій блок об'єкта функціонує, і т.д.

У цьому зв'язку задача визначення кількості станів об'єкта по суті зводиться до задачі визначення кількості таких блоків чи агрегатів, відмова яких призводить до відмови всього об'єкта в цілому.

Якщо для контролю технічного стану використовувати всі контрольовані параметри (без будь-якого їх відсіву), то одержувані системи контролю будуть перевантажені датчиками, а програми діагностування будуть занадто громіздкі. У зв'язку з цим очевидна необхідність обирати з виділених ознак таку їх мінімальну кількість, яка була б необхідною і достатньою для розпізнавання кожного стану об'єкта. У цьому випадку і об'єкт контролю, і засоби контролю будуть найбільш простими і ефективними.

Вибір мінімальної кількості ознак станів зазвичай проводиться на основі елементів теорії інформації, і зокрема, на основі методу І.М. Сіндєєва [3]. Даний метод може бути використаний не тільки для вирішення завдання мінімізації кількості контрольованих параметрів (ознак станів), але і для вирішення задачі визначення місця відмови системи.

Для визначення мінімальної і достатньої множини ознак з усіх попередньо відібраних необхідно виключити явно нераціональні [4] (наприклад, з точки зору складності їх виявлення та контролю або які дублюють інші ознаки і т.д.). Потім з решти ознак в мінімально необхідну і достатню групу відбирають такі, які несуть максимум інформації при кожній черговій перевірці. Процес відбору в мінімально необхідну і достатню групу слід припинити, як тільки відібрані ознаки в сумі виявляться здатними нести інформацію про всі стани контрольованого об'єкта.

Якщо контроль працездатності об'єкта не виявив відмови конкретного вузла системи, проте система не функціонує за заданим алгоритмом, то виникає задача визначення місця відмови із заданою точністю до окремого блоку, окремої плати в блоці, окремого елемента в схемі. Як правило, процес пошуку місця відмови має велику тривалість і трудомісткість, вимагає спеціальних засобів діагностування та створення програми пошуку місця відмови [5].

Під програмою пошуку місця відмови розуміють заздалегідь складену і документально оформлену послідовність елементарних перевірок і послідовність аналізу результатів перевірок, що виконуються з метою встановлення причини відмови. З усіх можливих варіантів програм завжди є така, яка є оптимальною з точки зору певного критерію. Як правило, таким критерієм є кількість перевірок, які необхідно зробити. Також критеріями можуть бути час виконання перевірок або вартість обладнання, необхідного для діагностики. При проектуванні реальних систем використовуються одночасно кілька критеріїв, що приводить до постановки багатокритеріальної оптимізаційної задачі.

Висновки

1. Для отримання відомостей про стан системи, що складається з великої кількості окремих елементів, можна використовувати різні методи сканування. Найбільш ефективним є використання комбінованого методу, який включає в себе спостереження в реальному часі та статистичний збір інформації.

2. Існує декілька поширених методів аналізу даних, отриманих про стан розподіленої системи; найпоширенішим є метод, заснований на теоремі Байеса, – один з найпростіших та найзручніших у використанні.

3. При діагностуванні об’єктів число станів залежить від кількості можливих станів кожного з окремих елементів, відмова яких призводить до відмови всього об'єкта в цілому.

4. Аналіз всіх параметрів займає велику кількість машинних ресурсів та складний для реалізації. Для спрощення можна вибирати лише найважливіші ознаки, яких буде достатньо для однозначного визначення стану кожного пристрою та системи в цілому.

5. Крім виходу зі строю певного периферійного пристрою, досить часто причиною несправності стають пошкоджені лінії зв’язку. В такому разі процес пошуку місця відмови вимагає застосування окремих, спеціальних засобів діагностування.

Список літератури

1.Аракелян В.Г. Цели, понятия и общие принципы диагностического контроля высоковольтного электротехнического оборудования/ В.Г. Аракелян, Электротехника. – 2002. – № 5. – С. 23-27.

2.Беляев Ю.К. Надежность технических систем: Справочник / Ю.К. Беляев, В.А. Богатырев, В.В. Болотин и др.; Под ред.И.А.Ушакова.– М.: Радио и связь, 1985. – 608 с.

3.Синдеев И.М. Системы электроснабжения воздушных судов/ И.М. Синдеев, А.А. Савелов. – М.: Транспорт, 1990. – 296 с.

4.Богданов Е.А. Основы технической дигностики нефтегазового оборудования / Е.А. Богданов – М.: «Высшая школа», 2006. – С. 4-22.

5.Гашимов М.А. Диагностирование неисправностей обмотки статора электрических машин/ М.А. Гашимов, Г.А. Гаджиев, С.М. Мирзоева. – Электрические станции. – 1998. – № 11. – С. 56-58.

УДК 004.78 (043.2)

Є.Б. Артамонов, к.т.н. (Національний авіаційний університет, м. Київ)

ПРОБЛЕМИ СТВОРЕННЯ ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ ВЕДЕННЯ, ЗБЕРЕЖЕННЯ І ОБРОБКИ ЗМІСТОВНИХ МОДУЛІВ ДИСЦИПЛІН

Створення міжуніверситетської бази дисциплін з висвітленням їх змістовних модулів, надає можливість для формування основних вимог до кандидатів на проходження окремих курсів в інших навчальних закладах, а також робить прозорим зміст дисциплін. Розглянуто підходи та основні проблеми при створенні подібної інформаційної системи

Згідно з цілями Болонського процесу освітні системи країн-учасниць Болонського процесу повинні бути змінені, щоб сприяти:

1) полегшеному переїзду громадян з метою подальшого навчання чи працевлаштування у Зоні європейської вищої освіти;

2) зростанню привабливості європейської вищої освіти;

3) розширенню Європи та забезпеченню її подальшого розвитку як стабільного, мирного, толерантного суспільства.

Слід зазначити, що Болонський процес не передбачає створення повністю ідентичних систем освіти у різних країнах, він призначений лише для зміцнення взаємозв'язків та покращення взаєморозуміння між різними освітніми системами.

Але на території України і Росії ніхто в переліку основних принципів Болонської системи не вказує на необхідність забезпечення полегшення мобільності студентів і викладачів. Як можна вирішувати дане питання на міжнародному рівні, якщо відсутні будь-які допоміжні інструменти і нормативна документація, що передбачали б правила обміну студентами хоча б на внутрішньовузівському рівні і надавали можливість визначити необхідні (мінімальний набір) для переводу зараховані модулі і їх змістовну суть.

Якщо питання нормативної бази лягає на плечі юристів чи можна використати одну з вже існуючих систем обміну студентів між навчальними закладами, то питання можливості даного обміну з точки зору Болонської системи освіти не розглядалось взагалі [2].

Створення міжуніверситетської бази дисциплін, які викладаються у різних ВНЗ, з висвітленням їх змістовних модулів, надає можливість для формування основних вимог до кандидатів на проходження окремих курсів в інших навчальних закладах, а також дозволяє зробити більш прозорим зміст дисциплін, які викладаються у ВНЗ.

Саме даний інструмент дозволить наблизитись до реалізації не тільки основного принципу Болонської системи – мобільності студентів і викладачів – з технічної точки реалізації даного питання, а також надасть можливості для переходу системи освіти у ряді навчальних закладів на принципово новий рівень.

Розкриття процесів керування і основних цілей системи по веденню, збереженню і обробці змістовних модулів дисциплін

Реалізація такого інструменту повинна проводитись у декілька етапів, серед яких є, як організаційні, так і суто програмні. Але необхідно чітко усвідомлювати, що на виході повинен з'явитись не просто програмний продукт чи база даних, а повноцінна мережна система зі всіма можливостями по керуванню мережними базами даних і гнучким інтерфейсом (основні можливості, які притаманні таким системам – це наповнення, збереження і редагування даних, пошукова підтримка, організація запитів на вибірку інформації та інші можливості) [2].

Принциповою особливістю даної системи є її технічна складність, бо об'єднання в ній завдань університетського і міжнародного рівнів робить її подібною до системи управління, яку повинні використовувати головні координатори програм Болонського процесу.

Саме з огляду на рівень складності необхідно виділити основні рівні керування, які дозволяють вирішувати основні задачі даної системи. Після виділення рівнів керування є можливість перейти до розгляду системи у вигляді керованої організаційно-технологічної системи. Даний підхід дозволяє вирішувати загальну задачу розробки системи поступово, реалізуючі окремі функціональні можливості, які можна з часом поєднати у загальну систему.

На основі реалізації однієї з головних концепцій Болонської системи – мобільність студентів та викладачів було визначено у загальному вигляді макет першочергових цілей інформаційної системи [2].

На основі аналізу цілей можна визначити основні етапи розробки системи і місце кожного з підрозділів ВНЗ у реалізації даних функціональних задач.

Проблеми створення інформаційної системи ведення, збереження і обробки змістовних модулів дисциплін

Розроблювана система передбачає чотири рівня, які пов'язані сукупністю організаційних заходів, інформаційних потоків, програмних і технічних засобів. Рівень інформаційних зв'язків представлено на рис. 1.

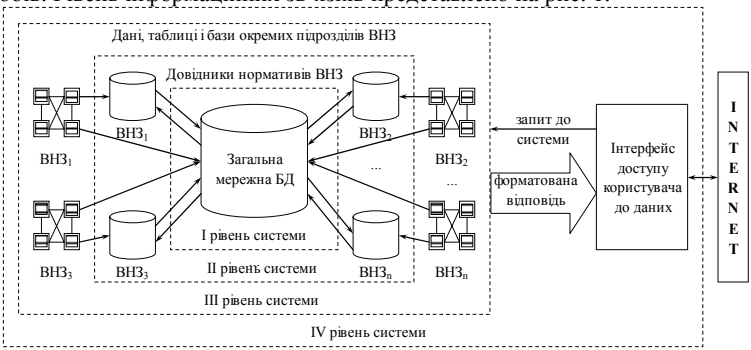


Рис. 1 – Зміст і інформаційні зв'язки між рівнями системи

Центральний рівень системи (I рівень) – “Рівень адміністративного управління та прийняття рішень”. Основні користувачі: вищий управлінський апарат навчальних закладів (ректор, проректори, начальники навчально-методичних управлінь).

Предметно-аналітичний рівень системи (II рівень) – “Рівень науково-методичного та інформаційного забезпечення прийняття рішень”. Основні користувачі: координатори окремих ВНЗ, науково-дослідні і спеціалізовані організації, які здійснюють збір, накопичення та первинну обробку інформації.

Кафедральний рівень системи (III рівень) – “Рівень первинного наповнення інформацією і реалізації комплексу заходів з перевірки відповідності даних до нормативів”. Основні користувачі: підрозділи ВНЗ, які здійснюють на місцях координацію і введення даних про розподіл дисциплін на змістовні модулі.

Користувацький рівень (IV рівень) – “Рівень загального доступу до інформації системи”. Основні користувачі: студенти, викладачі, організатори навчального процесу, посередники в організації програм обміну студентами між навчальними закладами.

Вся інформація повинна зберігатись в центральній мережній базі даних (I рівень системи), до якої мають повний доступ лише адміністратори бази даних. Додатково база повинна містити надбудови для отримання звітів і інформації для прийняття управлінських рішень представниками вищого управлінського апарата навчальних закладів і координаторів Болонського процесу. База даних I рівня повинна мати прямий доступ до нормативних баз окремих навчальних закладів (II рівень системи) з можливістю автоматичного оновлення даних.

Основна інформація щодо змістовних модулів дисциплін формується на III рівні системи, яка відповідає базам, таблицям та негрупованим (неформатованими чи слабо-форматованими) даним окремих підрозділів навчальних закладів. Дані в центральній базі повинні оновлюватись на основі програмних реплік (команд збирання даних з джерел у неформатованій чи слабоформатованій формі). За достовірність даних у головній базі несуть адміністратори бази даних та головні координатори Болонського процесу навчальних закладів.

Висновки

Повна реалізація системи є доволі складною задачею, яка вимагає використання великої кількості матеріальних і людських ресурсів. Але для реалізації першочергової групи цілей на початковому етапі достатньо провести повний перелік необхідних для збереження даних про кожну дисципліну (даний перелік повинен передбачати не тільки поточне використання, а і можливість модернізації бази даних).

Але до початку робіт над даною системою необхідно з’ясувати, які реальні вигоди вона може надати, тому що така велика кількість ресурсів не може бути витрачена тільки заради реалізації системи без отримання прибутків. При цьому прибутки можна оцінювати як в соціальному, так і матеріальному секторі.

Розкриємо переваги соціального сектору, які може надати використання даної системи:

1) спрощення пошуку інформації для підтримки прийняття рішень абітурієнтами щодо вибору начального закладу при вступі;

2) моніторинг якості освіти можна зробити більш прозорим за рахунок інструментів нормативного аналізу змістовних модулів дисциплін;

3) надання можливості «малим» навчальним закладам вести конкурентну з великими ВНЗ за рахунок поєднання баз і методик навчання;

4) покращити якість навчання за рахунок тимчасового обміну між навчальними закладами викладачами «дефіцитних» дисциплін;

5) наблизити Україну до Європейської співдружності за рахунок створення загального поля обміну студентами і викладачами з європейськими навчальними закладами.

Як бачимо реалізація даного проекту дозволить не лише вирішити ряд задач по впровадженню Болонської системи освіти чи підвищення якості освіти взагалі, а принципово змінити підхід до методів надання можливостей для навчання, що є принциповим моментом при великій конкуренції на ринку надання освітянських послуг.

Крім того даний проект може з часом перейти на самоокупність, а при великій популярності приносити прибуток тим навчальним закладам, які відповідають за розробку і підтримку даної системи.

Список літератури

1. Згуровський М.З., Журавський В.С. Болонський процес – структурна реформа вищої освіти на європейському просторі, , Київ 2003, "Політехніка".

2. Артамонов Є.Б. Міжвузівська база змістовних модулів дисциплін як засіб впровадження основних концепцій Болонської системи навчання. – Проблеми інформатизації та управління. – К.: НАУ. – 2012 – вип. 1(37) – С. 22-29.

УДК 004.78 (043.2)

Г.Н. Кременецкий, к.т.н.
(Национальный авиационный университет, Украина)

АППАРАТНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ МЕТОДА РАСПРЕДЕЛЕНИЯ НАГРУЗКИ

Необходимость аппаратной реализации нейроподобных систем обусловлена невысоким быстродействием программных разработок. В статье представлена реализация распределения нагрузки в нейронных сетях с использованием программируемых логических интегральных схем.

Необходимость аппаратной реализации нейроподобных систем обусловлена невысоким быстродействием программных разработок [1, 2].

Для задач, требующих минимального времени принятия решения реализация на программируемых логических интегральных схемах (ПЛИС), а затем и переход к выпуску нейрочипов приводит к значительному повышению быстродействия системы.

Для проектирования нейроподобных систем целесообразно использовать *JHDL*. Эта система разработки аппаратных средств основана на объектно-ориентированном языке программирования высокого уровня *Java*, что дает возможность вести разработку проекта практически на любых современных аппаратных платформах в различных операционных системах.

Процесс разработки на *JHDL* состоит из следующих этапов: описание устройства на языке *Java*, с использованием классов *JHDL*, компиляция классов устройства стандартным компилятором *Java*, отладка и моделирование устройства в *Dynamic Test Bench (DTB)*, генерирование описания устройства в *Electronic Design Interface Format (EDIF)*, затем конвертация *EDIF* в битовый поток прошивки с использованием программного обеспечения производителя ПЛИС (для *Xilinx* это может быть *Alliance* или *Foundation*).

При разработке ПЛИС можно воспользоваться уже существующими модулями: накопителями, умножителями, счетчиками, линиями задержки, декодерами, мультиплексорами, делителями, компараторами, сумматорами и т.д.

На основе этих модулей можно разрабатывать свои классы и пакеты реализующие логику различной сложности.

Иерархическая реализация устройств возможна благодаря матричной структуре ПЛИС, состоящей из конфигурируемых логических блоков (КЛБ), как элементарных ячеек .

Создание схемы нейронной сети начинается с математического описания и схемотического представления основной ячейки – формального нейрона (ФН) [1].

Математическое представление формального нейрона:

$$dout = \sum_{i=1}^{4} a_i X_i \,, \qquad (1)$$

$$nout = f(dout), \tag{2}$$

где выражение (1) – преобразования над входами ФН, (2) – передаточная функция ФН.

Существует множество различных передаточных функций ФН. Обычно применяются пороговая (3), гиперболический тангенс (4) или линейная (5).

$$f(dout) = \begin{cases} 0, dout < p, \\ 1, dout \geq p \end{cases}, \tag{3}$$

$$f(dout) = \frac{e^{dout} - e^{-dout}}{e^{dout} + e^{-dout}}, \tag{4}$$

$$f(dout) = a * dout, \tag{5}$$

Для аппаратного представления пороговой и линейной функций можно воспользоваться стандартными компонентами. Например, для пороговой – компаратором.

Для представления гиперболического тангенса можно воспользоваться разложением функции в степенной ряд Тейлора (6).

$$\begin{gathered} f(x) = a_0 + a_1(x - x_0) + ... + a_n(x - x_0)^n + ... \\ a_0 = f(x_0), a_1 = f'(x_0), ..., a_n = \frac{f^{(n)}(x_0)}{n!}, ... \end{gathered}, \tag{6}$$

В результате разложения мы получим следующую формулу (7):

$$f(dout) = \frac{dout + \frac{dout^3}{6} + \frac{dout^5}{120}}{1 + \frac{dout^2}{2} + \frac{dout^4}{24}}, \tag{7}$$

Разработка нейрочипов на ПЛИС является эффективной, так как позволяет быстро и недорого аппаратно реализовать нейросетевой алгоритм решения конкретной задачи, а в случае успеха быстро и эффективно перейти к выпуску микросхем на базовых матричных кристаллах (БМК) или заказных интегральных схем.

Для проектирования сверхбольших интегральных схем (СБИС) нейрочипов целесообразно использовать пакет системного моделирования *System View* фирмы *Elanix*. С помощью данной системы прорабатывается полная структурная схема системы на алгоритмическом уровне, просчитываются разнообразные временные и спектральные характеристики, проводится анализ помехоустойчивости с учетом особенностей реальных каналов распространения сигналов в зависимости от типа проектируемой системы. В результате получается совокупность функциональных узлов, описываемых специфическим для каждого узла набором параметров.

Вектор параметров узла, рассчитанного на *System View*, является входным для средств проектирования фирмы *XILINX*. Данный вектор аппаратно реализуется на ПЛИС *XILINX* либо с помощью *CORE*-генератора *XILINX*, либо на основе *M*-модулей, причем генерируемые структуры предельно оптимизированы по объему используемых ресурсов и быстродействию. Созданные с помощью *CORE*-генератора логические ядра представляют собой функциональные параметризированные блоки системного уровня, предназначенные

для применения в цифровой обработке сигналов и в нейросетевой обработке данных. Генератор логических ядер *XILINX* является единственным высокоуровневым средством проектирования для ПЛИС, позволяющим создать для заданного функционального блока его модель и одновременно топологию на кристалле, что особенно важно для предварительной оценки объема и производительности модуля до трассировки. С использованием данного *CORE*-генератора возможно быстрое создание критичных к быстродействию и топологическому объему проектов цифровых систем обработки сигналов и нейрообработки, которые не уступают по своим качественным и количественным характеристикам проектам, осуществляемых вручную, создание которых занимает немалое время.

Ввиду матричной структуры ПЛИС, состоящей из конфигурируемых логических блоков (КЛБ), как элементарных ячеек, на кристалле можно построить иерархические блоки более высокого уровня организации, например сумматоры, состоящие из КЛБ. На основе сумматоров затем формируются умножители, из умножителей – отдельные нейроны, а из нейронов строятся фрагменты нейронной сети.

Принцип формирования иерархического фрагмента нейронной сети иллюстрирует рис. 2.

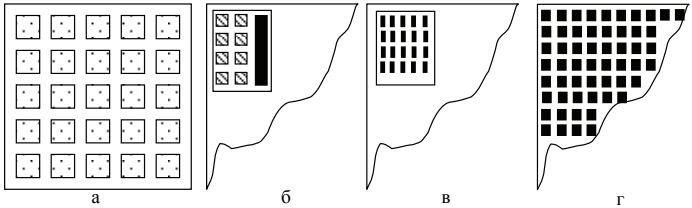


Рис. 1 - Принцип формирования фрагмента нейронной сети на ПЛИС *XILINX*: а-фрагмент нейронной сети на ПЛИС *XILINX* (- один нейрон); б- топология одного нейрона на кристалле ПЛИС *XILINX* (- умножитель); в- топология одного умножителя на кристалле ПЛИС *XILINX* (- параллельный сумматор); г- топология параллельного сумматора на кристалле ПЛИС *XILINX* (- КЛБ)

Выводы

Программируемые логические интегральные схемы *XILINX* на одном кристалле позволяют построить достаточно большое число умножителей, работающих одновременно на большой частоте (до 166 МГц). Большое число внешних выводов ПЛИС, развитая структура быстродействующих межсоединений, повышенная скорость обмена между кристаллами (до 200 МГц) в совокупности позволяют создать на основе ПЛИС законченный достаточно регулярный фрагмент нейронной сети, а затем, осуществляя каскадирование ПЛИС простым соединением указанных для аппаратного каскадирования выводов, построить НС произвольной конфигурации и сложности.

За счет гибкой реконфигурации ПЛИС в одни и те же кристаллы, установленные в конструктиве, возможна загрузка совершенно разных конфигураций нейронных сетей, а, имея развитую библиотеку фрагментов сетей (различных типов нейронов, функций активации и т.д.) и фиксированный аппаратный комплекс (например, *XDSP*-680) на одной и той же программно-аппаратной платформе можно быстро и эффективно решать разнообразные задачи.

Конечно, реальная производительность комплексной системы на основе ПЛИС будет в известной мере ниже приведенной, поскольку часть логических ресурсов задействуется под управление, различные служебные функции, однако в случае построения фрагмента регулярной нейронной сети это снижение не столь значительно (10…20%).

Список литературы

3. Використання ПЛІС для побудови кластерних нейронних мереж. Проблеми інформатизації та управління. – К.: НАУ, 2009. –Вип. 3(27). – С. 79-86.

4. Кременецкий Г.Н. Аппаратные и программные средства реализации системы передачи новостей абонентам // Проблеми інформатизації та управління. – Вип. 7. – К.: НАУ, 2003. – С. 111-113.

5. Степанов С. Ю. Снижение трафика информации в коммутаторной нейронной сети на основе ее фрагментации // ВС/NW. – №2 (13): 10.6. – 2008. Электронная версия на http://network-journal.mpei.ac.ru.

УДК 004.4(043.2)

В.А. Рябоконь, В.В. Клобуков,
Ю.В. Максименко
(Національний авіаційний університет, Україна, м. Київ)

ВІРТУАЛІЗАЦІЯ РОБОЧИХ СТАНЦІЙ НА БАЗІ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ З ВІДКРИТИМ ПРОГРАМНИМ КОДОМ

Розглянуто основні компоненти для системи віртуалізації робочих станцій з використанням програмного забезпечення з відкритим програмним кодом

Віртуалізація робочих станцій останнім часом займає потужний шар програмного забезпеченння. Такі потужні гравці на ринку програмного забезпечення, як Vmware, Microsoft, Citrix мають в своєму портфелі рішення для організації систем віртуалізації робочих станцій. Лідером серед таких програм безперечно є програмне забезпечення VMware View. Свій вклад в розвиток віртуалізації робочих станцій вносить і спільнота програмного забезпечення з відкритим прграмним кодом. Так, компанія RedHat пропонує програмне забезпечення Red Hat Enterprise Virtualization for Desktops, побудоване на базі програмного забезпечення з відкритим прграмним кодом Ovirt. Ovirt використовує такі основні програмні засоби, як операційна система Linux, гіпервізор KVM (Kernel-based Virtual Machine), емулятор QEMU, протокол SPICE(Simple Protocol for Independent Computing Environments), система управління libvirt, розподілена файлова система GlusterFS та інше програмне забезпечення з відкритим програмним кодом.

KVM

KVM (Kernel-based Virtual Machine) являє собою модуль ядра Linux для процесорів з розширеними функціями з підтримки віртуалізації Intel VT або AMD-V. KVM також може працювати на системах на базі сучасних процесорів PowerPC та S390. З використанням KVM можливий запуск багатьох віртуальних машин з немодифікованими операційними системами. Підтримуються операційні системи Windows, Linux, FreeBSD, OpenBSD, OpenSolaris та інші. Для емуляції віртуальних машин і надання доступу до віртуальних машин використовується емулятор з відкритим програмним кодом QEMU. Перевагою KVM є те, що цей гіпервізор є частиною ядра Linux і тому використовує всі переваги Linux. Одним з важливих компонентів KVM є система паравіртуалізаціїї пристроїв virtio. Повна емуляція пристроїв вводу виводу потребує великих затрат від процесорів системи. Для зменшення цих затрат використовуєть паравіртуалізація пристроїв з використанням virtio. Virtio являє собою систему абстракції пристроїв. Ця система складається з back-end і front-end драйверів. Back-end драйвери працюють на стороні гіпервізора і надають стандартизований набір обладнання для роботи гостьових систем. front-end драйвери надають доступ гостьовій операційній системі до пристроїв, які були надані з використанням back-end драйверів. Крім back-end і front-end драйверів virtio визначає два рівні для взаємодії між гіпервізором і

гостьовою системою. На верхньому рівні(який називають virtio) діє інтерфейс віртуальних черг, який приєднує front-end драйвери до back-end драйверів віртуальної машини. Драйвери можуть використовувати декілька черг, або не використовувати їх взагалі, в залежностиі від необхідності. Наприклад, драйвер мережевої карти virtio використовує дві черги – одну для отримання даних, іншу – для передачі.

Сучасні процесори включають функцію передачі систем вводу-виводу(Intel (VT-d *(Virtualization Technology for Directed I/O)*) і AMD (IOMMU (*I/O Memory Management Unit)*), яка дозволяє відображати адреси фізичних пристроїв вводу-виводу PCI в віртуальні середовища. За допомогою цієї технології віртуальна машина отримує доступ до фізичного пристрою вводу-виводу.



Рис. 1. Структура роботи пристроїв virtio

Важливою функцією сучасних систем віртуалізації, що підтримується KVM є міграція гостьових систем з одного сервера віртуалізації на інший без зупинки цих систем і їх сервісів. Це необхідно при побудові систем віртуалізації, що складаються з декількох гіпервізорів і обслуговують велику кількість гостьових систем а також для побудови систем хмарних обчислень. В процесі такої міграції віртуальна машина зупиняється, виконується передача параметрів віртуальної машини з гіпервізора-передавача на гіпервізор – отримувач, потім передається образ оперативної пам'яті з гіпервізора-передавача на гіпервізор – отримувач, після чого на гіпервізорі – отримувачі запускається передана віртуальна машина з переданим образом оперативної пам'яті. Такий процес міграції може бути непомітним для користувача, оскільки займає небагата часу, хоча це залежить від того, який об'єм оперативної пам'яті використовується віртуальною машиною, а також швидкістю передачі даних між гіпервізорами.

QEMU

KVM надає можливість віртуалізації на рівні ядра. Але для надання доступу до віртуальної машини, а також для емуляції пристроїв вводу-виводу,

що не підтримуються систтмою virtio, або передаванням фізичних пристроїв з використанням технології VT-d або IOMMU необхідне використання додаткового програмного забезпечення. Сьогодні основним програмним забезпеченням, що виконує такі функції є емулятор з відкритим програмним кодом QEMU.

QEMU — це машинний емулятор, за допомогою якого можна запускати віртуальні машини різних конфігурацій і платформ. QEMU підтримує емуляці таких архітектур як x86, ARM, ETRAX CRIS, MIPS, MicroBlaze, PowerPC та SPARC. З використанням KVM на обладнанні, що підтримує функції віртуалізації, QEMU використовує ці функції віртуалізації. З використанням QEMU можливий запуск різних операційних систем на гостьовій віртуальній машині: Linux, Microsoft Windows, FreeBSD, DOS, Solaris.

Крім повної емуляції віртуальної машини QEMU може працювади в користувацькому режимі, коли запускається лише одна програма, що створена для роботи на іншій платформі і операційній системі:

qemu-i386 -L / /bin/ls

Існує можливість запуска Linux-систем не з образу диска, а, наприклад ядра, що знаходиться на файловій системі, що можна викоритовувати для тестування нових функцій ядра системи.

qemu-system-i386 -kernel arch/i386/boot/bzImage -hda root-2.4.20.img -append "root=/dev/hda"

Як вже було сказано вище, QEMU використовує інтерфейс virtio для надання гостьовим системам високопродуктивних пристроъв вводу виводу. Крім того в разі необхідності QEMU може емулювати інші пристрої : USB-hub, мережеві карти, графічні планшети, відеоадаптери, дискові пристрої. Для роботи мережевих пристроїв і з'єднання мережі віртуальної машини з реальною мережею QEMU викоритовує такі технології як VLAN(Virtual Private Network) і TUN/TAP. За допомогою цих технологій виконується мережевий зв'язок між віртуальними машинами, віртуальними машинами і фізичною машиною та між віртуальними машинами і реальною мережею. Для налаштування мережі можуть використовуватись вбудовані DHCP-сервер та TFTP-сервер.

Glusterfs

Для розгортання системи віртуалізації з викоритсанням декількох серверів необхідно використовувати систему зберігання інформації, що дозволяє надавати доступ з усіх серверів системи. В системі ovirt використовується файлова система GlusterFS. GlusterFS - це масштабована, розподілена файлова система з можливістю захисту від збоїв. GlusterFS працюючи поверх TCP / IP (і інших підтримуваних мережевих транспортних протоколів) об'єднує виділені дискові простору вузлів мережі в одну паралельних мережеву файлову систему розміри якої можуть нарощуватися до декількох петабайт. GlusterFS працює в користувацькому оточенні ОС через інтерфейс FUSE (Filesystem in Userspace). Це полегшує розробку і налагодження FS, а також дозволяє захистити ядро ОС від помилок в реалізації драйверів ФС. GlusterFS використовує рівень абстракції поверх конкретної

реалізації файлової системи, іншими словами використовує реальну файлову систему всередині себе. Серед пригідних до використання файлових систем, поверх яких працює GlusterFS - ext3, ext4, ZFS, xfs, jfs. Архітектура GlusterFS розділена на клієнтську і серверну частини. Складається з таких частин:brick (цегла) - локальна файлова система виділена під том зберігання; client (клієнт) - машина яка монтує томи (може виступати одночасно і як сервер); server (сервер) - машина яка надає частину своєї файлової системи для клієнта; subvolume (підтем) - brick після обробки як мінімум одним транслятором, надається клієнтові; voluve (тому) - Готова ФС зібрана на клієнті з підтомів.

Ключовим елементом архітектури GlusterFS є так звані "транслятори" - програмні модулі обробляючі та модифікуючі запити на файлові операції. По своєму функціональному призначенню транслятори діляться на:

- Транслятори зберігання даних (відповідають за взаємодію з базовою ФС на вузлах);
- Транслятори передачі даних (мережева взаємодія);
- Транслятори підвищення продуктивності (кешування);
- Транслятори додаткової функціональноті (блокування, права доступу);
- Транслятори кластеризації - найбільш важливий клас трансляторів, який реалізує алгоритми розподілу даних по вузлам.

Транслятори підключаються один за одним утворюючи різні режими роботи, основними з яких є:

distribute - розподіляє файли за наявними підтомами за допомогою хеш-функції. Наприклад один файл записується на першу ноду, другий на другу, третій на третю і так далі. З мінусів можна відзначити що при виході з ладу одного сервера, вся інформація що зберігається на ньому стає недоступною. З плюсів - чим більше додається серверів тим швидше стає доступ до файлів; збільшення тому відбувається за рахунок додавання нового серверу.

replicate - мережевий RAID-1. У цьому режимі кожен сервер зберігає весь набір файлів, запис стає трохи повільніше, зате швидкість така ж як з локального диска, плюс - додається відмовостійкість.

stripe - мережевий RAID-0. Файл розбивається на шматочки які рівномірно розподіляються по підтомам. Плюс - висока швидкість, що особливо відчутно на великих файлах. Мінус - не можливо додати новий підтом.

Висновки

В системі віртуалізації робочих місць Ovirt використовуються компоненти, що дозволяють створити потужну і надійну систему. Всі компоненти системи мають відкрити код, що дозволяє використовувати їх без додаткового навантаження на бюджет і модифікувати під власні потреби.

Список літератури

1. *C. Arnold, M. Rode.* KVM Best Practices.- Берлін, dpunkt.verlag -2012.-301с.
2. Gluster File System 3.3.0, 2012-134с.

УДК 004.45+004.453(043.2)

В.А. Рябоконь, О.С. Зиков,
С.О. Єрмак, Л.П. Клобукова
(Національний авіаційний університет, Україна, м. Київ)

ДЕЯКІ ПРИНЦИПИ ПОБУДОВИ СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ СИСТЕМАМИ ВІРТУАЛІЗАЦІЇ НА БАЗІ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ З ВІДКРИТИМ ПРОГРАМНИМ КОДОМ

Розглянуто компоненти управління віртуальними робочими станціями та доступу до робочого столу системи віртуалізації робочих станцій Ovirt.

Сучасний розвиток комп'ютерної техніки дозволяє використовувати один або декілька потужних серверів для створення цілої інфраструктури обчислювального центру або робочих станцій, при цьому більш продуктивно використовуючи потужності фізичних серверів. Існує багато систем віртуалізації, як фірмових, так і відкритих, що надають можливості з створення і запуску віртуальних машин. Для покращення взаємодії цих систем, управління віртуальним машинами та доступу до віртуальних робочих столів використовується спеціальне програмне забезпечення. Розглянемо декілька програмних засобів з відкритим програмним кодом, що використовується для таких цілей.

Libvirt

Для обслуговування великої кількості гіпервізорів необхідне використання програмного забезпечення, яке б дозволяло управління системами віртуалізації з використанням мережі. В Ovirt використовуэться система управління гіпервізорами libvirt.Libvirt – це бібліотека операційної системи Linux, призначена для управління різними гіпервізорами, включаючи KVM, Xen, Qemu, а також іншими гіпервізорами на базі Linux і інших операційних систем. Libvirt являє собою API для управління гостьовими системами, що надяє стандартний набір функціональності для підтримуваних гіпервізорів. Бібліотека встановлює зв'язки з усіма гіпервізором, використовуючи специфічний для гіпервізора механізм і надає загальний механізм. Цей загальний механізм може використовуватись окремим програмним забезпеченням для управління цими гіпервізорами.

Node – фізичний комп'ютер, linux host (Domain 0) – операційна система фізичного комп'ютера, Hypervisor – гіпервізор операційної системи, Domain - гостьова система, libvirt – бібліотека libvirt. Якщо гіпервізор і програмне забезпечення управління знаходяться на різних ситсемах, то для управління віддаленим гіпервізором на віддаленій системі встановлюється програма-сервер (libvirtd), яка за власним протоколом обслуговує запити від бібліотеки libvirt, що знаходиться на тому ж комп'ютері, що і програма управління, до відповідного гіпервізора з використанням загального механізму, що надає бібліотека libvirt.

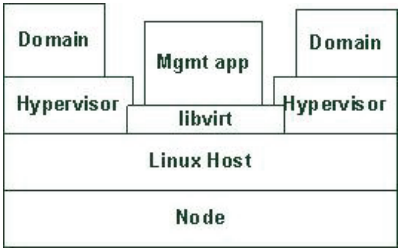


Рис. 1. Схема роботи системи віртуалізації з libvirt

Для управління різними гіпервізорами використовуються драйвери, специфічні для кожного гіпервізора. При цьому libvirt може не надавати функціонал, що існує тільки для якогось окремого гіпервізора, а якщо окремий гіпервізор не підтримує якоїсь загальної функції, то ця функція визначається як непідтримувана для цього конкретного гіпервізора. В складі бібліотеки надається базовий користувацький інтерфейс у вигляді командного середовища virsh(virtualization shell). Це середовище дозволяє використовувати багато функцій libvirt з командного рядка.

SPICE

Для забезпечення високопродуктивного доступу до графічного інтерфейсу користувача гостьових операційних систем в системі Ovirt використовується система Spice. Spice — це система надання доступу до віддалених графічних інтерфейсів і пристроїв(наприклад, клавіатур, мишей, аудіо) комп'ютерів. Використання цієї системи надає користувачу можливість доступу до віддалених машин з схожими можливостями як до локальної машини. Основними компонентами системи Spice є протокол Spice, сервер Spice і клієнт Spice. Також до системи відносяться QXL пристрій і QXL драйвер гостьової операційної системи.

Шлях проходження данних команд графічного інтерфейса розпочинається з запиту користувацької програми до графічної підситеми операційної системи (X або GDI) на виконання операції відображення. Графічна підсистема передає ці команди QXL драйверу, який транслює команди операційної системи в команди QXL і додає їх в командне кільце. Командне кільце знаходиться в пам'яті пристрою QXL. В свою чергу сервер Spice дістає команди з командного кільця і додає їх до дерева графічних команд. В дереві графічних команд знаходиться набір команд, виконання яких буде відображати вміст екрану. Сервер використовує це дерево команд для оптимізації передачі команд до клієнта, відкидаючи команди, приховані іншими командами. Також це дерево використовується для визначення потоку відео. Сервер також керує чергою команд для передачі їх клієнту і оновлення зображення. Коли команда дістається з черги для передачі клієнту, вона транслюється в повідомлення протоколу Spice.

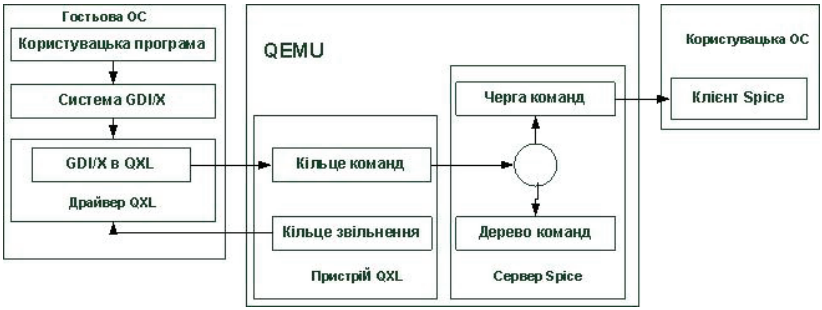


Рис. 1. Схема роботи системи системи Spice.

Команди, вилучені з дерева команд, вилучаються також і з черги передачі. Коли команда більше не потрібна серверу, вона додається в кільце звільнення. Це кільце використовується драйвером для звільнення ресурсів команд. Коли клієнт отримує графічну команду, він використовує її для оновлення екрану. Зв'язок між клієнтом і сервером виконується з використанням каналів. Кожен тип каналу призначено для визначеного типу данних. Кожен канал використовує призначений TCP сокет, і може бути захищений (з використанням SSL) або незахищений. На стороні клієнта кожен канал має окремий потік виконання, що дає можливість призначити різні якості сервісу (QoS) кожному каналу, змінюючи пріорітет його потоку. Існують такі канали: Main(Основний) — керує всіма іншими каналами і відповідає за конфігурування та міграцію; DisplayChannel (Екранний Канал) — працює з графічними командами, зображеними і відео; InputsChannel (Канал Вводу) — відповідає за введення данних з клавіатури і миші; CursorChannel (Канал Курсору) — відповідає за позиціонування вказівника, відображення і форму курсору; PlaybackChannel (Канал Програвання) — отримує звук з сервера і програє його на системі клієнта; RecordChannel(Канал Запису) — передає звук з клієнта на сервер.

Сервер Spice з одного боку зв'язується з клієнтом з використанням протоколу Spice, а з іншого з програмним забезпеченням, що надає доступ до віртуальних пристроїв з використанням Virtual Device Interface(VDI).

Для найкращої продуктивності системи Spice сервер підтримує роботу з віртуальними пристроями QXL з використанням драйверів QXL а також Spice агент, який втановлюється в гостьовій операційні системі і виконує функції з налаштування екрану гостьової системи, захвату курсора миші та інші задачі.

Клієнт Spice — це користувацький інтерфейс для системи Spice. Існують плагіни для Firefox (Linux) і InternetExplorer(Windows), які дозволяють працювати з віддаленою системою прямо з вікна браузера.

Основні переваги системи Spice.

Передача графічних команд - Spice підтримує передачу і обробку 2D графічних команд(3D планується.

Прискорення на рівні фізичного обладнання - Spice клієнт і сервер

можуть використовувати фізичний графічний процесор для відображення зображення з використанням OpenGL або GDI.

Зтиснення зображень - Spice пропонує декілька алгоритмів зтиснення зображень що можуть бути вибрані при запуску сервера або в процесі роботи.

Ovirt

Система Ovirt надає програмне забезпечення, для керування компонентів, що входять до цієї системи. Управілння системою виконується через графічний веб-інтерфейс, за допомогою якого можна керувати підключенням гіпервізорів, систем зберігання інформації. Система дозволяє створювати групи гіпервізорів, систем зберігання і віртуальних машин для кращої організації управління і доступу. Є можливість створювати пули віртуальних машин, що дозволяє надавати швидкий доступ до віртуальних машин, при цьому віртуальні машини створюються на льоту з підготованих шаблонів. В налаштуванні вказується, скільки віртуальних машин повинно чекати в гарячому режимі.

Для контролю доступу користувачів до системи використовується окремий LDAP, в якості якого може бути задіяний Microsoft Active Directory або FreeIPA. При цьому користувач може використовувати веб-портал для управління гостьовими системами та для доступу до робочого стола з використанням системи Spice.

Висновки

Система з відкритими програмним кодом Ovirt надає можливості для створення високопродуктивної високонадійної системи віртуалізації робочих місць з можливістю інтеграції її в інфраструктуру організації. Система дозволяє створювати робочі місця, віртуальні учбові класи і лабораторії на базі різних операційних систем з наданням високоякісного інтерфейсу.

Список літератури

1. *R. Warnke, T. Ritzau.* qemu-kvm&libvirt Books on Demand GmbH, Norderstedt, 2010, 376c.

2. Spice for Newbies, Red Hat inc, 2009-12c.

УДК 004.91.001.36 (043.2)

В.В. Клобуков, С.І. Волхонський,
С.О. Єрмак,О.С.Зиков, Д.В. Самофалов
(Національний авіаційний університет, Україна, м. Київ)

ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ СУЧАСНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ (ТЕХНОЛОГІЧНИХ) ПЛАТФОРМ ДЛЯ СТВОРЕННЯ СИСТЕМ ЕЛЕКТРОННОГО ДОКУМЕНТООБІГУ

Розглянуто сучасні інформаційні платформи для створення систем електронного документообігу (СЕД.). Наведені результати порівняльного аналізу СЕД на базі технологічних платформ SharePoint від Microsoft і Lotus Notes/Domino від IBM.

Термін СЕД в літературі, пресі та в IT-співтоваристві застосовується в різних контекстах, але найбільш адекватним визначенням, мабуть, буде визначення СЕД як комплексу інтегрованих додатків, які автоматизують бізнес процеси управління документами в конкретній організації.

При розробленні і впровадженні корпоративної СЕД одним з центральних моментів є правильний вибір інформаційної платформи для її розроблення, яка б дозволяла вирішувати завдання функціональних груп користувачів в інтегрованому комплексі додатків, забезпечувала автоматизацію бізнес-процесів на основі єдності механізмів зберігання, пошуку, маршрутизації документів, навігації в системі користувачів, налаштувань і модифікації додатків, адміністрування і управління безпекою, інтеграцію з іншими підсистемами IT-інфраструктури тощо.

Нині, для розгортання корпоративної СЕД, замовникові надається можливість розгляду, з певною умовністю, трьох основних варіантів створення і впровадження системи:

1) універсальне коробкове рішення; 2) індивідуальне розроблення на замовлення; 3) комбіноване рішення - на основі кастомізації коробкового варіанту, побудованого з використанням тієї або іншої базової технологічної (інформаційної) платформи (адаптації вже наявного продукту під конкретного споживача).

Універсальне коробкове рішення.

Коробкові СЕД - це програмні продукти (ПП), призначені, як правило, для невизначеного кола користувачів і що поставляються на умовах або "як є", із стандартними для усіх покупців наборами функцій, або з можливістю певних доопрацювань.

Але необхідно відмітити, що коробковий сегмент так називається дуже умовно - в ньому теж багато речей налаштовуються, просто їх налаштування відбувається в менших межах.

Існують і принципово інші коробкові СЕД-платформи, що відносяться до вільного програмного забезпечення або використовують відомі технологічні платформи (IBM Lotus Notes/Domino, IBM FileNet, Microsoft SharePoint). Подібні СЕД-платформи дозволяють проводити доопрацювання і адаптацію ПП під вимоги організації-замовника.

Розроблення СЕД на замовлення.

Безперечним плюсом замовленого програмного забезпечення СЕД є створення його за вимогами замовника відповідно до усіх особливостей організації на підставі детального обстеження об'єктів інформатизації.

Замовлене програмне забезпечення корисно в першу чергу для тих сфер автоматизації, де ця функція є специфічною. У деяких організаціях документообіг і діловодство можуть бути побудовані таким чином, що коробкові рішення не зможуть дати необхідного економічного ефекту. Впровадження замовленої СЕД забезпечує максимальну персоніфікацію системи, але при цьому мають місце великі тимчасові витрати і висока вартість розробки.

Комбіноване рішення при створенні СЕД.

Комбіноване рішення при створенні корпоративної СЕД припускає, передусім, вибір базової, системо утворюючої платформи, на якій розробляються необхідні додаткові модулі.

На поточний період на світовому ринку існує достатньо велика кількість СЕД, які заслуговують уваги та надають засоби щодо автоматизації систем документообігу. Але, використовувати систему, не локалізовану, і яка не має достатньої підтримки в Україні, недоцільно. Тому розглянемо системи основних виробників, присутніх на українському ринку:

Microsoft. Як основу Microsoft пропонує використовувати продукт Microsoft Exchange – сервер у комплекті із клієнтським додатком Microsoft Outlook, а також Microsoft SharePoint Portal Server як інформаційне сховище документів і засіб комплексної системи автоматизації документообігу.

IBM/Lotus/Content Manager. Компанія IBM пропонує використовувати платформу Lotus Notes як базовий засіб автоматизації документообігу, колективної роботи і організації сховищ документів.

Documentum. Дана компанія представлена на ринку однойменним продуктом, що представляє собою потужний архів документів, з можливістю розроблення додатків і автоматизації бізнес-процесів обробки документів. Продукт розроблений на платформі Microsoft SharePoint.

Humminbird. Компанія є власником групи продуктів Docs Fusion – корпоративного сервера архіву документів і технології потужної пошукової системи Fulcrum.

Усі перераховані продукти – це відкриті системи, які є саме платформами для розроблення додатків. Більше того, на базі кожного з них різні компанії розробили достатню кількість додатків, в тому числі щодо систем електронного діловодства. Але треба відзначити, що сьогодні не існує однозначно ідеальної платформи для впровадження системи автоматизації документообігу.

Такий стан систем електронного документообігу зумовлює складність і неоднозначність проведення оцінок і порівнянь між системами. Під час порівняльних досліджень розповсюдженими є випадки, коли позитивні оцінки експерти роблять завдяки суб'єктивній оцінці функціональних можливостей систем.

Розгляд основних технологічних платформ провідних виробників для

побудови СЕД і корпоративних порталів, представлених на ринках України, дозволяє, серед безлічі продуктів, виділити три основні групи:

1. Продукти на основі SharePoint від Microsoft.
2. Продукти, побудовані на платформі Lotus Notes/Domino від IBM.
3. Інші продукти, що розвиваються самостійно і що пропонують свої рішення, у тому числі і безкоштовні, але доки не займаючі істотні частки ринку.

Оскільки третя група продуктів займає незначну частку ринку, то це означає, що рішення або не мають необхідної функціональності, або погано адаптовані для вітчизняних умов і користувачів. Тому обмежимося порівнянням перших двох платформ: SharePoint від Microsoft і Lotus Notes/Domino від IBM.

Сімейство продуктів SharePoint.

SharePoint - ця скорочена назва продуктів і технологій Microsoft SharePoint. Їх можна використати з метою створення сайтів, для спільної роботи і обміну даними з іншими користувачами, для управління документами впродовж усього їх життєвого циклу, публікації звітів. SharePoint включає наступні продукти і технології:

SharePoint Foundation, SharePoint Server, Microsoft SharePoint Server 2010, SharePoint Online, SharePoint Designer, SharePoint Workspace, EOS for SharePoint 2010.

Сімейство продуктів Lotus Notes/Domino.

Якщо дати формальне визначення Lotus Domino і Notes – то це система і засоби створення і ведення розподілених баз даних колективного доступу, інтегровані з можливостями електронної пошти, призначені для збору, організації та розподілу інформації і знань.

Lotus Domino і Notes самі по собі, а також у поєднанні з іншими продуктами сімейства Domino включають усі технології, які призначені для створення середовища колективної роботи. Та все ж якщо говорити про ключові технології, важливі з точки зору розуміння архітектури продукту і можливостей його застосування, то можна виділити наступні: документоорієнтована база даних; засоби розробки додатків; система електронної пошти; система реплиціювання (тиражування) документів, інформації і додатків; засоби захисту інформації і розмежування доступу; засоби календарного планування і складання розкладів; Web- технології і технології Internet/Intranet; засоби інтеграції з реляційними базами даних, системами управління ресурсами підприємств(ERP).

Результати порівняння СЕД на основі SharePoint від Microsoft і Lotus Notes/Domino від IBM дають підстави стверджувати, що продукти компанії Microsoft і IBM мають усі функціональні можливості для організації СЕД і порталу організації. Це інструменти для спільної роботи, зберігання контенту, роботи з поштою і офісними додатками, передачі миттєвих повідомлень, засоби автоматизації бізнес процесів і реалізації інших можливостей. В той же час, в Microsoft SharePoint, на думку EOS for SharePoint, відсутній повноцінний функціонал, необхідний для ефективної автоматизації електронного документообігу.

Висновки.

1. У найзагальнішому вигляді, одна з головних цілей впровадження СЕД полягає у створенні спільної платформи для інтеграції усієї різноманітності процесів, що автоматизуються, в єдину систему.
2. Вибору того або іншого рішення по впровадженню СЕД повинне передувати інформаційне обстеження об'єктів автоматизації з подальшою експертною оцінкою можливих варіантів впровадження СЕД.
3. Для великого бізнесу і державних організацій найбільш загальним є підхід до впровадження СЕД на базі готового рішення, реалізованого на універсальній технологічній платформі, з подальшим її розвитком і урахуванням існуючих або знову виникаючих інформаційних запитів.
4. Характер критики і порівнянь платформ дозволяють зробити висновок, що дискусії про найкращу платформу для організації документообігу значною мірою обумовлені якістю маркетингової політики конкуруючих корпорацій.
5. В результаті порівняння СЕД на основі платформ SharePoint від Microsoft і Lotus Notes/Domino від IBM і з урахуванням рейтингів популярності ключової функціональності, технічної досконалості, технічних можливостей платформ в НАУ впроваджується СЕД ItS Office від Інтерсофт на основі Lotus Notes/Domino від IBM.

Список літератури

1. Ноэл, Майкл, Спенс, Колин. Microsoft SharePoint 2010. Полное руководство. : Пер. с англ. — М. : ООО “И.Д. Вильямс", 2011. — 880 с.

2. Стив Керн, Дебора Линд, Дебора Пенни и др. Lotus Notes и Domino 6. Руководство разработчика. Пер. с англ.-Киев, ООО "DiaSoft", 2005,-880 с.

3. Линд Дебби, Lotus Notes и Domino 5/6. Энциклопедия программиста, 2-е изд. перераб. и доп.: - Пер. с англ./Дебби Линд, Стив Керн. - К.: ООО «ТИД «ДС», 2003. - 1024 с.

4. Н.Н. Ионцев, В.А. Панов, А.В. Данилин. Разработка приложений и администрирование в Lotus Notes 3.x.. 1995, 224 с.

УДК 004.738.5 (043.2)

В.А. Рябоконь, О.С. Зиков,
В.В. Клобуков, Ю.В. Максименко
(Національний авіаційний університет, Україна, м. Київ)

ТЕХНІЧНІ АСПЕКТИ РОЗВИТКУ БЕЗДРОТОВИХ ШИРОКОПОЛОСНИХ МЕРЕЖ ПЕРЕДАЧІ ДАНИХ НА БАЗІ СТАНДАРТУ IEEE802.11.

Розглянуто основні переваги і технічні інновації, що використовуються в стандарті передачі даних в мережах широкополосного бездротового доступу IEEE802.11ac

Одним з основних недоліків бездротових комп'ютерних мереж є невелика в порівнянні з дротовими мережами пропускна здатність(менше 300 Мб/с для стандарту IEEE 802.11n, до 600 Мб/с в теорії). Допомогти в вирішенні цієї проблеми призначено стандарту IEEE 802.11ac.

Стандарт IEEE 802.11ac - одна з останніх розробок робочої групи IEEE 802.11. Мета розробки - збільшення пропускної здатності WLAN та надання користувачам більше можливостей порівняно з попередньою версією стандарту - IEEE 802.11n. Розробникам вдалося добитися цього завдяки збільшенню ширини каналу в два і чотири рази, а також суттєвих змін на рівні управління доступом до середовища передачі (MAC), збільшення кількості потоків багатокористувацького MIMO з 4 до 8, застосуванню MU-MIMO, модуляції 256-QAM і "beamforming" (динамічної зміни діаграми спрямованості антен).

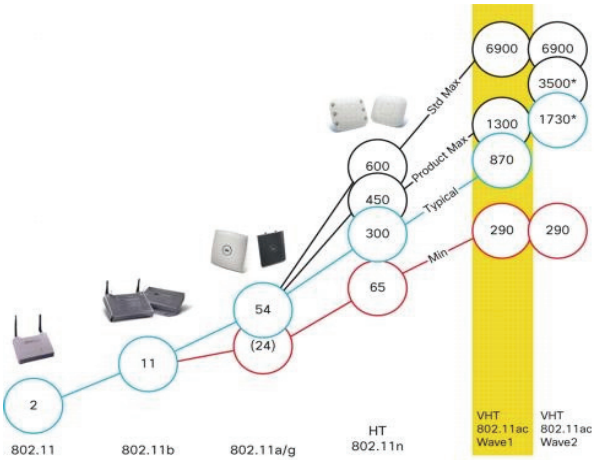


Рис. 1 Еволюція пропускної здатності систем бездротової передачі даних на базі стандарту IEEE 802.11.

Функціонування устаткування, що підтримує стандарт IEEE 802.11ac, передбачається всередині приміщень (режим "indoor"), в діапазоні частот 5 ГГц. Оскільки в даний час в цих діапазонах вже працюють системи широкосмугового радіодоступу стандарту IEEE 802.11, в тому числі попередня версія "n", виникає необхідність визначення умов спільної роботи вже існуючих і нової систем "Wi-Fi". У діапазоні 5 ГГц на первинній основі розподілені смуги частот для служби радіовизначення (погодних радарів, що забезпечують безпеку польотів авіації) і станцій радіорелейних ліній прямої видимості. Між цими системами та обладнанням IEEE 802.11ac можуть виникати взаємні перешкоди, і завдання забезпечення взаємодії та сумісності всіх цих технологій в діапазоні частот 5 ГГц набуває важливого значення.

Стандарт 802.11ac використовує OFDM(Orthogonal Frequency Division Multiplexing) так само як і 802.11a та 802.11n. OFDM використовує для передачі даних піднесущі, розділені між собою на однакову частоту

802.11ac використовує такі технології для збільшення пропускної здатності:

Канали шириною 80Mhz і 160Mhz, що дозволяє відразу подвоїти/почетверити результати 802.11n. Це було однією з причин для переходу на діапазон 5 ГГц, оскільки в діапазоні 2,4 ГГц неможливо розмістити достатню кількість каналів шириною 80-160 МГц.

Максимальне число Spatial Streams збільшили до 8, що дозволяє ще раз подвоїти швидкості.

Оптимізація модуляції і методів передачі пакетів дозволяє добитися того, що високі швидкості будуть доступні не тільки в радіусі 4м від точки доступу.

Разом, склавши всі фактори, ми можемо отримати швидкість, в теорії ,у більш ніж вісім разів більшу, ніж показники 802.11n - порядку 5Gbps. На практиці, ж, така швидкість практично недосяжна через обмежуючі фактори.

Крім швидкостей, 802.11ac пропонує два ключових покращення:

1. Beamforming (формування діаграми спрямованості)- можливість динамічно змінювати діаграму спрямованості антен. В ідеалі, це означає, що зона покриття точки доступу оптимально підлаштовується під поточне розташування клієнтів. За допомогою beamforming точки доступу можуть сфокусувати радіохвилі саме на клієнтському обладнанні. Це досягається підсиленням та фазуванням сигналів(в контролері Wi-Fi) або фізичним спрямуванням діаграми направленості з використанням антенної решітки.

Формування діаграми направленості електронним способом(в контролері Wi-Fi) потребує підтримки такого способу в клієнтському обладнанні. Існує три методи формування такої діаграми. :

- застаріле формування – використовує технологію обробки сигналу і декілька шляхів передачі сигналу до застарілих приладів 802.11 a/g/b в сторону клієнта.
- неявне формування - використовує деяку інформацію від клієнтського пристрою при первинному з’єднанні, щоб визначити, як краще сформувати Wi-Fi діаграми в напрямку клієнтів. Тим не менш, без явного зворотного зв'язку з клієнтами, точки доступу не мають можливості

дізнатися, чи сформовані діаграми працюють належним чином і г оптимальними.

- Явне формування діаграми спрямованості вимагає підтримки в клієнті таких же можливостей, що й в точці доступу, і точки доступу мають можливість збирати інформацію про клієнтське середовище, необхідне для динамічної зміни діаграми спрямованості і покращення обслуговування клієнтів.

На відміну від електронного формування діаграми направленості, фізичне формування відбувається з використанням спеціальної багато-елементної антенної решітки і спеціального програмного забезпечення і працює на PHY і MAC рівнях. Цей спосіб потребує підтримки лише на точці доступу і може підтримувати як сучасні так і застарілі стандарти 802.11(a,b,g,n). Зміна діаграми направленості виконується в динамічному режимі і адаптується до зміни середовища і розміщення клієнтів.



Рис. 2. Приклад діаграми спрямування при формуванні з використанням антенної решітки.

2. MU-MIMO. Мережі Wi-Fi - напівдуплексні: поки один передає - інші слухають. Пакети передаються послідовно - в один момент часу передається один пакет. Якщо у «трубі» в 450Mbps (802.11n 3x3: 3 MIMO) йде потік в 1Mbps - використовується 1/450 смуги пропускання. Якщо при цьому прибувають дані для іншого клієнта - використовувати незадіяну смугу пропускання не вдасться. У підсумку в мережах 802.11n з великою кількістю нешвидких клієнтів (тобто корпоративних) переваги стандарту 802.11n виявляються незадіяними. MU-MIMO дозволяє розбити «трубу» на кілька «трубок меншого діаметру» і передавати дані по ним паралельно. Поки що, говорять про два варіанти реалізації MU-MIMO в 802.11ac: SDMA (Space Division Multiple Access) дозволяє передавати дані різним клієнтам за різними Spatial Streams (для цього використовується Beamforming), Downlink MIMO дозволяє розбити піднесущі OFDM на групи, і динамічно виділяти кожного клієнта потрібну кількість піднесущих. Таким чином, навіть якщо до точки

доступу будуть під’єднані клієнти 2x2:2 MIMO - все одно можна буде використовувати весь потенціал «труби».

Висновки

Сучасні технології, що використовуються для роботи систем WLAN стандарту 802.11ac дозволяють досягти високих швидкостей передачі даних, приблизних до швидкостей передачі даних в дротових мережах.

Список літератури

1. 802.11ac Technology Introduction. Rohde & Schwarz GmbH & Co. KG Munchen 2012, 29c.
2. *R. Watson.* Understanding the IEEE 802.11 ac Wi-Fi Standard . 2012, 10c
3. 802.11ac: The Fifth Generation of Wi-Fi. Cisco Systems. 2012, 25c.

УДК 517.521.8

В.П. Денисюк, д.ф.-м.н, проф.,
Л.В. Рибачук, к.ф.-м.н.,доц.,
(Національний авіаційний університет, Україна, м. Київ)

ПРО ОДИН МЕТОД ЛІНІЙНОГО ПІДСУМОВУВАННЯ ТРИГОНОМЕТРИЧНИХ РЯДІВ ФУР'Є

Розглянуто метод лінійного підсумовування тригонометричних рядів Фур'є функцій $f(t)$ з допомогою введення в ці ряди множників, що залежать від номера коефіцієнта та від параметра α. У випадку дискретних значень параметра α отримуємо добре відомі лінійні матричні методи підсумовування рядів Фур'є.

Як відомо [1], ряд Фур'є функції $f(t)$, $f(t) \in L^2_{[0,2\pi]}$ збігається до цієї функції майже всюди (теорема Карлесона, 1966р).

Зрозуміло, що лише неперервність функції не забезпечує рівномірної збіжності її ряду Фур'є. Відомі приклади навіть неперервних функцій з $L^2_{[0,2\pi]}$, ряд Фур'є яких розбігається в окремих точках.

Для отримання рівномірної збіжності рядів Фур'є неперервних функцій часто застосовують спеціальні методи, які отримали назву лінійних матричних методів підсумовування. Частинним випадком матричних методів є метод підсумовування з трикутною матрицею, або інакше методи λ-підсумовування рядів Фур'є [3]. Одним з прикладів методів λ-підсумовування є підсумовування за методом Фейєра (Чезаро). Як відомо, цей метод полягає в тому, що замість скінченної суми ряду Фур'є розглядають середнє арифметичне цих сум. Нескладно показати, що це середнє можна подати у вигляді

$$S_n(\lambda, t) = \frac{a_0}{2}\lambda_0^{(n)} + \sum_{k=1}^{n} \lambda_k^{(n)} (a_k \cos kt + b_k \sin kt),$$

де

$$\lambda_k^{(n)} = 1 - \frac{k}{n+1}.$$

Ідея введення множників у скінченні суми Фур'є виявилася досить плідною і привернула увагу багатьох дослідників. Так, зокрема, було введено у розгляд множники Гауса – Вейерштрасса, Пуассона, Рімана, Ріса, Валле – Пуссена, Бохмана, Рогозинського тощо. Спільним для перелічених множників є те, що вони монотонно спадають (у широкому розумінні) від 1 з ростом k і n, ($k < n$), залишаючись додатними.

Характерним для методів λ-підсумовування рядів Фур'є є те, що при їх застосуванні розглядають збіжність скінченних сум $S_n(\lambda, t)$ до заданої функції $f(t)$, яка залишається незмінною.

Проте звернемо увагу на один класичний результат, що належить Ме-

ньшову [2].

Теорема Меньшова. Нехай функція $f(t)$ вимірна за Лебегом та майже всюди скінченна на $[0,2\pi]$. Тоді для будь якого $\delta > 0$ існує функція $\phi(t)$, така що $mE(f \neq \phi) < \delta$, причому її ряд Фур'є збігається рівномірно на $[0,2\pi]$.

У цій теоремі, напевне, вперше розглядається можливість заміни функції $f(t)$ іншою функцією $\phi(t)$, близькою до $f(t)$ у тому чи іншому розумінні, для того, щоб отримати рівномірно збіжний ряд Фур'є; відзначимо, що така заміна функції $f(t)$ функцією $\phi(t)$ здійснюється безпосередньо.

Як виявилося, такий перехід від функції $f(t)$ до функції $\phi(t)$ шляхом зміни коефіцієнтів Фур'є функції $f(t)$ є можливим; досягається він застосуванням методу лінійного підсумовування не скінченних сум, а саме ряду Фур'є функції $f(t)$ із множником певного типу, що залежить від параметра.

В даній роботі розглядається метод лінійного матричного підсумовування рядів Фур'є функції $f(t)$, який полягає в тому, що коефіцієнти ряду домножуються на деякий множник, що залежить лише від номера коефіцієнта та від параметра α. Отримана в результаті такого підсумовування функція $f(\alpha,t)$ відрізняється від заданої функції $f(t)$ на визначених відрізках, довжина яких може бути як завгодно малою; ряд же Фур'є функції $f(\alpha,t)$ збігається рівномірно.

Розглянемо множник

$$\sigma(\alpha,k) = \frac{\sin(k\frac{\alpha}{2})}{k\frac{\alpha}{2}}, \quad k = 1,2,\ldots; 0 < \alpha < 2\pi .$$

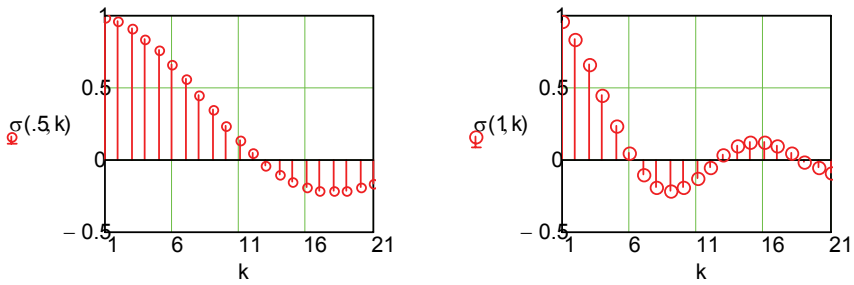


Рис.1. Графік множника $\sigma(\alpha,k)$ як функція k при деяких значеннях параметра α.

Розглянемо дію цього множника на функцію $f(t)$ на деяких прикладах.

Приклад 1. На відрізку $[0,2\pi]$ розглянемо прямокутний імпульс

$$f(t)=\begin{cases}\dfrac{\pi}{4}\ , & 0\le t\le\pi;\\ -\dfrac{\pi}{4}\ , & \pi<t<2\pi.\end{cases}$$

Ряд Фур'є цієї функції, періодично продовженої з періодом 2π, має вигляд

$$S(t)=\sum_{k=1}^{\infty}\frac{\sin(2k-1)t}{2k-1}. \qquad (1)$$

Цей ряд збігається рівномірно на відрізках $[a',b']$, $0<a'<b'<\pi$ і $[a'',b'']$, $\pi<a''<b''<2\pi$; в точках $k\pi$, ($k=0,\pm1,\pm2,\ \ldots$) ряд збігається до 0; зауважимо, коефіцієнти цього ряду мають порядок $O(k^{-1})$.

Для усунення розривів функції $f(t)$ та отримання рівномірно збіжного ряду Фур'є застосуємо метод лінійного підсумовування рядів Фур'є. Для цього задамо деякий параметр α, ($0<\alpha<\pi$), і розглянемо ряд

$$S(t,\alpha)=\sum_{k=1}^{\infty}\sigma(2k-1,\ \alpha)\frac{\sin(2k-1)t}{2k-1}. \qquad (2)$$

Наведемо графіки скінченних сум цього ряду при різних значеннях пара метра α.

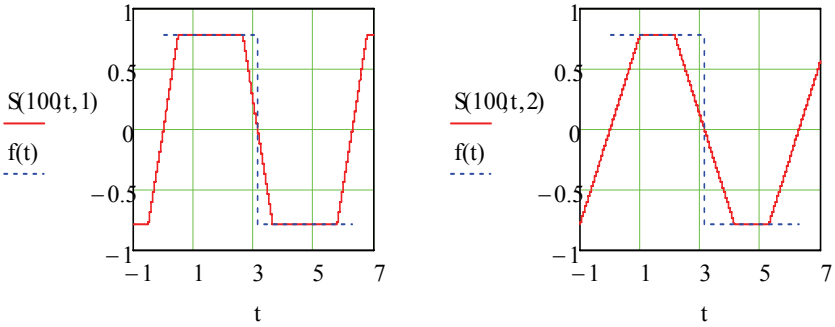


Рис.2. Графік скінченних сум $S_{100}(t,\alpha)$ при різних значеннях параметра α

Нескладно порахувати, що сумарна довжина відрізків, на яких функція $f(t,\alpha)$ відрізняється від функції $f(t)$, дорівнює 2α; зрозуміло, що за рахунок вибору значення α цю величину можна зробити як завгодно малою. Проте при малих значеннях параметра α уповільнюється швидкість збіжності ряду в точках $\alpha/2$, $\pi\pm\alpha/2$ і $2\pi-\alpha/2$; тому при виборі значення цього параметра доцільно дотримуватися певного компромісу.

Приклад 2. На відрізку $[0,2\pi]$ розглянемо неперервну функцію

$$f(t)=t-\pi\ ,\quad t\in[0,2\pi].$$

Ряд Фур'є цієї функції має вигляд

$$S(t) = -2\sum_{k=1}^{\infty} \frac{\sin kt}{k} . \qquad (3)$$

Хоча в середині інтервалу збіжність можна вважати задовільною, на кінцях інтервалу в околах точок 0 та 2π збіжність порушується; більше того, порушення збіжності шкідливо впливає і на поведінку скінченних сум і в середній частині інтервалу розкладу.

Як і раніше, застосуємо метод лінійного підсумовування з множником $\sigma(\alpha, k)$; отримуємо ряд

$$S(t,\alpha) = -2\sum_{k=1}^{\infty} \sigma(\alpha,k) \frac{\sin kt}{k} . \qquad (4)$$

Графік скінченних сум цього ряду при різних значеннях параметра α наведено на рис 3.

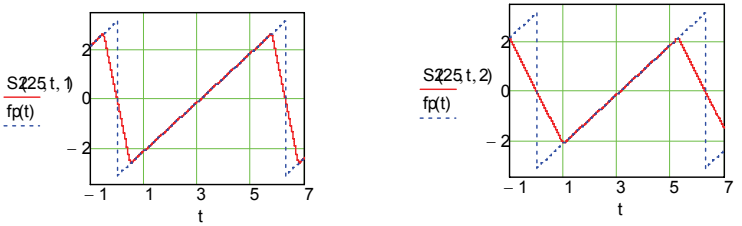


Рис. 3. Графік частинних сум $S_{25}(t,1)$ і $S_{25}(t,2)$ при різних значеннях параметра α.

Нескладно порахувати, що в цьому випадку сумарна довжина відрізків, на яких функція $f(t,\alpha)$ відрізняється від функції $f(t)$, дорівнює α; за рахунок вибору значення α цю величину можна зробити як завгодно малою. Проте і в цьому випадку при малих значеннях параметра α уповільнюється швидкість збіжності ряду тепер в точках $\alpha/2$ і $2\pi - \alpha/2$; як і раніше, при виборі значення цього параметра доцільно дотримуватися певного компромісу.

Висновки

Запропонований метод лінійного підсумовування тригонометричних рядів Фурє, застосування яких дозволяє підвищувати швидкість збіжності цих рядів.

Список літератури

1. *Блаттер К.* Вейвлет-анализ. – Москва, 2004. – 280 с.
2. *Бари Н.К.* Тригонометрические ряды. – М.: Госиздат физ.-мат.лит., 1961. – 936 с.
3. *Дзядык В.К.* Введение в теорию равномерного приближения функций полиномами. – М.: Наука, Главред физ.-мат.лит., 1977. – 512с.

УДК 519.6

В.П. Денисюк, д.ф.-м.н., проф.
Л.В. Рибачук, к.ф.-м.н., доц.
(Національний авіаційний університет, Україна, м. Київ)

ПОЛІНОМІАЛЬНІ ВЕЙВЛЕТИ З ФІНІТНИМ НОСІЄМ

В роботі запропоновано клас поліноміальних вейвлетів з фінітним носієм, застосування яких потребує менших обчислювальних ресурсів..

Вейвлет–перетворення одновимірного сигналу полягає в його розкладі по базису, сконструйованому із певної солитоноподібної функції (вейвлета) шляхом масштабних змін і переносів.

Вейвлет–перетворення забезпечує двовимірну розгортку досліджуваного сигналу; при цьому частота і координата розглядають як незалежні змінні. Результатом такого аналізу є можливість досліджувати властивості сигналу одночасно в фізичному (час, координата) і в частотному просторах.

Дійсні вейвлети часто конструюються на базі похідних функції Гауса, тобто

$$\psi_m(t) = (-1)^m \frac{d^m}{dt^m}\left[\exp\left(-\frac{t^2}{2}\right)\right],$$

перетворення Фур'є яких має вигляд

$$\tilde{\psi}_m(t) = m(-ik)^m\left[\exp\left(-\frac{k^2}{2}\right)\right].$$

На основі функції Гауса будується також добре відомі DOG- вейвлет, вейвлет Морле тощо [1].

Всі вейвлети, що зустрічаються на практиці, належать також і простору $L^1(R)$; більшість з них неперервні, деякі диференційовні, а найбільш уживані вейвлети мають ще й компактний носій. Надалі простори $L^1(R)$ і $L^2(R)$ будемо позначати символами L^1 і L^2.

Певним недоліком вейвлетів, побудованих на базі похідних функції Гауса є те, що вони мають необмежений носій.

Природним є питання, чи існують функції з компактним носієм, похідні яких являють собою вейвлети. Відповідь на це питання є ствердною; один з класів таких функцій розглядається в даній роботі.

1. Розглянемо функцію

$$\phi(m,x) = \begin{cases} sign(-x)C_m\left(x^2 - |x|\right)^{m+1}, & |x| \le 1; \\ 0, & |x| > 1, \quad m = 0, 1, \ldots. \end{cases} \tag{1}$$

Легко бачити, що функція $\phi(m,x)$ є фінітною з носієм $\operatorname{supp}\phi(m,x) = [-1, 1]$ і $\phi(m,x) \in C^m_{(-\infty,\infty)}$. Перевіримо, чи може ця функція використовуватися в ролі базового вейвлета.

Зрозуміло, що $\phi(m,x)\in L^1\bigcap L^2$ при будь яких m, оскільки вона обмежена і має фінітний носій. Норма цієї функції в просторі L^2 визначається сталою C_m, значення якої завжди може бути вибране таким чином, щоб $\|\phi(m,x)\|_{L^2}=1$. Так само зрозуміло, що вираз $|t|^q|\phi(m,x)|$ є інтегровним на всій вісі при будь яких $m,\ q$, ($m,\ q=0,1,\ldots$), тобто цей вираз належить простору L^1; отже, функція $\phi(m,x)$ має моменти будь якого порядку q, ($q=0,1,\ldots$). Далі, функція $\phi(m,x)$ є непарною при будь якому m; отже, значення її перетворення Фур'є $\hat{\phi}(m,\,0)=0$.

Перелічені властивості дають підстави стверджувати, що функція $\phi(m,x)$ може використовуватися в ролі базового вейвлета.

Наведемо графіки функції $\phi(m,x)$ при $m=0,\,1,\,2,3$; значення сталих C_m покладалося рівним $C_m=4^{m+1}$.

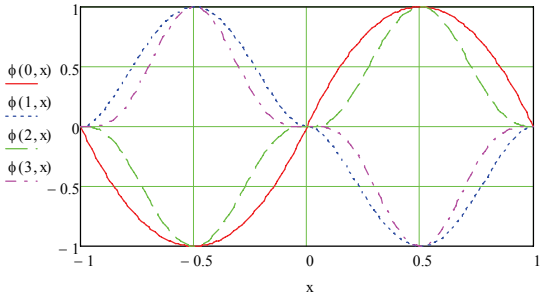


Рис.1. Графіки функції $\phi(m,x)$ при $m=0,\,1,\,2,\,3$.

Лінійною заміною змінних $t=2x-1$ відобразимо функції $\phi_{01}(m,x)$ на відрізок $[0,1]$; проте надалі замість аргумента t будемо вживати аргумент x.

Визначивши базовий вейвлет $\phi(m,x)$, визначимо системи вейвлетів $\phi_{ab}(m,x)$ таким чином

$$\phi_{ab}(m,x)=\frac{1}{\sqrt{a}\cdot\sqrt{\|\phi(m,x)\|}}\,\phi\left(m,\frac{x-b}{a}\right),$$

де $\|\phi(0,x)\|=\frac{3\cdot5}{2^3}$; $\|\phi(1,x)\|=\frac{5\cdot7\cdot9}{2^7}$; $\|\phi(2,x)\|=\frac{3\cdot7\cdot11\cdot13}{2^{10}}$; $\|\phi(3,x)\|\approx0.299538$; нескладно обчислити норми $\phi(m,x)$ і при інших значеннях m.

2. Функція $\phi(m,x)$, визначена формулою (1), задана на відрізку $[0,1]$. Ця функція має цікаву особливість, а саме: її похідні порядку $2(m+1)$ являють собою функцію Хаара (неприведену), яка, як відомо, визначається рівністю

$$H(x)=\begin{cases}1, & 0\le x<0.5;\\ -1, & 0.5\le x\le 1;\\ 0, & x\notin[0,1].\end{cases}$$

Інакше кажучи, функція $\frac{d^{2(m+1)}}{dx^{2(m+1)}}\phi(m,x)$ в свою чергу є добре відомим вейвлетом. Нескладно показати, що й деякі похідні порядків $n,\ n=1,2,\ldots,2m+1$ цієї функції також є вейвлетами (див. таблицю 1).

Таблиця 1.

Таблиця поліноміальних вейвлетів, породжених функцією $\phi(m,x)$ та її похідними

Значення параметра m	$\phi(m,x)$	$\phi^{(1)}(m,x)$	$\phi^{(2)}(m,x)$	$\phi^{(3)}(m,x)$	$\phi^{(4)}(m,x)$	$\phi^{(5)}(m,x)$	$\phi^{(6)}(m,x)$	$\phi^{(7)}(m,x)$	$\phi^{(8)}(m,x)$
$m=0$	Вейвлет неортог. непер.	Вейвлет ортогон. розривн.	Вейвлет ортогон. Хаара	-	-	-	-	-	-
$m=1$	Вейвлет неортог. непер.	Вейвлет неортог. непер.	Вейвлет ортогон. розривн.	Вейвлет ортогон. розривн.	Вейвлет ортогон. Хаара	-	-	-	-
$m=2$	Вейвлет неортог. непер.	Вейвлет неортог. непер.	Вейвлет неортог. непер.	Вейвлет ортогон. розривн.	Вейвлет неортог. розривн.	Вейвлет ортогон. розривн.	Вейвлет ортогон. Хаара	-	-
$m=3$	Вейвлет неортог. непер.	Вейвлет неортог. непер.	Вейвлет неортог. непер.	Вейвлет неортог. непер.	Вейвлет ортогон. розривн.	Вейвлет неортог. розривн.	Вейвлет неортог. розривн.	Не вейвлет	Вейвлет ортогон. Хаара

Примітки. 1. Вейвлет $\phi^{(4)}(2,x)$ можна зробити ортогональним, якщо змінити значення сталої 1 на 5/6.

Нарешті, слід зауважити, що з ростом степеня многочлена, який використовується в ролі базового вейвлета, зростає кількість коливань похідних середніх порядків цього вейвлета; виходячи з цього та з міркувань складності обчислень, на нашу думку, доцільно в ролі базових вейвлетів використовувати многочлени невеликих степенів, які, як відомо, вимагають для своєї реалізації найменшої кількості обчислень у порівнянні з функціями інших класів.

3. Одним з основних питань в теорії вейвлет-перетворень є питання про можливість відтворення (реконструкції) сигналу по його двовимірних вейвлет -коефіцієнтах. Розглянемо це питання детальніше.

Вейвлет-коефіцієнти функції $f\in L^2$ по системі вейвлетів $\phi_{kl}(m,x)$ визначаються формулою

$$[Wf](a,b)=\frac{1}{\sqrt{a}}\int_{-\infty}^{\infty}f(x)\phi\left(m,\left(\frac{x-b}{a}\right)\right)dx=\int_{-\infty}^{\infty}f(x)\phi_{kl}(m,x)dx\ .$$

Найпростішим є випадок, коли вейвлети $\phi_{ab}(m,x)$, отримані з базового вейвлета $\phi(m,x)$ шляхом зміни масштабу і зсуву, є ортогональними в просторі L^2. В цьому випадку ці вейвлети утворюють ортогональний базис в цьому просторі і відтворення сигналу, згідно загальної теорії, відбувається за формулою

$$f(x)=\sum_{k=-\infty}^{\infty}\sum_{l=-\infty}^{\infty}[Wf](a,b)\phi_{ab}(m,x)$$

Якщо ж вейвлети $\phi_{ab}(m,x)$, отримані з базового вейвлета $\phi(m,x)$, не є ортогональними в просторі L^2, питання виглядає дещо складнішим. Так, зокрема, у випадку, коли ці вейвлети є базисом Рісса, і базовий вейвлет є R - функцією, існує двійник вейвлетів $\phi^{ab}(m,x)$, з допомогою якого можна побудувати обернену реконструкційну формулу, яка має вигляд

$$f(x)=\sum_{k=-\infty}^{\infty}\sum_{l=-\infty}^{\infty}[Wf](a,b)\phi^{ab}(m,x)$$

Розглядаючи з цієї точки зору запропоновані вище вейвлети, перш за все зауважимо, що вейвлети $\phi_{ab}(m,x)$, при будь яких m, ($m=0,1,\ldots$) є базисами Рісса; отже базові вейвлети $\phi(m,x)$ є R - функціями. Далі, їх похідні $\phi_{ab}^{(n)}(m,x)$, ($n=1,2,\ldots,2m+1$) також є базисами Рісса; нарешті, похідні функції $\phi(m,x)$ порядку $2(m+1)$ являють собою ортогональні базиси Хаара.

Висновки

Розглянуто підхід до побудови поліноміальних фінітних вейвлетівдиференціюванням запропонованого бвзисного фінітного поліноміального вейвлету класу C^m. Показано, що похідні цього базисного вейвлету у багатьох випадках також є вейвлетами.

Список літератури

1. *Астафьева Н.М.* Вейвлет-анализ: основы теории и примеры применения // Успехи физических наук, Т.166, №11, 1996. – С.1145-1170.
2. *Чуи Ч.* Введение в вейвлеты: Пер. с англ. – М.: Мир, 2001. – 412с.
3. *Малла С.* Вейвлеты в обработке сигналов: Пер. с англ. – М.: Мир, 2005. – 671 с.

УДК 519.41/47

П.П. Барышовец, к.ф-м. н, доцент
(Национальный Авиационный Университет, Украина, г. Киев)

О КОНЕЧНЫХ ГРУППАХ, БЛИЗКИХ К ВПОЛНЕ ФАКТОРИЗУЕМЫМ

Рассматриваются конечные неабелевы группы со слабо дополняемыми коммутантами подгрупп Миллера-Морено.

Подгруппа A группы G называется дополняемой в G, если в G существует такая подгруппа B, что $G=AB$ и $A \cap B=1$. Известно, например, что конечные разрешимые группы характеризуются как конечные группы, в которых дополняемы все силовские подгруппы (Ф. Холл [1]). В связи с этим естественно было выделить конечные группы, в которых дополняемы все подгруппы. Таким группам посвящена работа Ф. Холла [2]. В ней установлено, что конечные группы, в которых дополняемы все подгруппы, исчерпываются конечными сверхразрешимыми группами с элементарными абелевыми силовскими подгруппами. Строение произвольных (как конечных, так и бесконечных) групп, в которых дополняемы все подгруппы, рассматривалось Н. В. Черниковой (Баевой) в [3] (см. также Н.В.Черникова [4-5] и С.Н.Черников [6-7]). Оказалось, что нетривиальная группа G тогда и только тогда вполне факторизуема (такое название в работе [3] получили произвольные группы, в которых дополняемы все подгруппы) когда она разлагается в полупрямое произведение двух своих абелевых вполне факторизуемых подгрупп A и B, первая из которых нетривиальна и разложима в прямое произведение нормальных во всей группе подгрупп простых порядков. С работы С.Н.Черникова [6] началось систематичекое изучение групп с заданными свойствами системы дополняемых подгрупп.

В работе автора [8] изучались конечные неабелевы группы с дополняемыми коммутантами собственных подгрупп. Оказалось, что конечные нильпотентные неабелевы группы с дополняемыми коммутантами собственных подгрупп исчерпываются примарными группами Миллера-Морено (так обычно называют конечные неабелевы группы, в которых все собственные подгруппы абелевы).

Произвольные (как конечные, так и бесконечные) ненильпотентные группы, в которых дополняемы коммутанты всех собственных подгрупп, названы автором *DSC*-группами. Оказалось, что при некоторых дополнительных ограничениях (например, локальной разрешимости) коммутант *DSC*-группы G абелев и разлагается в прямое произведение K – примитивных нормальных делителей группы G. При этом минимальный нормальный делитель A группы G, содержащийся в ее коммутанте G' называется K-примитивным нормальным делителем группы G, если никакая собственная нетривиальная подгруппа из A не является коммутантом какой-либо подгруппы группы G. Ослабим условие дополняемости до условия слабой дополняемости. Подгруппа A группы G называется слабо дополняемой в G, если в

G существует такая подгруппа B, что $G=AB$ и $B \neq G$. Вместо коммутантов всех собственных подгрупп будем рассматривать только коммутанты подгрупп Миллера-Морено. Изучению конечных неабелевых групп со слабо дополняемыми коммутантами подгрупп Миллера-Морено и посвящена настоящая заметка. Из полученных результатов (лемма 4, теоремы 1 - 2) следует, что рассматриваемые группы ненильпотентны и совпадают с конечными ненильпотентными группами, в которых дополняемы коммутанты всех собственных подгрупп.

1. Рассмотрим сначала несколько лемм.

Следующая лемма аналогична лемме С. Н. Черникова (см. [7]) и ее доказательство мы опускаем.

Лемма 1. Если подгруппа A группы G содержит подгруппу B слабым дополнением которой в группе G является подгруппа C, то пересечение подгрупп A и C слабо дополняет подгруппу B в группе A.

Следующая лемма аналогична соответствующей лемме из [8] и ее доказательство мы опускаем.

Лемма 2. Пусть A – абелев нормальный делитель группы G, дополняемый в G. Для того, чтобы подгруппа $B \subseteq A$ была слабо дополняема в G, необходимо и достаточно, чтобы она имела в подгруппе A слабое дополнение инвариантное в группе G.

Лемма 3. Конечная неабелева группа со слабо дополняемыми коммутантами всех подгрупп Миллера - Морено разрешима.

Доказательство. Предположим, что группа G является контрпримером к доказываемой лемме. Тогда G содержит такую разрешимую неабелеву подгруппу H порядка $2^m q$, $q \neq 2$, что из разложения $HK = G$, $K \subseteq G$ следует, что $K = G$ [9]. Так как группа H – неабелева, то для коммутанта M' ее подгруппы Миллера - Морено M существует такая подгруппа T, что $M'T = G$, $T \neq G$, где $T \subset G$. Но тогда $HT = G$ и, значит, $T = G$. Из полученного противоречия следует, что G – разрешимая группа. Лемма доказана.

Определение [10] .Конечные разрешимые группы с абедевыми силовскими подгруппами называются A - группами.

Лемма 4. Если в конечной неабелевой группе G слабо дополняемы коммутанты подгрупп Миллера - Морено, то G – ненильпотентная A-группа.

Доказательство. Действительно, неабелева группа G содержит подгруппу Миллера-Морено M . Ее коммутант M' слабо дополняем в группе G, а, значит, и в самой группе M . Следовательно, M – непримарная группа, а G – ненильпотентная A - группа. Лемма доказана.

2. В этом пункте рассмотрим конечные ненильпотентные группы, в которых слабо дополняемы коммутанты всех подгрупп Миллера-Морено.

Лемма 5. [10] Пересечение центра A- группы с ее коммутантом тривиально.

Лемма 6 [10]. В A- группе дополняемы коммутанты всех ее нормальных делителей.

Следующая лемма вытекает из леммы 1.

Лемма 7. Свойство слабой дополняемости коммутантов подгрупп Миллера-Морено ненильпотентной конечной группы наследуется всеми ее неабелевыми подгруппами.

Теорема 1. Пусть G – конечная двуступенно разрешимая ненильпотентная группа G. Если коммутанты всех подгрупп Миллера-Морено группы G слабо дополняемы в G, то ее коммутант G' дополняем во всей группе и разлагается в прямое произведение K - примитивных нормальных делителей группы G.

Доказательство. Доказывать теорему будем индукцией по порядку группы G'. Если G непримарная группа Миллера-Морено, то теорема очевидна. Пусть G не является таковой. Предположим, что утверждение теоремы верно для всех конечных групп, удовлетворяющих условию доказываемой леммы, у которых порядок коммутанта меньше числа $|G'|$. Пусть далее L-произвольный нетривиальный минимальный нормальный делитель группы G, содержащийся в ее коммутанте G'. Покажем, что L является K - примитивным нормальным делителем группы G. В самом деле, пусть собственная нетривиальная подгруппа T группы L является коммутантом некоторой подгруппы Q группы G. Подгруппа Q содержит по крайней мере одну подгруппу Миллера - Морено (скажем, M) и ее коммутант M' строго содержится в группе L. Согласно условию доказываемой теоремы подгруппа M' слабо дополняема в группе G и потому ввиду лемм 2, 5 и 7 подгруппа M' имеет в группе G' слабое дополнение N, инвариантное в группе G. Отсюда следует, что нетривиальная собственная подгруппа $N_1 = N \cap L$ группы L инвариантна в группе G. Получили противоречие с минимальностью нормального делителя L в группе G. Следовательно, L является K - примитивным нормальным делителемь группы G.

Ввиду лемм 4 и 6 коммутант G' группы G дополняем в ней; пусть $G = G' \leftthreetimes M$. В силу леммы 5 подгруппа LM неабелева и потому содержит подгруппу Милдера - Морено (скажем, H). Ввиду K - примитивности нормального делителя L в группе G коммутант подгруппы H совпадает с подгруппой L. Следовательно, подгруппа L слабо дополняема в группе G. Ввиду леммы 2 подгруппа L имеет в коммутанте G' дополнение D, нормальное в группе G. Так как $DM \cong G / L$, то $(DM)' \cong G' / L \cong D$. Следовательно, $(DM)' = D$. Так как $|D| < |G'|$, то по предположению индукции из леммы 7 следует, что D разлагается в прямое произведение

$$D = L_1 \times L_2 \times \cdots \times L_n \qquad (1)$$

K- примитивных нормальных делителей группы DM. Нетрудно убедиться, что множители этого разложения будут K- примитивными нормальными делителями всей группы G. Итак, поскольку

$$G' = L \times D, \qquad (2)$$

то из (1) и (2) получаем, что коммутант G' группы G разлагается в прямое произведение $G' = L \times L_1 \times L_2 \times \cdots \times L_n$ K- примитивных нормальных делителей группы G. Теорема доказана.

В завершение укажем без доказательства следующую теорему.

Теорема 2. В конечной ненильпотентной группе тогда и только тогда слабо дополняемы коммутанты всех ее подгрупп Миллера - Морено, когда в ней дополняемы коммутанты всех собственных подгрупп.

Выводы

В результате проведенных исследований показано, что для конечных ненильпотентных групп условие дополняемости коммутантов подгрупп Миллера – Морено равносильно условию дополняемости коммутантов всех собственных подгрупп.

Список литературы

1. Hall Ph. A characteristic property of soluble groups // J. London Math. Soc., 1937, 12, P. 198 – 200.
2. Hall Ph. Complemented groups// J. L. Math.. Soc. ,1937, 12, P.201-204.
3. Баева Н.В. Вполне факторизуемые группы //ДАН СССР.92, 1953, №5, -С. 877-880.
4. Черникова Н. В. Группы с дополняемыми подгруппами // Матем. сб.- 1956 - 39, с.273 - 292.
5. Черникова Н.В. К основной теореме о вполне факторизуемых группах // Группы с системами дополняемых подгрупп. - Киев: Ин-т математики АН УССР, 1972, - С. 49 – 58.
6. Черников С. Н. Группы с системами дополняемых подгрупп // Матем. сб.- 1954,- 35, С.93 - 128.
7. Черников С.Н. Группы с заданными свойствами системы подгрупп.– М.: Наука. 1980.– 384 с.
8. .Барышовеп П.П. Конечные неабелевы группы, в которых дополняемы коммутанты всех собственных подгрупп //сб., "Группы с заданными свойствами подгрупп". Институт математики АН УССР, I97, S. 15-77.
9. Беркович Я.Г. Строение группы и строение ее подгрупп // ДАН СССР. 1968, 179, - С.13-16.
10. Taunt D. On A- groups // Proc. Cambr. Ph. Soc. 1949, 45, №1, P. 24–42.

УДК 517.5

О.В. Карупу, к.ф.-м.н.
(Національний Авіаційний Університет, Україна, м. Київ)

ПРО ВЛАСТИВОСТІ КОНФОРМНИХ ГОМЕОМОРФІЗМІВ ОДНОЗВ'ЯЗНИХ ОБЛАСТЕЙ

Розглянуто оцінки рівномірних модулів гладкості довільного порядку для похідних функції, що реалізує конформне відображення однозв'язної області в комплексній площині.

Розглянемо однозв'язну область G у комплексній площині, обмежену спрямлюваною гладкою жордановою кривою Γ. Нехай $\tau = \tau(s)$ – кут між дотичною до Γ та додатною дійсною віссю, $s = s(w)$ – довжина дуги на кривій Γ. Нехай $w = \phi(z)$ – гомеоморфізм замкненого одиничного круга $\overline{D} = \{z : |z| \le 1\}$ на замикання $\overline{G}$ області G, конформний в у відкритому крузі $D = \{z : |z| < 1\}$.

Ставиться задача про отримання інформації про зв'язок між властивостями функції $\tau = \tau(s)$ та функції $w = \phi(z)$.

Келлог у 1912 році довів, що, якщо функція $\tau = \tau(s)$ належить класу Гедьдера з показником α, $0 < \alpha < 1$, то тому ж класу належить і функція $\phi'(e^{i\theta})$. Згодом було розглянуто багато різноманітних узагальнень цього результату. Зокрема, у роботах автора були отримані узагальнення та обернення теорем типу Келлога у термінах рівномірних криволінійних, локальних арифметичних та інтегральних модулів гладкості різних типів. (більш детально історію питання див. в [1], [2], [3] та [6]).

Нехай на кривій $\gamma \subset C$ задано скінченну функцію $w = f(z)$. На спрямлюваних жорданових кривих П.М.Тамразовим [1] були введені рівномірні криволінійні модулі гладкості порядку k $(k \in N)$ функції $w = f(z)$ на кривій γ за формулою

$$\omega_{k,N,\gamma}((z),\delta)_p = \sup_{w\in\gamma} \sup_{(z_0,\dots,z_k)\in\gamma_{w,\delta}(N)} \left|[z_0,\dots,z_k; f, z_0]\right|,$$

де $\gamma_{w,\delta}(N)$ – множина наборів $(z_0,\dots,z_k)$ таких, що криволінійні (відносно кривої γ) відстані між точками $z_0,\dots,z_k \in \gamma$ задовольняють умові

$$\rho(z_i, z_{i+1}) \Big/ \rho(z_j, z_{j+1}) \le N \ \ (N \in [1,\infty)),$$

а $\rho(z_i, w) \le \delta$ $(i, j = 1,\dots,k)$.

Теорема 1. ([3]) Нехай модуль гладкості $\omega_k(\tau(s),\delta)$ порядку k $(k \in N)$

функції $\tau(s)$ задовольняє умові $\omega_k(\tau(s),\delta)=O\big[\omega(\delta)\big](\delta\to 0)$, де $\omega(\delta)$ – нормальна мажоранта, що задовольняє умові $\int\limits_0^l \frac{\omega(t)}{t}dt<+\infty$.

Тоді існує неперервна на $\bar{D}$ похідна $\phi'(z)$ функції $\phi(z)$, що не перетворюється нуль в жодній точці $z\in\bar{D}$. Крім того, модуль гладкості $\omega_k(\phi'(e^{i\theta}),\delta)$ того ж порядку k похідної $\phi'(e^{i\theta})$ функції $\phi(z)$ на ∂D задовольняє умови

$$\omega_k(\arg\phi'(e^{i\theta}),\delta)=O\big(\mu(\delta)\big)(\delta\to 0),$$
$$\omega_k(\log\phi'(e^{i\theta}),\delta)=O\big(\nu(\delta)\big)(\delta\to 0)$$
$$\omega_k(\phi'(e^{i\theta}),\delta)=O\big(\nu(\delta)\big)(\delta\to 0),$$

де

$$\mu(\delta)=\omega_k(\tau(s),\delta)+\sum_{j=1}^{k-1}\sum_{\eta=1}^{j-1}\cdots\sum_{r_j=1}^{r_{j-1}-1}\Big[\omega_k\big(\tau(s),\delta\big)\Big]^{\frac{k-\eta}{k}}\times$$
$$\times\int\limits_0^l\cdots\int\limits_0^l\frac{\Big[\omega_k\big(\tau(s),x_j\big)\Big]^{\frac{r_j}{k}}\prod\limits_{i=2}^{j}\Big[\omega_k\big(\tau(s),x_{i-1}\big)\Big]^{\frac{r_{i-1}-r_i}{k}}}{\prod\limits_{p=1}^{j}x_p\left(1+\left(x_p\big/x_{p-1}\right)^{r_p}\right)}dx_1\ldots dx_j,$$

$$\nu(\delta)=\int\limits_0^l\frac{\omega(x_1)}{x_1\left(1+\left(x_1\big/\delta\right)^k\right)}dx_1+$$
$$+\sum_{j=1}^{k-1}\sum_{\eta=1}^{j-1}\cdots\sum_{r_j=1}^{r_{j-1}-1}\delta^{k-\eta}\int\limits_0^l\cdots\int\limits_0^l x_{j+1}^{r_j-1}\left(1+\int\limits_{x_{j+1}}^{l}\frac{\omega(y)}{y_j^{r_j+1}}dy\right)\left(1+\left(\frac{x_{j+1}}{x_j}\right)^{r_j+11}\right)\times$$
$$\times\prod_{p=1}^{j}\left(1+\int\limits_{x_p}^{l}\frac{\omega(t_p)}{t_p^{r_{p-1}-r_p+1}}dt_p\right)\left(1+\left(\frac{x_p}{x_{p-1}}\right)^{r_{p-1}}\right)^{-1}x_p^{r_{p-1}-r_p-1}dx_1\ldots dx_{j+1}.$$

В частинному випадку, коли модуль гладкості $\omega_k(\tau(s),\delta)$ порядку k $(k\in N)$ функції $\tau(s)$ задовольняє умові Гельдера $\omega_k(\tau(s),\delta)=O\big(\delta^\alpha\big)(\delta\to 0)$, $0<\alpha<k$, модуль гладкості $\omega_k(\phi'(e^{i\theta}),\delta)$ того ж порядку k похідної $\phi'(e^{i\theta})$

функції $\phi(z)$ на ∂D задовольняє умові $\omega_k(\phi'(e^{i\theta}),\delta) = O\left(\delta^{\alpha}\right)(\delta \to 0)$ з тим же показником α.

Теорема 2 ([4]). Нехай модуль гладкості $\omega_k(\tau^{(m)}(s),\delta)$ порядку k $(k \in N)$ похідної порядку $m \in N$ $(m < k)$ функції $\tau(s)$ задовольняє умові Гельдера $\omega_k(\tau^{(m)}(s),\delta) = O\left[\delta^{\alpha}\right](\delta \to 0)$, де $0 < \alpha < k$:

Тоді існує неперервна на $\bar{D}$ похідна $\varphi^{(m+1)}(z)$ функції $\phi(z)$, що не перетворюється нуль в жодній точці $z \in \bar{D}$. Крім того, модуль гладкості $\omega_k(\varphi^{(m+1)}(e^{i\theta}),\delta)$ того ж порядку k похідної $\varphi^{(m+1)}(e^{i\theta})$ функції $\phi(z)$ на ∂D задовольняє умові $\omega_k(\varphi^{(m+1)}(e^{i\theta}),\delta) = O\left(\delta^{\alpha}\right)(\delta \to 0)$.

Доведення теореми 2 проводиться індукцією по k з використанням відомої теореми Ліндельофа, нерівностей П.М.Тамразова [7] для скінченних різниць суперпозиції функцій і нерівностей типу нерівностей Маршу, що зв'язують модулі гладкості нижчих порядків довільної функції і її модулі гладкості вищих порядків.

Теорема 3 ([5]). Нехай модуль гладкості $\omega_k(\tau^{(m)}(s),\delta)$ порядку k $(k \in N)$ похідної порядку $m \in N$ $(m < k)$ функції $\tau(s)$ задовольняє умові Гельдера $\omega_k(\tau^{(m)}(w(s)),\delta) = O\left[\delta^{\alpha}\right](\delta \to 0)$, де $0 < \alpha < k$.

Тоді існує неперервна на $\bar{G}$ похідна $\psi^{(m+1)}(w)$ функції $\psi(w)$, що не перетворюється нуль в жодній точці $w \in \bar{G}$. Крім того, модуль гладкості модуль гладкості $\omega_k(\psi^{(m+1)}(w(s)),\delta)$ того ж порядку k похідної $\psi^{(m+1)}(w)$ функції $\psi(w)$ на кривій Γ задовольняє умові $\omega_k(\psi^{(m+1)}(w(s)),\delta) = O\left(\delta^{\alpha}\right)(\delta \to 0)$.

Доведення теореми 3 є аналогічним доведенню теореми 1. Воно проводиться індукцією по k з використанням відомої теореми Ліндельофа, нерівностей П.М.Тамразова для скінченних різниць суперпозиції функцій і для скінченних різниць оберненої функції та нерівностей типу нерівностей Маршу. Нехай G_1 та G_2 – однозв'язні області в комплексній площині, обмежені спрямлюваними жордановими кривими Γ_1 та Γ_2. Нехай $\tau_1 = \tau_1(s_1)$ – кут між дотичною до Γ_1 та додатною дійсною віссю, $s_1 = s_1(\zeta)$ – довжина дуги на кривій Γ_1. Нехай $\tau_2 = \tau_2(s_2)$ – кут між дотичною до Γ_2 та додатною дійсною віссю, $s_2 = s_2(w)$ – довжина дуги на кривій Γ_2. Нехай $w = f(\zeta)$ – гомеоморфізм замикання $\bar{G}_1$ області G_1 на замикання $\bar{G}_2$ області G_2, конформний в G_1.

Теорема 4 ([7]). Якщо при деякому α $(0<\alpha<k)$ модуль гладкості порядку k $(k<n)$ похідної похідної порядку $m \in N$ $(m<k)$ функції $\tau_1=\tau_1(s_1)$ задовольняє умові Гельдера $\omega_k(\tau_1^{(m)}(s_1),\delta)=O\left(\delta^\alpha\right)(\delta\to 0)$ з показником α, а локальний модуль гладкості порядку k $(k<n)$ похідної порядку $m \in N$ $(m<k)$ функції $\tau_2=\tau_2(s_2)$ задовольняє умові Гельдера $\omega_k(\tau_2^{(m)}(s_2),\delta)=O\left(\delta^\alpha\right)(\delta\to 0)$ з тим же показником α, то на $D_1\bigcup\Gamma_1$ існує неперервна, відмінна від нуля похідна $f^{(m+1)}(\zeta)$ функції $f(\zeta)$, а її модуль гладкості порядку k в задовольняє умові Гельдера $\omega_k(f^{(m+1)}(\zeta),\delta)=O\left(\delta^\alpha\right)(\delta\to 0)$ з тим же показником α.

Доведення теореми 4 випливає з теорем 1 і 2 та оцінок для скінченних різниць суперпозиції функцій.

Список літератури

1. *Тамразов П. М.* Гладкости и полиномиальные приближения. Наукова думка. Киев. 1975.-274 с.
2. *Тамразов П. М.* Конечно-разностные тождества и оценки модулей гладкости суперпозиций функций. Препринт Ин-та математики АН УССР ,77.5, К., 1977, 24 с.
3. *Карупу О. В.* О модулях гладкости конформных отображений.//Укр. матем. журн., т. 30, №4, 1978, с.540-545.
4. *Карупу О. В.* Про деякі властивості модулів гладкості конформних відображень //Праці Ін-ту математики НАН України, т. 31, Київ, 2000, с.237-243.
5. *Karupu O. W.* Скінченно-різницеві властивості конформних відображень, //Праці Ін-ту математики НАН України, т. 3 (2006), № 4, 175 – 180 .
6. *Karupu O. W.* On properties of moduli of smoothness of conformal mappings. In: Complex Analysis and Potential Theory, *Proceedings of the Confertence Satellite to ICM 2006*, 231 – 238. World Scientific, Singapore, 2007.
7. *Карупу О. В.* Про деякі скінченно-різницеві властивості конформних гомеоморфізмів однозв'язних областей//Збірник праць Ін-ту математики НАН України, Київ, 2010, т.7, № 2, с.365 – 368

УДК 519.17: 519.21

О.Д. Глухов, канд.фіз.мат. наук, доцент
(Національний Авіаційний Університет, Україна, м. Київ)

КВАЗІВИПАДКОВІ ЕКСПАНДЕРИ

Розглянуто властивості квазівипадкових графів на основі експандерів.

Квазівипадкові (або частково-випадкові) графи описують системи, структура яких може змінюватись внаслідок випадкового розриву частини зв'язків [1-3]. Нехай G - звичайний граф з множиною G^0 вершин і множиною G^1 ребер, $|G^0| = n$, $|G^1| = m$, квазівипадковим графом на основі графа G називається граф $G(p)$ з множиною $(G(p))^0 = G^0$ вершин і з випадковою множиною $U = (G(p))^1$, ребер для якого виконуються умови: $Prob(u \in U) = p$ при $u \in (G)^1$ і $Prob(u \in U) = 0$ при $u \notin (G)^1$. Величину $\lambda = mq,\ q = 1 - p$ будемо називати декрементом квазівипадкового графа. Очевидно, що декремент це є математичне сподівання величини $|U| \setminus m$. В загальному випадку декремент розглядатиметься як деяка функція: $\lambda = \lambda(m)$ **;** якщо $\lambda = \lambda(m)$ є константою, то граф $G(p)$ називається квазівипадковим графом пуассонівського типу[2] . В даній роботі будуть розглядатися квазівипадкові графи $G(p)$ з "великим" декрементом (тобто випадок $\lambda = cm$) на основі експандерів.

Експандери (збільшувачі) знаходять широке застосування в обчислювальній техніці, теорії інформації, теорії кодування та інших галузях науки і техніки[4]. Нагадаємо деякі означення. Нехай - G граф H - деякий його підграф. Позначимо через $E(H)$ множину усіх ребер графа G , інцидентних вершинам під графа H , а через $E^*(H) = E(H) \setminus H^1$ кограницю цього підграфа , тобто множину ребер графа G тільки один кінець котрих інцидентний деякій вершині під графа H . Відповідно степенню під графа H . будемо називати число $\rho(H,G) = |E^*(H)|$ ребер його кограниці. Для d -регулярного граф G очевидно, що $|E(H)| = d|H^0| - |H^1|$, а $|E^*(H)| = d|H^0| - 2|H^1|$.

Граф G - називається α -експандером для деякого α, $0 < \alpha < 1$, якщо для кожного $H \subset G$, $|H^0| \le n/2$ має місце нерівність: $\rho(H,G) \ge \alpha |E(H)|$; для d -регулярного графа можна записати: $\rho(H,G) \ge \alpha^* d |H^0|$, де . $\alpha/2 \le \alpha^* \le \alpha$.

Нижче будуть розглядатися квазівипадкові графи $G(p)$, де p - деяка стала, не залежна від числа n вершин графа, на основі експандерів.

В даній роботі буде встановлено наступні важливі властивості таких

квазівипадкових графів на основі експандеріві:

1) у квазівипадковому графі на основі експандера з обмеженою степінню вершин з ймовірністю $1-o(1)$ існує зв'язна компонента розміром не менше половини вершин графа;

2) квазівипадковий граф на основі "логарифмічного" експандера буде зв'язним з ймовірністю $1-o(1)$.

Розглянемо спочатку d -регулярний α -експандер, з обмеженою степінню d вершин. Відомо, що такі експандери існують вже для $d \geq 3$ (для певного α, яке залежить від d). Ми будемо вважати, що у таких графів G має місце нерівність $\rho(H,G) \geq \alpha d \mid H^0 \mid$ для кожного його підграфа $H \subset G,\ \mid H^0 \mid \leq n/2$.

Лема 1. Якщо G - є d -регулярний α -експандер, $U \subseteq G^1$ і у графі $G \setminus U$ усі зв'язні компоненти містять не більше, ніж $n/2$ вершин, то $\mid U \mid \geq \alpha m$.

Доведення.

Нехай $G \setminus U = \sum_{k=1}^{s} H_k$, де $\{H_k\}_{k=1}^{s},\ \mid H_k \mid \leq n/2,$ - множина зв'язних компонент графа $G \setminus U$. Маємо наступні нерівності:

$$\rho(H_k) \geq \alpha d \mid H_k^0 \mid,$$

$$2 \mid U \mid = \sum_{k=1}^{s} \rho(H_k) \geq \sum_{k=1}^{s} \alpha d \mid H_k^0 \mid = \alpha d n,$$

звідки і випливає твердження леми.

Теорема 1. Якщо $G(p)$ є квазівипадковий граф на основі d -регулярного α -експандера G і $p > 1-\alpha/e$, то граф $G(p)$ з ймовірністю $1-o(1)$ містить зв'язну компоненту, яка має більше, ніж $n/2$ вершин.

Доведення.

Враховуючи лему 1 достатньо довести, що з ймовірністю $1-o(1)$ для кожного $U \subseteq G^1$, $\mid U \mid \geq \alpha m$ $P = \Pr ob(U \cap G^1(p) \neq \varnothing) = 1-o(1)$. Для цього покажемо, що $Q = 1 - P = o(1)$. Дійсно, маємо наступні оцінки:

$Q \leq M[\mid \{U : U \subseteq G^1, \mid U \mid \geq \alpha m, U \cap G^1(p) = \varnothing\} \mid]$, а отже

$$Q \leq \sum_{k \geq \alpha m} \binom{m}{k} q^k,$$ звідки, враховуючи, що $\binom{m}{k} \leq \left(\frac{em}{k}\right)^k$ отримуємо:

$$Q \leq \sum_{k \geq \alpha m} \left(\frac{emq}{k}\right)^k \leq \sum_{k \geq \alpha m} \left(\frac{eq}{\alpha}\right)^k.$$

Але за умовами $p > 1-\alpha/e$, а отже $qe/\alpha = \varepsilon < 1$ і ми отримуємо оцінку $Q < \varepsilon^{\alpha m}(1-\varepsilon)$, а отже $Q = o(1)$, звідки випливає твердження теореми.

Розглянемо регулярний α-експандер на n вершинах зі степінню вершин $d = \lceil \ln n \rceil$. Спочатку покажемо, що такі експандери справді існують для деякого $\alpha > 0$, тобто для них виконана умова: $\rho(H,G) \geq \alpha \ln n \,|\, H^0 \,|$ для кожного під графа $H \subset G,\ |H^0| \leq n/2$.

Лема 2. Для деякого $\alpha > 0$ існують логарифмічні α-експандери.

Доведення. Розглянемо випадковий граф, побудований наступним чином: спочатку кожна вершина з'єднується з $d = \lceil \ln n \rceil$ іншими вершинами випаковим чином, а потім кратні ребра, що можливо виникнуть, заміняються простими.

Зауважимо, що, ймовірність Q існування підграфів $H \subset G,\ |H^0| \leq n/2$, для яких умова $\rho(H,G) \geq \alpha \ln n \,|\, H^0 \,|$ порушення не більше математичного сподівання числа таких під графів. Але для кожного підграфа $H \subset G,\ |H^0| \leq n/2$, ймовірність порушення даної умови можна оцінити величиною $\binom{kd}{kd-\alpha kd}\left(\frac{k}{n}\right)^{kd-\alpha kd}$. Тому, ймовірність Q не бути експандером можна оцінити так:

$$Q \leq \sum_{k=1}^{n/2} \binom{n}{k} \binom{kd}{kd-\alpha kd} \left(\frac{k}{n}\right)^{kd-\alpha kd}$$

Враховуючи, що $\binom{s}{t} \leq \left(\frac{es}{t}\right)^t$ отримаємо нерівність: $Q \leq \sum_{k=1}^{n/2} x_k^k$, де

$x_k = e\left(\frac{e}{\alpha}\right)^{\alpha d}\left(\frac{k}{n}\right)^{d-\alpha d-1}$. Оскільки $k/n \leq 1/2$, то маємо нерівність:

$x_k \leq 2e\left(\frac{2e}{\alpha}\right)^{\alpha d} 2^{-d}$. Легко перевірити, що вже при $\alpha = 5$ $\left(\frac{2e}{\alpha}\right)^{\alpha}/2 = \varepsilon < 1$, а отже $x_k < 2e\varepsilon^d$. Таким чином, враховуючи, що $\lim_{n\to\infty} d = +\infty$ ми отримуємо необхідну оцінку:

$$Q < 2e\sum_{k=1}^{n/2} \varepsilon^{dk} < 2e\varepsilon^d/(1-\varepsilon^d) = o(1).$$

Теорема 2. Квазівипадковий граф $G(p)$ на основі логарифмічного α-

експандера, де $p = 1 - e^{-\beta}$, $\beta > 1/\alpha$, є зв'язним з ймовірністю $1 - o(1)$.

Доведення. Оцінимо ймовірність Q того, що такий граф є не зв'язним.

Очевидно, що $Q \le \sum_{k=1}^{n/2} \binom{n}{k} q^{kd \ln n}$. Враховуючи, що $\binom{n}{k} \le \left(\frac{en}{k}\right)^k$, отримуємо нерівність: $Q \le \sum_{k=1}^{n/2} \left(\frac{enq^{\alpha \ln n}}{k}\right)^k = \sum_{k=1}^{n/2} \left(\frac{en^{1-\alpha\beta}}{k}\right)^k < n^{1-\alpha\beta} \sum_{k=1}^{n/2} \left(\frac{e}{k}\right)^k$.

Легко перевірити, що має місце наступна оцінка:

$\sum_{k=1}^{n/2} \left(\frac{e}{k}\right)^k < 15$, а отже $Q < 15\, n^{1-\alpha\beta} = o(1)$.

Висновки

В роботі розглянуті квазівипадкові графи, у яких ймовірність існування ребра є певною константою, що відповідає "розриву" певного відсотка ребер. В результаті проведених досліджень показано, що такі квазівипадкові графи, побудовані на основі експандерів зі сталими степенями вершин мають високу ймовірність існування великої зв'язної компоненти, а у випадку логарифмічних степенів вершин з великою ймовірністю стають зв'язними.

Список літератури

1. Глухов О.Д., Коростіль Ю.М. Структурна безпека складних дискретних систем при випадкових відмовах. - Моделювання та інформаційні технології. Зб. наукових праць ІПМЕ НАНУ, вип. 27, Київ, 2004, с. 91-95.

2. Глухов О.Д. Про зв'язність планарних pr- графів пуассонівського типу// II Український математичний конгрес, 27-29 серпня 2009 р.: тези доп. – К., 2009. – режим доступу: http://www.imath. kiev.ua/~congress2009.

3.Глухов О.Д. Проблема зв'язності частково-випадкових графів. - Збірник наукових праць ІПМЕ НАНУ, вип.47, Київ, 2008, с.12 -15.

4. Diestel R. Graph Theor //NewYork : Springer-Verlag, 2000.-322p.

УДК 550; 539.3

Я.Г. Ляшенко,к.ф.-м.н., доцент
(Національний Авіаційний Університет, Україна, м. Київ)

КОНЦЕНТРАЦІЯ НАПРУЖЕНЬ ГІРСЬКОГО МАСИВУ У ГЕОЛОГІЧНИХ СЕРЕДОВИЩАХ НЕОДНОРІДНОЇ СТРУКТУРИ

Розглянуто нелінійну модель багатокомпонентного геологічного середовища, поведінка якого є залежною від наявності тріщинуватості та флуїдонасиченості. На прикладі чисельного аналізу параметрів в'язкопружного поля біля геометричних та матеріальних концентраторів типу виробок метрополітену проведено статистичний аналіз відповідності прогнозованих результатів експериментальним даним.

Розглянемо модель деформування матеріалів з дефектами, гірських порід та вугілля із врахуванням фактору часу на основі співвідношень механіки повзучості [1, 3]. Включення елементів в'язкості в механічну модель матеріалу робить його модельні співвідношення залежними від часу [7]

$$e(t) = \frac{1}{E}\left[\sigma(t) + \int_0^t \sigma(\tau) J(t-\tau) d\tau\right]. \qquad (1)$$

Тут *e(t)* - тензор деформацій, $\sigma(t)$ - тензор напружень, E - тензор пружності, J(t) - ядро повзучості геологічного середовища, *t* -час. В геодинамічних дослідженнях найчастіше застосовується ядро повзучості типу Работнова [2]

$$J_\alpha^R(-\beta; t-\tau) = (t-\tau)^{-\alpha} \sum_{n=0}^{\infty} \frac{-\beta(t-\tau)^{n(1-\alpha)}}{\Gamma[(n+1)(1+\alpha))]} \qquad (2)$$

Напружений стан пружно-повзучого гірського масиву навколо горизонтальної виробки (тонелю) достатньо глибокого закладання можна моделювати напруженнями в неваговому плоскому полі, яке послаблене отвором аналогічної форми і яке знаходиться у стані плоскої деформації з граничними умовами на нескінченності

$$\sigma_x^{(\infty)} = p\,, \quad \sigma_y^{(\infty)} = \lambda p\,, \quad \tau_{xy}^{(\infty)} = 0 \qquad (3)$$

де навантаження $p = -\gamma H$ залежить від густини геосередовища γ глибини *H* тунелю. Параметр λ відбиває залежність σ_y від фізичних властивостей геосередовища, початок координат розміщено всередині отвору, вісь абсцис вертикальна.

Розглянемо процес пошкодження та руйнування в'язко-пластичних геологічних масивів під дією довготривалих та циклічних навантажень. Для отримання рівняння, яке описувало б розвиток макротріщини, необхідно розглянути пошкодження і руйнування структурних елементів, які підпадають на напрямок зростання тріщини. На фронті тріщини втоми та на її продовженні

відбувається процес накопичення мікропошкоджень втоми. Рівень пошкоджень для кожного елементу визначається функцією *D(t)*, кінетика накопичення яких задається диференціальним рівнянням

$$\dot{D}(t) = f(D, \sigma) \tag{4}$$

де *t* - час дії геодинамічних впливів, змінна *D* змінюється у межах [0,1], при цьому *D=0* відповідає початковому, непошкодженому матеріалу; а *D=1* описує стан порушення суцільності матеріалу, тобто момент руйнування. При накопиченні мікропошкоджень спостерігається зниження значень пружних модулів.

Стан системи, що складається у даному випадку із масиву в'язкопружної породи та техногеннооі неоднорідності, у кожний момент часу *t* задається вектором *u(t)* - елементом простору стану *U.* Зовнішні геофізичні впливи на об'єкт характеризуються векторним процесом *q(t)*, що належить простору геодинамічних впливів *Q* та визначається внаслідок моніторингу системи [1]. Сукупність параметрів стану з урахуванням цих обмежень створює вектор якості *v(t)* у просторі якості *V.*

Позначимо функції розподілу ймовірностей кожного з елементів системи $F_{ui}(x)$, щільності функцій розподілу $p_{ui}(x)$. Експлуатаційні характеристики задаються функцією стану *G(x).* Ймовірність руйнування елементу задається виразом

$$F_G(0) = P(G(x) < 0) = \int_C p(x)dx\,, \tag{5}$$

де $G = \left\{ v \in R^n : \; G(x) < 0 \right\}$ - простір подій, пов'язаних з небезпечними за визначеним критерієм станами. Отже надійність системи *R* визначається як ймовірність *P(t)* безвідмовної роботи та обчислюється як функціонал від випадкового процесу *V(r),* що описує зміну параметрів системи у часі.

Розглянемо ізотропну фізично нелінійну нестисливу геоструктуру. Додаткова пружна енергія *U* може бути представлена у вигляді

$$U(\sigma) = \psi(s)\,, \tag{6}$$

де σ - тензор напруження, $U(\sigma) = \psi(s)$ - скалярна функція скалярного аргументу, яка описує зсувну частину додаткової енергії. Тут

$$s = (\frac{3}{2}\sigma' \cdot \sigma')\,, \qquad \sigma' = \sigma - \sigma_m 1\,, \qquad \sigma_m = tr(\sigma)/3 \tag{7}$$

є еквівалентним напруженням Мізеса. Розглянемо два типи визначальних потенціалів, що мають практичне значення в геодинаміці. Перший важливий в контексті застосування поширеного в геодинаміці т.з. J_2 варіанту теорії пластичності, де

$$\psi(s) = \frac{1}{6\mu_0}s^2 + \frac{s_0 e_0}{n+1}\left(\frac{s}{s_0}\right)^{n+1} \tag{8}$$

Тут μ_0 - початковий пружний модуль зсуву, s_0 - відлікове еквівалентне на-

пруження, e_0 - відлікова еквівалентна деформація, n - показник степеня кривої зміцнення. Другий потенціал використовується в теорії повзучості геологічних структур і має вигляд

$$\psi(s) = \frac{d_0 s_0}{n+1}\left(\frac{s}{s_0}\right)^{n+1}, \qquad (9)$$

де s_0 - відлікове еквівалентне напруження, d_0 - відлікова швидкість еквівалентної деформації, те - показник ступеня кривої зміцнення.

Можна відзначити, що модель в'язкої рідини Ньютона отримується з (8) у разі $n=1$, при цьому $\mu = s_0/3$ означає в'язкість середовища. Для лінійних геоматеріалів зсувна частина енергії є квадратичною за напруженнями, тобто

$$\psi(s) = \frac{1}{6\mu_0} s^2, \qquad (10)$$

при цьому зсувний модуль пружності μ не залежить від рівня прикладених зовнішніх навантажень. Для ізотропних багатокомпонентних геологічних середовищ [4] функція локальної щільності додаткової енергії $U(x,s)$ має вигляд

$$U(x,s) = \sum_{r=1}^{n} \chi_r(x)\psi(s), \qquad (11)$$

де $\chi_r(x)$ - характеристичні функції відповідних областей Ω_r, займаних r фазами, x - вектор місця даної точки простору Ω. Функція ефективної додаткової енергії нелінійного нестисливого тіла задовольняє нерівності

$$\widetilde{U}(\bar{s}) \geq \max_{[\mu 0]}\{\widetilde{U}_0(\bar{s}) - \sum_{r=1}^{n} c_r v_r(\mu_r^0)\}, \qquad \forall \mu_r^0 \qquad (12)$$

де $\widetilde{U}(\bar{s})$ - функція ефективної додаткової енергії лінійного нестисливого тіла з модулем зсуву μ_i^0, c_i — об'ємні концентрації фаз, функції $v_r(\mu_r^0)$ знаходяться в результаті оптимізації співвідношень

$$v_r(\mu_r^0) = \sup_{[\bar{s}]}\{\frac{1}{6\mu_r^0}\bar{s}^2 - \psi_r(\bar{s})\}, \qquad \forall \bar{s}, \qquad r = \overline{1,n} \qquad (13)$$

Тут слід зазначити також, що з математичної точки зору задача про деформацію нестисливого геологічного середовища і задача електропровідності є вельми схожими. Фізичними константами у разі деформації є зсувні податливості середовища, а у разі електричного поля - константа електропровідності. Амплітуда електричного поля відповідає величині еквівалентних напруг Мізеса. Тому вважаємо, що лінійному нестисливому геологічному середовищу властива енергія вигляду

$$\tilde{U}_0(\bar{s}) = \frac{1}{2\mu_0^e}\bar{s}^2 .$$

Як приклад розглянуто еволюцію напруженого стану навколо тунелю метрополітену м. Києва. Вміщуючи породи, які складені в основному аргілітами, алевролітами і піщаниками, вапняки складають не більше 3 - 5% товщі. Основна ж маса гірської породи є суттєво неоднорідною і представлена уламковим матеріалом, який складається з дуже дрібних гострокутних зерен кварцу (до 85%) і лусочок сериціту. Аргіліт складається з тонколусчатого агрегату глинистих матеріалів із сумішшю вуглистої речовини і карбонатів. Вміст карбонатів не перевищує 10% , вуглистої речовини - 5 - 6%. Лусочки глинистих матеріалів мають чітко виражене орієнтування по напрямку шаруватості породи. Пісковик являє собою уламковий матеріал, в основному представлений зернами кварцу неправильної форми (близько 90%); є також зерна польових шпатів (близько 7%) і лусочки мусковіту, які мають слабо вираженим орієнтуванням. Зерна зв'язані карбонатно-глинистим цементом. Основна маса цементу, який має пористу структуру, складена глинистими мінералами; карбонатні мінерали складають не більше 30%.

Висновки

Розрахунок впливу часу на напружено-деформований стан масиву алевроліту навколо незакріплених і закріплених горизонтальних гірських виробок кругового перерізу має важливе практичне значення. Виходячи з вищенаведеного, можна констатувати необхідність залучення нових моделей деформування таких складних геологічних середовищ, що знаходяться у стані повзучості із швидкостями, які залежать від структурних особливостей масиву та можливих геофізичних впливів.

Список літератури

1.Вижва С.А., Маслов Б.П., Продайвода Г.Т. Эффективные упругие свойства нелинейных многокомпонентных геологических сред // Геофизический журнал. – 2005. – №6, 27:86-96.

2.Ержанов Ж.С. Теория ползучести горних пород и ее приложения. – Наука, Алма-Ата, 1964.

3.Маслов Б.П., Продайвода Г.Т., Рева М.В. Ідентифікація та оцінка достовірності визначальних параметрів електромагнітного поля у геологічних середовищах складної структури. // Вісник КНУ ім. Тараса Шевченка: Геологія. – 2008. №3. – С.134-138.

4.Маслов Б.П., Ляшенко Я.Г., Концентрація напружень на поверхнях включень у геологічних середовищах складної структури. В збірн. “Вісник НТУ”, 2009, № 19, С. 221-225.

УДК 533.6.013.42

Є.Ю. Толбатов, канд. фіз. мат. наук, доцент,
(Національний авіаційний університет, Київ)

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ДИНАМІКИ ТРУБЧАСТИХ СПІРАЛЕЙ ТЕПЛООБМІННИХ АПАРАТІВ З ВНУТРІШНІМИ НЕОДНОРІДНИМИ ПОТОКАМИ РІДИНИ

Задача про динаміку кругової циліндричної трубчатої спіралі під дією рухомих навантажень, що породжуються силами інерції, які виникають внаслідок руху в каналі трубчатого криволінійного стержня згустків рідини, що розділена пустотами (рис.1), має специфічні особливості, властиві деформованим системам з рухомими масами. Взаємодія між рухомими масами і деформованою системою, яка коливається, може призвести до обміну між ними кінетичною та потенціальною енергіями і до статичної або динамічної втрати стійкості деформованої пружньої системи. При цьому в криволінійній трубі рухома рідина чинить суттєвий вплив на її коливання.

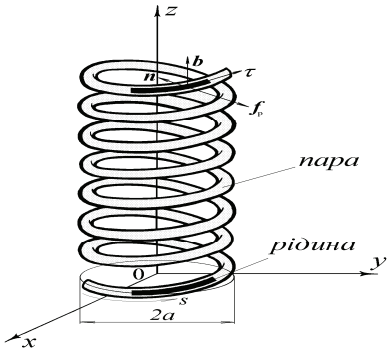


Рис.1. Геометрична схема ділянки трубчастої спіралі з рухомими пробками.

Рух рідинної пробки усередині криволінійного каналу супроводжується дією на його стінку доцентрової сили інерції $\vec{f}_{\text{р}}^{I}$ в напрямку, протилежному орієнтації головної нормалі. Крім того, оскільки кожний елемент рідини бере участь також в русі разом із трубкою при її коливаннях, генеруються додаткові сили взаємодії рідини та стінки трубки. Якщо жорсткість криволінійної трубки відносно мала, то її взаємодія з рухомою рідинною пробкою може призвести до значних динамічних ефектів. Бувають випадки, наприклад, коли із-за викликаних цими ефектами вібрацій в стінках трубки, що контактує з елементами підтримуючих конструкцій, протираються діри (свищі).

Нехай всередині кругової циліндричної трубчатої спіралі, жорстко защемленої на кінцях, з постійною швидкістю v рухаються розділені пустотами згустки рідини (рис.1). Приймемо, що поздовжній розмір і маса пробки в процесі руху не змінюються і силою в'язкого тертя пробки об стінку трубопрово-

ду можна знехтувати.

Для виведення рівнянь коливання спіралей і руху потоку рідини введемо координату s, вимірювану довжиною осьової лінії від деякої початкової точки до текучої, і рухому праву систему координат (u,v,w), жорстко зв'язану з поперечним перерізом, що розглядається. Нехай початок цієї системи лежить в центрі тяжіння площі поперечного перерізу, осі u,v напрямлені вздовж головних центральних осей інерції площі перерізу, а вісь w - по дотичній до пружньої лінії. Координата s в даному випадку є супутньою, разом з часом t вони складають змінні Лагранжа. Зовнішня геометрія стержня визначає положення кожної його точки і всієї пружньої лінії в нерухомій системі координат $0xyz$, які є змінними Ейлера.

Рівняння згину пружнього трубчатого стержня під дією розподілених сил $\vec{f}$ і моментів $\vec{m}$ описується рівняннями

$$\frac{\tilde{d}\vec{F}}{ds}+\vec{\omega}_\chi\times\vec{F}+\vec{f}=0\,,\quad \frac{\tilde{d}\vec{M}}{ds}+\vec{\omega}_\chi\times\vec{M}+\vec{\tau}\times\vec{F}+\vec{m}=0\,,$$

$$\frac{d\vec{\tau}}{ds}=K\vec{n}\,,\ \frac{d\vec{n}}{ds}=-K\vec{\tau}+\frac{1}{T}\vec{b}\,,\ \frac{d\vec{b}}{ds}=-\frac{1}{T}\vec{n}\,,\frac{d\vec{\rho}}{ds}=\vec{\tau}\,, \qquad (1)$$

$$M_u=A(p-p_0)\,,\ \ M_v=B(q-q_0)\,,\ \ M_w=C(r-r_0)\,,$$

тут $\vec{F}$, $\vec{M}$ - вектори внутрішніх зусиль і моментів з компонентами F_u, F_v, F_w і M_u, M_v, M_w відповідно; $\vec{\omega}_\chi$ - вектор Дарбу; T - радіус кручення; $\vec{\rho}$ - радіус-вектор точок осьової лінії; A, B, C - параметри згинної та крутильної жорсткостей; p, q, r - кривизни і кручення осьової лінії.

Роль вектора зовнішніх сил $\vec{f}$ в даному випадку грає вектор сил інерції. Його проекції на осі рухомої системи координат $Oxyz$ мають вигляд :

$$\begin{aligned}
f_x^I &= -(\rho_m+\rho_\text{p})\ddot{x}-2\rho_\text{p}V_\text{p}[\dot{\tau}_x(b_x^2+n_x^2)+\dot{\tau}_y(b_xb_y+n_xn_y)+\dot{\tau}_z(b_xb_z+n_xn_z)]\\
&\quad -\rho_\text{p}V_\text{p}^2\sqrt{p^2+q^2}\,n_x-\chi\cdot\dot{x},\\
f_y^I &= -(\rho_m+\rho_\text{p})\ddot{y}-2\rho_\text{p}V_\text{p}[\dot{\tau}_x(b_xb_y+n_xn_y)+\dot{\tau}_y(b_y^2+n_y^2)+\dot{\tau}_z(b_yb_z+n_yn_z)]\\
&\quad -\rho_\text{p}V_\text{p}^2\sqrt{p^2+q^2}\,n_y-\chi\cdot\dot{y},\\
f_z^I &= -(\rho_m+\rho_\text{p})\ddot{z}-2\rho_\text{p}V_\text{p}[\dot{\tau}_x(b_xb_z+n_xn_z)+\dot{\tau}_y(b_yb_z+n_yn_z)+\dot{\tau}_z(b_z^2+n_z^2)]\\
&\quad -\rho_\text{p}V_\text{p}^2\sqrt{p^2+q^2}\,n_z-\chi\cdot\dot{z},
\end{aligned} \qquad (2)$$

Приймемо, що при обраних параметрах системи трубчатий змійовик буде здійснювати малі коливання, які описуються лінійними диференціальними рівняннями. Ці рівняння можуть бути отримані шляхом лінеаризації співвід-

ношень (1) в околі початкового недеформованого стану. Запишемо їх в скалярному вигляді, виключив з них за допомогою співвідношень перших інтегралів вектор $\vec{b}$:

$$\frac{\partial \Delta \vec{F}}{\partial s} = -\vec{\omega}_\chi \times \Delta \vec{F} - \vec{F} \times \Delta \vec{\omega}_\chi - \Delta \vec{f} \; ;$$

$$\frac{\partial \Delta \vec{M}}{\partial s} = -\vec{\omega}_\chi \times \Delta \vec{M} - \vec{M} \times \Delta \vec{\omega}_\chi - \vec{\tau} \times \Delta \vec{F} - \vec{F} \times \Delta \vec{\tau} \; ; \; \frac{\partial \Delta \vec{\tau}}{\partial s} = \vec{n} \Delta K + K \Delta \vec{n} \; ;$$

$$\frac{\partial \Delta \vec{n}}{\partial s} = -\vec{\tau} \, \Delta K - K \, \Delta \vec{\tau} - \vec{b} \frac{\Delta T}{T^2} + \frac{1}{T} \Delta \vec{b} \; ; \; \frac{\partial \Delta \vec{b}}{\partial s} = \vec{n} \frac{\Delta T}{T^2} - \frac{1}{T} \Delta \vec{n} \; ; \; \frac{\partial \Delta \vec{\rho}}{\partial s} = \Delta \vec{\tau} \; .$$

(3)

В лівих частинах цих рівнянь похідні по s є частинними, оскільки доданки Δf_u , Δf_v , Δf_w містять похідні по часу t . Для їх побудови необхідно лінеоризувати і f_x , f_y , f_z . Зробимо лінеаризацію в околі стану рівноваги. Тоді

$$\begin{aligned}
\Delta f_x &= -(\rho_m + \rho_\text{p}) \Delta \ddot{x} - 2 \rho_\text{p} v_\text{p} [\Delta \dot{\tau}_x (b_x^2 + n_x^2) + \Delta \dot{\tau}_y (b_x b_y + n_x n_y) + \Delta \dot{\tau}_z (b_x b_z + n_x n_z)] \\
&\quad - \rho_\text{p} v_\text{p}^2 \left[n_x (p_0 \Delta p + q_0 \Delta q) / \sqrt{p_0^2 + q_0^2} + \sqrt{p_0^2 + q_0^2} \, \Delta n_x + \sqrt{p_0^2 + q_0^2} \, n_x \right], \\
\Delta f_y &= -(\rho_m + \rho_\text{p}) \Delta \ddot{y} - 2 \rho_c v_c [\Delta \dot{\tau}_x (b_x b_y + n_x n_y) + \Delta \dot{\tau}_y (b_y^2 + n_y^2) + \Delta \dot{\tau}_z (b_y b_z + n_y n_z)] \\
&\quad - \rho_\text{p} v_\text{p}^2 \left[n_y (p_0 \Delta p + q_0 \Delta q) / \sqrt{p_0^2 + q_0^2} + \sqrt{p_0^2 + q_0^2} \, \Delta n_y + \sqrt{p_0^2 + q_0^2} \, n_y \right], \qquad (4) \\
\Delta f_z &= -(\rho_m + \rho_\text{p}) \Delta \ddot{z} - 2 \rho_p v_p [\Delta \dot{\tau}_x (b_x b_z + n_x n_z) + \Delta \dot{\tau}_y (b_y b_z + n_y n_z) + \Delta \dot{\tau}_z (b_z^2 + n_z^2)] \\
&\quad - \rho_\text{p} v_\text{p}^2 \left[n_z (p_0 \Delta p + q_0 \Delta q) / \sqrt{p_0^2 + q_0^2} + \sqrt{p_0^2 + q_0^2} \, \Delta n_z + \sqrt{p_0^2 + q_0^2} \, n_z \right]
\end{aligned}$$

Система рівнянь (3)-(4) разом з відповідними граничними та початковими умовами визначає динаміку криволінійного трубопроводу з внутрішнім потоком. З її допомогою можна аналізувати і власні коливання системи.

Методика розв'язування системи лінеаризованих рівнянь (3), (4) з частинними похідними основана на використанні для її інтегрування по часу, що відрізняється підвищеною точністю, неявної різницевої схеми Хуболта. З її допомоги будується кроковий процес, на кожному етапі якого розв'язується двохточкова крайова задача для рівнянь 15-го порядку з незалежною змінною s , які мають три перші інтеграли. Оскільки деякі коефіцієнти цієї системи мають малі дільники, рівні квадратам кроків інтегрування по часу, ця система є жорсткою і серед її частинних розв'язків присутні швидко зростаючі функції. Тому побудова її розв'язаку здійснюється одночасним застосуванням методу початкових параметрів, методу дискретної ортогоналізації і методу Рунге-Кутта четвертого порядку.

При розрахунках коливань сталевого трубчастого змійовика були обрані

такі механічні параметри: згинні жорсткості $A = B = 1253\ Нм^2$; жорсткість при крученні $C = 955\ Нм^2$; радіус навивки $a = 0{,}5\ м$; кут підйому гвинтової лінії $\alpha = 0{,}07214\ рад$; зовнішній діаметр кільцевого перерізу трубки $d = 0{,}02\ м$; товщина стінки трубки $h = 0{,}003\ м$; погонна маса протікаючої рідини (води) $\rho_р = 1{,}54 \bullet 10^{-1}\ кг/м$; погонна маса трубки $\rho_m = 1{,}24\ кг/м$; кількість витків спіралі $N = 5$.

При цих параметрах системи розв'язані шість задач (див. таблицю 1).

Для знайдених критичних величин швидкостей підраховані значення періодів проходження пробкою всієї довжини спіралі $(T_{сп})$ і одного її витка $(T_{вит} = T_{сп}/5)$, які можна співставити зі значеннями умовних періодів майже періодичних коливань системи вздовж осей $Ox\ (T_x)$ і $Oy\ (T_y)$.

Таблиця 1.

Значення критичних швидкостей і періоди вимушених коливань спіралі в критичних випадках

№ задачі параметри	1.	2.	3.	4.	5.	6.
l_1	$S/10$	$S/5$	$S/2$	$4S/5$	$9S/10$	$19S/20$
l_2	$9S/10$	$4S/5$	$S/2$	$S/5$	$S/10$	$S/20$
$v_{кр}, м/с$	32,8	22,4	17	15,2	15,8	16,3
$T_{сп}$, с	0,48	0,7	0,93	1,04	0,99	0,97
$T_{вит}$, с	0,096	0,14	0,19	0,2	0,199	0,193
T_x, с	0,33	0,39	0,27	0,24	0,36	0,195
T_y, с	0,54	0,69	0,93	1,05	1,98	-

Відмітимо, що для задач 2-4 період коливань (T_y) вздовж осі Oy майже дорівнює періоду $T_{сп}$, для задачі 5 він кратен періоду $T_{сп}$ проходження пробкою довжини спіралі, а для задачі 6 період коливань T_x вздовж осі Ox дорівнює періоду $T_{вит}$, в той час як вздовж осі Oy має місце дивіргентна форма втрати стійкості, що супроводжується монотоним зростанням прогиба.

УДК 532.526

В.І. Мамчук, В.Г.Демидко, доц. каф. ВіОМ НАУ

АНАЛІЗ МОДЕЛЮВАННЯ ПРИМЕЖЕВИХ СТРУМЕНІВ НА ПЛАСТИНАХ, ЯКІ КОЛИВАЮТЬСЯ

Наведено результати математичного моделювання примежових шарів та пристінних струменів, які розвиваються на плоскій поверхні, яка коливається. Проведені співставлення результатів розрахунків профілів швидкості в різних перерізах уздовж розвитку течії з експериментальними даними А.О.Бондарця демонструють задовільну збіжність.

Вступ

Примежеві пристінні струмені є одним із ефективних засобів керування примежевим шаром, що широко застосовується в аерогідродинаміці. З математичної точки зору розрахунок таких течій складає серйозну проблему, оскільки в практичних задачах їх необхідно розглядати як турбулентні, а характеристики турбулентності значною мірою залежать від геометрії притаманного пристінному струменю немонотонного профіля поздовжньої складової осередненої швидкості.

Крім того, реальна обтічна поверхня, взаємодіючи з потоком, зазнає певних коливань, що певною мірою впливає на формування пристінної струменевої течії і повинно враховуватися при побудові математичної моделі.

Метою даної роботи є висвітлення результатів математичного моделювання турбулентних стаціонарних нестисливих примежевих шарів та пристінних струменів, що розвиваються на пластинах, які коливаються.

Математична модель

Для обчислень використано високоефективний безітераційний метод розрахунку системи рівнянь в частинних похідних та математичну модель розроблену Мамчуком В.І. [1, 2]. Тут наведено результати досліджень з адаптації моделі на розглядуваний розрахунковий випадок.

Для врахування ефекту коливання обтічної поверхні використовувалися два підходи.

Перший підхід, запропонований Ван Дрістом [4]:

$$\frac{\partial u}{\partial t} = \nu \frac{\partial^2 u}{\partial^2 y} \qquad (1)$$

Рівняння (1) з граничною умовою

$$u(0,t) = u_0 \cos\omega t \qquad (2)$$

приводить до розв'язку

$$u = u_0 \exp(-ny)\cos(\omega t - ny) \qquad (3)$$

де ω - частота; ν - молекулярна в'язкість; $n = (\omega/2\nu)^{1/2} = (\omega\nu)^{1/2}/\sqrt{2}\,\nu$.

Потім, згідно з [4] розраховувалися відповідні поправокові коефіцієнти, які вносилися в коефіцієнт турбулентної в'язкості.

Другий підхід базувався на гіпотезі про те, що вплив коливання скінченної пластини за малий проміжок часу (часу, за який плистина обтікається набігаючим потоком) на формування потоку адекватний впливу шорсткості обтічної поверхні. У цьому випадку за величину шорсткості h_S приймалася величина прямопропорційна числовому значенню амплітуди коливання A^* і оберненопропорційна числовому значенню частоти коливання ω.

Розрахунки показали, що обидва підходи з врахування впливу коливання пластини на розвиток течії дають практично однаковий результат.

Результати тестування

На рис.1 показано результати порівняння числоих розрахунків пристінної турбулентної струменевої течії, яка представляє особливу практичну цінність з наявними у розпорядженні автора експериментальними даними. На них порівнюються результати розрахунків (лінія) пристінних струменів з експериментальними даними Бондарця А.І. з роботи [3] (кола).

Головною метою експериментальних досліджень А.О. Бондарця було дослідження впливу коливання гладкої пластини, що обтікається пристінним струменем на її аеродинамічні характеристики. Експерименти проведено у початковій, перехідній та основній зонах пристінного струменя і вони відповідають середній швидкості в соплі – $u_0 = 41.57$ м/с, коефіцієнту супутності в перерізі видуву струменя -$m_0 = 0.5$, висоті щілини сопла – $d = 7$ мм, амплітуді коливання $A^* = 5.0 \cdot 10^{-3}$ мм та частоті - $\omega = 300$ Гц.

В наведеній нижче ілюстрації розрахунків прийнято єдиний принцип подання розрахункової інформації, а саме: наводяться порівняння розрахованих розподілів швидкості $\overline{u}(y)$ з наявними експериментальній роботі виміряними профілями швидкості в різних перерізах уздовж напрямку розвитку пристінного струменя. Таке порівняння локальних розподілів швидкості має перевагу над порівнянням розподілів уздовж координати x інтегральних характеристик досліджуваної течії таких, наприклад, як $\delta^*(x)$, $\delta^{**}(x)$, або форм параметра $H = \delta^*(x)/\delta^{**}(x)$, оскільки дає змогу простежити характер відтворення розрахунковим методом деформації профіля швидкості під впливом умов розвитку течії.

Використання ж інтегральних характеристик, з метою порівняння, неминуче приведе до втрати інформації, важливої для розуміння процесів формування пристінної струменевої течії. Водночас, слід зауважити, що інтегральні товщини є проміжними параметрами, що входять в розрахункові формули математичної моделі досліджуваних течій, у зв'язку з чим в процесі проведення розрахунку ці величини обов'язково розраховуються на кожному розрахунковому кроці уздовж координати x.

Таким чином, критерієм правильності визначення в процесі розрахунків зазначених вище величин є лише обчислювані профілі швидкості, які у випадку порушення тенденції зміни хоча б одного із зазначених параметрів обов'язково зазнають відхилення від виміряних розподілів швидкості $\overline{u} = \overline{u}(y)$.

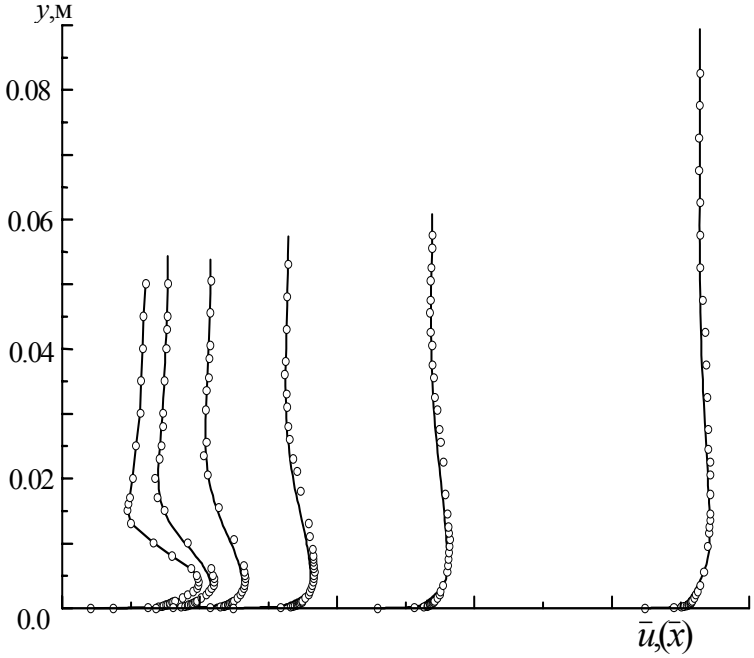


Рис. 1 Розподіл швидкості $\overline{u} = \overline{u}(y)$ у поздовжніх перерізах $\overline{x} = const$ при $\omega = 300\,Гц$, $A^* = 5.0 \cdot 10^{-3}$ мм, $m_0 = 0.5$, $u_0 = 41.57$ м/с, d=0,007 м, L=1,0823 м **:** 1 – x=0,0500 м; 2 – x=0,0925 м; 3 – x=0,1710 м; 4 – x=0,3164 м; 5 – x=0,5852 м; 6 – x=1,0823 м; ***лінії* - розрахунки; *кола* - експериментальні дані роботи [3]**

Це ж стосується і коефіцієнта опору тертя $c_f = 2\tau_w/\rho u_H^2$, оскільки напруження тертя на обтічній поверхні τ_w визначає динамічну швидкість $\nu_* = \sqrt{\tau_w/\rho}$, яка є одним з найважливіших параметрів моделі турбулентності. Зважаючи на це, величини ν_*, τ_w і c_f також обчислюються на кожному розрахунковому кроці уздовж координати x. Але, у зв'язку з тим, що на відміну від примежевих шарів, для експериментально досліджених турбулентних пристінних струменів інформація про розподіл $c_f = c_f(x)$ дуже обмежена і найчастіше отримується шляхом застосування інтегрального співвідношення Кармана до обчислених за виміряними профілями швидкості розподілів інтегральних товщин $\delta^*(x)$, $\delta^{**}(x)$, а не шляхом безпосереднього вимірювання, порівняння розрахунків з даними експерименту за цим, безумовно важливим параметром, в роботі також не проводилося.

Зважаючи на наведені вище міркування, відповідність розрахованих розподілів $\overline{u} = \overline{u}(y)$ експериментальним профілям швидкості для різних перерізів уздовж напрямку розвитку течії x може розглядатись як ознака адекватності

розробленої математичної моделі пристінного турбулентного струменя до фізичних процесів, що обумовлюють його розвиток.

Для наведеного на рис.1 порівнянні досягнуто задовільну відповідність розрахункових і експериментальних розподілів швидкості. Це доводить працездатність використаної моделі та підходів при моделюванні пристінних струменів на пластинах, що коливаються.

Висновки

Розроблена раніше математична модель для розрахунку турбулентних примежевих шарів і пристінних струменів дає можливість розраховувати і такий складний та приктично цінний вид течії, як течії навколо пластин, що коливаються.

1. Порівняння розрахункових результатів з відомими експериментальними дами показують, що запропоновані підходи з математичного моделювання розглянутого виду турбулентних течій дають змогу моделювати течії адекватно їх фізичним властивостям.

Список літератури

1. *В.І.Мамчук.* Про деякі алгебраїчні моделі турбулентності // Вісник Львів. ун-ту., Сер. прикл. матем. та інформатика. – 2007. - Вип. 13. - С. 136-141.
2. *В.І.Мамчук.* Використання сплайн-функцій в розрахунках турбулентних пристінних течій // Наукові вісті НТУУ “КПІ”. - 2007. - №2 . - С. 57-61.
3. *Мхитарян А.М., Мовчан В.Т., Шквар Е.А., Бондарец А.А.* Моделирование турбулентных пристенных и свободных струй и следов // Труды Всесоюзного семинара “Тепломассообмен и гидродинамика тонких струй вязкой жидкости”. - Днепропетровск: ДГУ. - 1989. - С. 17-18.
4. *П.Н.Романенко.* Гидродинамика и тепломассообмен в пограничном слое. - М., "Энергия", 1974. - 464 с.

УДК 519.65

В.В. Митюков (Ульяновское высшее авиационное училище гражданской авиации (институт), Россия, г. Ульяновск)

УНИВЕРСАЛЬНОЕ ПРОГРАММНОЕ РЕШЕНИЕ ДЛЯ ЗАДАЧ ДИФФЕРЕНЦИРОВАНИЯ И ИНТЕГРИРОВАНИЯ ОДНОМЕРНЫХ ДИСКРЕТНЫХ МНОЖЕСТВ

Рассматривается задача обобщения существующих методов приближения дискретных данных. Предложен единый алгоритм, предназначенный также для дифференцирования и интегрирования числовых рядов с произвольным шагом. Программная реализация осуществлена в приложении MS Excel.

Используемая в задачах математического моделирования информация, часто представляется в виде одномерных числовых рядов, записанных с некоторым шагом дискретизации. При этом, помимо задачи их гладкого приближения, нередко возникает необходимость вычисления производных и/или интегралов от таких таблично или графически заданных зависимостей.

Традиционные методы реализуют лишь некоторые частные случаи [1] из возможных вариантов таких вычислений и ориентированы в основном на ручные вычисления. В эпоху компьютерных вычислений, затраты времени на подбор и программирование подходящих традиционных вариантов становятся обременительными, поэтому желательно также развивать и альтернативные, по возможности наиболее универсальные алгоритмы.

Дальнейшее изложение посвящено унификации методов гладкого приближения дискретно заданных зависимостей некоторыми линейными комбинациями базисных функций [3]. Показывается применимость такого единого подхода к вычислению производных и интегралов на произвольных дискретных множествах [4].

Алгоритм гладкого приближения заданных точек $\{x_i , y_i\}$ основывается на *линейной* модели, составленной из аналитически вычисляемых фрагментов – базисных функций (например, из членов степенного ряда):

$$y(x) = C_0 \cdot \varphi_0(x) + C_0 \cdot \varphi_0(x) + \ldots + C_n \cdot \varphi_n(x) \qquad (1)$$

где C_j – искомые коэффициенты ($j = 0, 1, .. n$)

$\varphi_j(x)$ – базисные функции (аналитические и линейно–независимые)

Результаты операций дифференцирования и интегрирования линейной модели (1), примут тогда [4] следующий вид:

$$y'(x) = C_0 \cdot \varphi'_0(x) + C_0 \cdot \varphi'_0(x) + \ldots + C_n \cdot \varphi'_n(x) \qquad (2)$$

$$Y(x_{-1}, x) = C_0 \cdot \int_{x_{-1}}^{x} \varphi_0(x) + C_1 \cdot \int_{x_{-1}}^{x} \varphi_1(x) + \ldots + C_n \cdot \int_{x_{-1}}^{x} \varphi_n(x) \qquad (3)$$

здесь $[x_{-1}, x]$ – интервал интегрирования

Следует напомнить, что неизвестные коэффициенты C_j в основном оп-

ределяются из условий интерполяции или из условий аппроксимации [1].

Условия *интерполяции*, то есть условия точного выполнения равенств $y(x_i) = y_i$ в точках x_i, (i = 1, 2, .. m), приводят к системе линейных уравнений с квадратной матрицей *плана* **P** размера $m \times n+1$ (поскольку выше $m = n+1$):

$$\begin{pmatrix} \varphi_0(x_1) & \varphi_1(x_1) & \cdots & \varphi_n(x_1) \\ \varphi_0(x_2) & \varphi_1(x_2) & \cdots & \varphi_n(x_2) \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ \varphi_0(x_m) & \varphi_1(x_m) & \cdots & \varphi_n(x_m) \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} C_0 \\ C_1 \\ \cdots \\ C_n \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} y_1 \\ y_2 \\ \cdots \\ y_m \end{pmatrix} \quad \text{или} \quad \mathbf{P}\,\mathbf{c} = \mathbf{y} \qquad (4)$$

При *аппроксимации* минимизируется сумма квадратов отклонений $y(x_i)$ от y_i. на заданной системе точек x_i, (i = 1, 2, .. m) (метод наименьших квадратов [2]). Такой критерий позволяет использовать аналитический подход. Вектор невязки системы (4) $\Delta\mathbf{y} = \mathbf{P} \cdot \mathbf{c} - \mathbf{y}$ умножается скалярно сам на себя,

$$(\Delta\mathbf{y})^2 = \Delta\mathbf{y}^{\mathrm{T}} \cdot \Delta\mathbf{y} = (\mathbf{P}\mathbf{c} - \mathbf{y})^{\mathrm{T}} \cdot (\mathbf{P}\mathbf{c} - \mathbf{y})$$

Необходимое условие минимума $\Delta\mathbf{y}^2 \;\Rightarrow\; \dfrac{d(\Delta\mathbf{y})^2}{d\,\mathbf{c}} = \mathbf{P}^{\mathrm{T}} \cdot \mathbf{P} \cdot \mathbf{c} - \mathbf{P}^{\mathrm{T}} \cdot \mathbf{y} = 0$,

приводит к системе линейных *нормальных* уравнений с квадратной матрицей размера $n+1 \times n+1$, в развернутом виде принимающей вид (где $p_{ij} = \varphi_{j+1}(x_i)$):

$$\begin{pmatrix} p_{11} & p_{21} & \cdots & p_{m1} \\ p_{12} & p_{22} & \cdots & p_{m2} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ p_{1\,n+1} & p_{2\,n+1} & \cdots & p_{m\,n+1} \end{pmatrix} \cdot \left\{ \begin{pmatrix} p_{11} & p_{12} & \cdots & p_{1\,n+1} \\ p_{21} & p_{22} & \cdots & p_{2\,n+1} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ p_{m1} & p_{m2} & \cdots & p_{m\,n+1} \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} C_0 \\ C_1 \\ \cdots \\ C_n \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} y_1 \\ y_2 \\ \cdots \\ y_m \end{pmatrix} \right\} \qquad (5)$$

Матрица плана, входящая в нормальные уравнения, может уже быть переопределенной, то есть число ее строк может быть больше числа столбцов.

Следует добавить, что системы уравнений (4) или (5) допускают включение результатов операций над линейной моделью (1), сохраняющих линейность относительно коэффициентов C_j. [4]. Например, если имеются известные значения наклонов касательных y'_i и/или значения интегральных площадей Y_i на некоторых подынтервалах, то нет препятствий для вставки в матрицу плана **P** строк $y'(x_i) = y'_i$ и $Y(x_i) = Y_i$, соответствующих (2) и (3).

После составления системы уравнений вида (4) или (5), поиск ее решения, в виде набора коэффициентов C_j., в рассматриваемом алгоритме не производится. Вместо этого, как показано в [3], полученная система уравнений сначала приводится к расширенному однородному виду. Затем обосновывается единый подход к вычислению результатов, вытекающий из условия существования нетривиального решения однородной системы с матрицей **H** (то есть из условия *det* **H** = 0).

Каждый полученный результат может быть представлен в виде любой

из следующих разновидностей:

– в виде скалярного значения y (в точке x)

– в виде линейной комбинации базисных функций $\varphi_j(x)$:

$$C_0 \cdot \varphi_0(x) + C_0 \cdot \varphi_0(x) + \ldots + C_n \cdot \varphi_n(x)$$

либо линейной комбинации исходных значений y_i:

$$w_0(x) \cdot y_1 + w_1(x) \cdot y_2 + \ldots + w_n(x) \cdot y_m$$

– или в наиболее общем развернутом виде:

$$\left(\varphi_0(x) \;\; \varphi_1(x) \;\; \cdots \;\; \varphi_n(x)\right) \cdot \begin{pmatrix} d_{01} & d_{02} & \cdots & d_{0m} \\ d_{11} & d_{12} & \cdots & d_{1m} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ d_{n1} & d_{n2} & \cdots & d_{nm} \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} y_1 \\ y_2 \\ \cdots \\ y_m \end{pmatrix} \qquad (6)$$

Как можно видеть, все предыдущие разновидности являются полной или частичными свертками последнего выражения (6). Разумеется, в них исходные значения y_i могут перемежаться со вставленными исходными значениями y'_i и Y_i. Замена в первом сомножителе (матрице–строке) базисных функций $\varphi_j(x)$ производными $\varphi'_j(x)$ или интегралами $\int_{x_{-1}}^{x} \varphi_j(x)$ от них, приводит к получению результата в виде искомой производной в точке x или интеграла на интервале $[x_{-1},\ x]$.

Если возникнет такая необходимость, то ничто не мешает повторять дифференцирование и интегрирование и включать в эту матрицу–строку соотношения для производных различных порядков или для повторных интегралов различной кратности от базисных функций.

Таким образом, все разнообразие вариантов определяется только вычислением набора разновидностей базисных функций и кратностью дифференциально–интегральных операций на них.

Практическое опробование изложенного алгоритма осуществлялось в офисной программе “MS Excel”. Вводился набор дискретных данных, выбиралась система базисных функций, назначался метод приближения, задавались нужные значения констант m и n. Построение расширенной матрицы **H**, ее обработка и вычисление требуемых результатов производились программно. Необходимые для этого макросы и подпрограммы реализованы на встроенном языке программирования VBA. Для полученных результатов предусмотрен вывод в таблицы и отображение на графиках.

Выводы:

Представленный программный инструмент может применяться для автоматизации исследований, связанных с обработкой дискретных данных, без ограничений на расположение узлов, на выбор базисных функций и на способ приближения (интерполяция или метод наименьших квадратов). Областью применения данного алгоритма также могут служить задачи разработки или усовершенствования методов построения приближенных решений уравнений (функциональных, дифференциальных, интегральных)

Универсальность представленного алгоритма позволяет обобщать его на двумерные зависимости [3], для вычисления в точках плоскости значений приближения от двух переменных (в виде линейной двумерной модели), ее частных производных и двойных интегралов по плоской подобласти D.

Можно продолжить распространять данный подход на многомерные зависимости, с целью вычисления значений многомерного приближения, или градиента от скалярной зависимости (если зависимая переменная одна), или матрицы Якоби от векторной зависимости (зависимых переменных больше одной), или многомерного интеграла по некоторой подобласти.

Реализация этих многочисленных вариантов потребует в основном разработки только алгоритмов вычисления различных базисных функций соответствующей размерности, а также частных производных различных порядков и интегралов различной размерности и кратности от них.

Список литературы

1. *Каханер Д., Моулер К., Нэш С.* Численные методы и математическое обеспечение. Пер. с англ. – М.: Мир, 1998. –575 с.

2. *Райс Дж.* Матричные вычисления и математическое обеспечение. Пер. с англ. – М.: Мир, 1984. –264 с.

3. *Митюков В. В.* Обобщенный алгоритм и дискретная унифицированная структура для вычислительных задач. «Современные информационные технологии и IT-образование». Сборник докладов научно-практической конференции: учебно-методическое пособие. Под ред. проф. В.А. Сухомлина. – М.: ИНТУИТ.РУ, 2009. – с. 675–681

4. *Митюков В.В.* Унифицированный алгоритм дифференцирования и интегрирования дискретных числовых массивов. «Современные информационные технологии и ИТ-образование». Сборник докладов V международной научно-практической конференции: учебно-методическое пособие. Под ред. проф. В.А. Сухомлина. – М.: ИНТУИТ.РУ, 2010. – с. 509–513

УДК 629.7

А.А. Тюгашев, профессор, доктор технических наук (СГАУ, Россия, Самара),
А.Ю. Богатов, ассистент (СГАУ, Россия, Самара)

ИСЧИСЛЕНИЕ УПРАВЛЯЮЩИХ АЛГОРИТМОВ РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ

В работе рассматривается формальная система, разработанная для моделирования бортовых управляющих алгоритмов реального времени (УА РВ) космического аппарата, а так же некоторые аспекты построения эквивалентных преобразований моделируемых программ

Областью рассмотрения являются системы жёсткого реального времени (HRT-системы). Корректность работы HRT-системы определяется двумя условиями:

1) корректностью по выходным данным, то есть логическая правильность результатов;

2) корректностью по времени, то есть система переходит из одного запланированного состояния в другое в заранее заданные сроки.

С точки зрения модели пред- и постусловий Хоара, критерий корректности работы HRT-системы будет выглядеть следующим образом: $(A(D_0,t_0))\pi(B(D_1(t_1),D_2(t_2),...,D_k(t_k)))\equiv 1$. Здесь $(A(D_0,t_0))$ означает корректное задание начальных условий на момент времени t_0, а $(B(D_1(t_1),D_2(t_2),...,D_k(t_k)))$ означает, что в результате выполнения программы π были корректно выполнены целевые задачи в моменты времени $t_1,...,t_k$.

Определение: поток, реализующий управление функциональным устройством HRT-системы, называется функциональной задачей.

Определение: совокупность потоков, реализующих управление некоторой подсистемой HRT-системы, называется управляющим алгоритмом.

В настоящий момент широко распространены и продолжают бурно развиваться методы моделирования и верификации HRT-систем, основанные на концепциях «состояний» и «переходов». При всех своих несомненных достоинствах, эти подходы обладают несколькими общими недостатками [1, 2]:

1. Проблема комбинаторного взрыва, то есть резкое увеличение числа состояний при увеличении размера рассматриваемой системы. Наиболее известные и эффективные приёмами решения данной проблемы — это привлечение абстракции, индукция, композиционный вывод и учёт симметрии. Причём ни один из этих приёмов не является универсальным, поэтому возможность использования и эффективность в каждом случае зависит от свойств системы.

2. Проблема выбора степени детализации переходов.

Предлагается альтернативный подход свободный от вышеперечислен-

ных недостатков и обладающий в то же время достаточно широкими возможностями анализа HRT-систем. В рамках этого подхода управляющие алгоритмы представляются в виде четвёрки объектов: $УАРВ = \{< f_i, t_i, \tau_i, \bar{l}_i >\}, i = \overline{1,N}$, где f_i – функциональная задача (действие); t_i — момент начала выполнения действия (целое неотрицательное число); τ_i — длительность действия (целое неотрицательное число); $\bar{l}_i$ — логический вектор, обуславливающий выполнение функциональной задачи.

Множество УА РВ в смысле наборов четвёрок объектов U, множество логических условий L вместе с набором операций Ω образуют универсальную двухосновную алгебру $< U, L; \Omega >$. Система $< U, L; \Omega >$ называется алгеброй управляющих алгоритмов реального времени. Сигнатура Ω состоит из следующих операций: $\Omega = \{CH, CK, \rightarrow, H, 3A, @, +, \overset{\alpha}{\rightarrow}\}$, которые определяют координацию задач между потоками и процессами.

Операция CH — совпадение по началу, задачи начинают своё выполнение в один и тот же момент времени. Операция CK — совпадение по концу, задачи заканчивают своё выполнение в один и тот же момент времени. Операция $\rightarrow$ — непосредственное следование, задача В начинает своё выполнение после окончания выполнения задачи А. Операция H — непосредственное следование, задача В начинает своё выполнение через промежуток времени t после начала выполнения задачи А. Операция $3A$ — следование со сдвигом, задача В начинает своё выполнение через промежуток времени t после окончания выполнения задачи А. Операция $@$ — привязка начала выполнения задачи к абсолютному значению времени t. Операция $+$ — операция выбора динамического объекта. Операция $\overset{\alpha}{\rightarrow}$ — запуск задачи на выполнение, если условие α истинно.

Исчисление управляющих алгоритмов реального времени

Алгебра $< U, L; \Omega >$ является основой формальной системы исчисления управляющих алгоритмов реального времени. Данная формальная система представляет собой исчисление предикатов первого порядка. Определение терма системы вводится рекурсивно в соответствии со следующими правилами [3]:

1. Символ функциональной задачи есть терм;
2. Если L_1 и L_2 — термы, а α — логическая переменная, x — целое неотрицательное число, то $(L_1\ CH\ L_2)$, $(L_1\ CK\ L_2)$, $(L_1 + L_2)$, $(L_1 \rightarrow L_2)$, $(\alpha \overset{\alpha}{\rightarrow} L_2)$, $H(L_2, x)$, $3A(L_1, L_2, x)$, $@(L_2, x)$ — термы.

Основой эквивалентных преобразований спецификации управляю-

щих алгоритмов реального времени является система переписывания термов, согласованная с набором основных тождеств в алгебре $<U, L; \Omega>$. Общий подход, применяемый для построения полной системы переписывания термов по набору тождеств, состоит в следующем:

1. Каждое тождество в наборе ориентируется в соответствии с выбранным отношением переписывания (в данном случае отношение переписывания задаётся количеством функциональных символов в терме).

2. Проверяется выполнение свойств нётеровости и конфлюэнтности полученной системы.

3. В случае необходимости применяется алгоритм пополнения системы (как правило, алгоритм Кнута-Бендикса).

Набор основных тождеств в алгебре $<U, L; \Omega>$ содержит правила ассоциативности и коммутативности, следовательно, система, полученная ориентацией тождеств, не будет обладать свойством нётеровости. Альтернативным решением является использование системы переписывания классов [4]. R/S класс системы, состоящей из множества правил переписывания $R = \{l_i \to r_i\}$ и множества тождеств $S = \{u_i = v_i\}$. Обобщая понятие переписывания терма, будем говорить, что s переписывается в t по модулю S, обозначается $s \to_{R/S} t$, если $s \leftrightarrow^*_S u[l\sigma]_p$ и $u[r\sigma]_p \leftrightarrow^*_S t$, где $\leftrightarrow^*_S$ — рефлексивное транзитивное замыкание отношения $\to_S$, для некоторого контекста u, позиции p в контексте u, правила $l \to r$ в R и подстановки σ. Таким образом, R по существу вычисляется в фактор-множестве $T/S = \{[t]_S \mid t \in T\}$ S — конгруэнтных классов. Авторами была построена система переписывания классов, в которой множество S формировалось на основе правил переписывания, полученных из тождеств коммутативности и ассоциативности операций CH, CK, $\to$. А множество R формировалось на основе правил переписывания, полученных из остальных тождеств. Для построенной системы были доказаны свойства нётеровости и конфлюэнтности.

Операционная семантика исчисления управляющих алгоритмов реального времени задаётся редукционными правилами, рассмотренными выше, а денотационная семантика может быть задана в общем случае системой линейных неравенств. Любое отношение в алгебре УА РВ однозначно определяется отношениями <, >, = на декартовом произведении $N \times N \times \{0,1\}^J$, где J — размерность логического вектора, обуславливающего выполнение функциональных задач данного множества. Так же любая операция в алгебре УА РВ однозначно определяется стандартными операциями умножения и сложения на множестве натуральных чисел. На основании этих фактов авторами был разработан алгоритм прямого преобразования, строящий систему неравенств по формулам исчисления УА РВ, и алгоритм обратного преобразования, восстанавливающий формулы исчисления УА РВ по системе неравенств. При

этом система неравенств имеет решение тогда и только тогда, когда соответствующие формулы исчисления УА РВ не содержат противоречивых условий.

Выводы

Рассмотренный в статье подход к моделированию УА РВ позволяет получать компактные и легко масштабируемые модели программ. Предложенный формализм не задаёт явным образом передачу управления между функциональными задачами УА, этот факт служит основой для проведения различного рода оптимизирующих преобразований на множестве программ, реализующих данную семантику и различающихся управляющим графом. Рассмотренный подход позволяет избежать проблемы комбинаторного взрыва, что в некоторых задачах моделирования и верификации программ даёт ему преимущество по сравнению с традиционными методами. Исчисление УА РВ применяется в системе автоматизированного проектирования «ГРАФКОНТ». Всё это позволяет использовать исчисление УА РВ как теоретическую основу моделирования и исследования поведенческих особенностей систем реального времени.

Список литературы

1. *Кларк Э.М., Грамберг О., Пелед Д.* Верификация моделей программ: Model Checking. ─ Москва: Издательство Московского центра непрерывного математического образования, 2002 ─ 416с.

2. *O. Grumberg and D.E. Long.* Model checking and modular verification. ACM Transaction on Programming Languages and Systems, V. 16, p. 843 ─ 872.

3. *Мальцев А. И.* Алгебраические системы. ─ Москва: Наука, 1970 ─ 400с.

4. *Dershowitz N., Jouannaud J.-P.*, Rewrite Systems // Chapter 6 of Handbook of Theoretical Computer Science, Volume B: Formal Methods and Semantics J. van Leeuwen, ed., p. 243 – 320, North-Holland Amsterdam, 1990.

УДК 620.22-419:629.7.017:519.245

Н.Н. Христенко, аспирант (Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Украина)

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА МОНТЕ-КАРЛО ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ВЕРОЯТНОСТИ РАЗРУШЕНИЯ СЛОИСТЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

Рассматривается методика прогнозирования вероятности разрушения солистых композиционных материалов при заданной нагрузке , структуре материала и физико-механических свойствах монослоёв. Методика основана на статистическом моделировании методом Монте-Карло. Проводится анализ полученных результатов и сравнение метода Монте-Карло с другими, применяемыми для решения подобных задач.

Введение. Композиционные материалы (КМ) нашли широкое применение в самых разных областях техники благодаря многим присущим им свойствам, наиболее важным из которых является высокая прочность и жесткость при низкой плотности, химическая стабильность, радиопрозрачность и пр. Наряду с многими полезными свойствами, КМ обладают недостатками, из которых наиболее существенными являются высокая стоимость, сложность и ресурсоёмкость технологии производства изделий из КМ, зависимость физико-мезанических характеристик (ФМХ) изделий от незначительных изменений структурных и технологических параметров, и других случайных факторов. Последний недостаток обусловливает большой разброс ФМХ слоистых КМ (СКМ). При относительно небольшом опыте эксплуатации изделий из КМ и многообразии их структурных и технологических параметров, учёт и минимизация разброса ФМХ КМ при проектировании и эксплуатации представляет трудности, преодоление котрых особенно актуально в аэрокосмической отрасли [1].

Прогнозирование вероятности разрушения конструкций. Для конструкций из материалов, коэффициент вариации ФМХ которых не превышает 8%, вероятность разрушения обусловливается разбросом эксплуатационной нагрузки, влияние которого учитывается при проектировании с помощью основного коэффициента безопасности f. Для авиационных конструкций, как правило $f = 1.5$ [2,3]. Большой разброс ФМХ материала может существенно увеличить вероятность разрушения конструкции. Для учёта этого явления в конструкциях из КМ и обеспечения заданной надёжности вводят дополнительный коэффициент безопасности $f_{км}$.

$$P_p = f f_{км} P_э , \qquad (1)$$

где: P_p - расчётная нагрузка,

$P_э$ - принимаемая для расчётов эксплуатационная нагрузка.

Для обеспечения необходимого уровня надёжности конструкции и исключения неоправданного её утяжеления, необходимо рассматривать прикладываемые и предельно допустимые нагрузки для данной конструкции как случайные величины.

$$P_f = P(R - S \le 0), \tag{2}$$

где P_f - вероятность разрушения конструкции,

R, S – случайные величины, предельная нагрузка и эксплуатационная нагрузка, соответственно.

При этом P_p и $P_э$ явояются средними значениями величин *R* и *S,* соответственно (рис. 1). Зная законы распределения величин *R* и *S*, можно определить вероятность разрушения следующим образом [4] :

$$P_f = \int_{-\infty}^{\infty} F_R(x)\, f_S(x)\, dx, \tag{3}$$

где: $F_R(x)$ - кумулятивная функция распределения вероятности предела прочности конструкции;

$f_S(x)$ -функция плотности вероятности нагрузки.

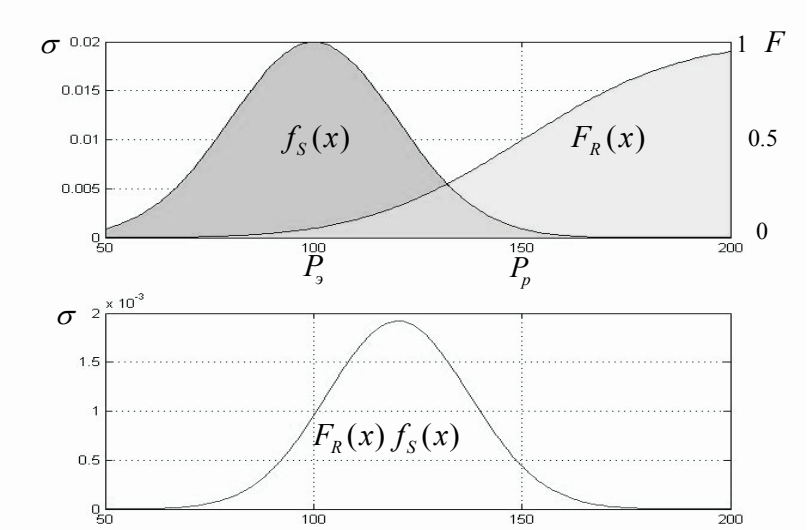


Рис.1 Определение вероятности разрушения конструкции при известных законах распределения *R* и *S.*

σ - плотность вероятности, F - вероятность того, что $F_R(x) > P_p$.

Прогнозирование ФМХ КМ с помощью вероятностных методов. КМ – это обьёмное сочетание двух или более разнородных материалов с чёткой границей раздела фаз и с гарантированным (не допускающим взаимного проскальзывания) соединением компонентов. КМ характеризуется свойствами, которые при заданых условиях испытаний не обладает ни один из составляющих его компонентов [1]. Можно рассматривать КМ как микроконструкцию из элементов различных видов с определёнными свойствами и соединённых в целостную систему определённым образом (последовательно, параллельно, каким либо иным способом). При этом свойства элементов являются случайными величинами и могут существенно отличаться от свойств данной системы, которые в свою очередь определяются свойствами этих элементов и связями между ними. На основании данного утверждения, для прогнозирования свойств КМ применимы методы вероятностного структурного анализа, широко применяющиеся в инженерной практике.

Применение методов теории вероятностей к существующим математическим моделям слоистых КМ позволяет прогнозировать разброс ФМХ пакета КМ, зная разброс ФМХ отдельных монослоёв. Новая методика, позволяющая прогнозировать $f_{км}$ для пакетов с произвольной структурой, используя лишь данные, полученые при испытаниях стандартных однонаправленых образцов, позволяет существенно снизить затраты времени и материалов на этапе проектирования новых конструкций из КМ. Так же применяемый вероятностный подход позволяет проводить оптимизацию структуры КМ с учётом разброса её ФМХ и тем самым в большей мере использовать преимущества КМ.

Метод Монте-Карло – метод статистического моделирования, нашедший широчайшее применение в самых различных областях науки, особеннно после развития ЭВМ. Применительно к КМ, суть метода заключается в том, что исходные данные, необходимые для расчёта СКМ на прочность (количество и толщина слоёв, углы укладки, ФМХ отдельных слоёв...), многократно генерируются с использованием генератора случайных чисел с заданным законом распределения, после чего многократно повторяется расчёт СКМ на прочность и выполняется проверка удовлетворения заданного критерия прочности, а так же определение прочих ФМХ СКМ. Проведя статистическую обработку полученных данных можно определить вероятность разрушения СКМ с заданной структурой при заданных параметрах нагружения. Исходя из полученной и требуемой вероятностей разрушения конструкции, можно определить необходимый $f_{км}$.

Выводы. Использование разработанной методики прогнозирования $f_{км}$ позволяет сократить количество испытаний образцов КМ на разрушение при проектировании новых изделий из слоистых КМ. Результаты, полученные в работе, позволяют проводить анализ и оптимизацию структуры слоистых КМ с учётом вероятностных свойств исходных параметров, способствуя более полной реализации преимуществ КМ.

Список литературы

1. *Карпов Я.С.* Проектирование деталей и агрегатов из композитов: учебник / Я.С. Карпов. – Х.: Нац. Аэрокосм. Ун-т «Харьк. авиац. ин-т», 2010. – 768с.

2. Авиационные правила. 4. 25: «Нормы лётной годности самолётов транспортной и пассажирской категории». М.: - Межгос. Авиац. Комитет. Лётно-исследовательский институт им. М.М. Громова, 1994.-322 с.

3. *Чижов В.М.* Статистические основы выбора коэффициентов безопасности. Труды ЦАГИ, вып. 1462, 1973.

4. *Melchers, R.* Structural Reliability Analysis and Prediction. Wiley. 2002, 437p.

5. *Wetherhold RC, Ucci AM.* Probability Techniques for Reliability Analysis of Composite Materials. NASA Contractor Report 195294 1994; 43p.

УДК 532.517

О.М. Бердник, к.т.н., доцент
(Національний авіаційний університет, Україна, м. Київ)

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ГІДРАВЛІЧНОГО ОПОРУ В КРУГОВИХ КАНАЛАХ ІЗ ПРОНИКНИМ ШАРОМ ПЕРЕШКОД В ОКОЛІ ОСІ

Виявлено залежність гідравлічного опору кругового каналу від параметрів однорідного шару перешкод, який зосереджено в околі осі.

Дослідження потоку в каналах із перешкодами є практично важливим у зв'язку з пошуком нових удосконалених конструкцій теплообмінного устаткування, адже наявність перешкод у потоці відіграє суттєву роль в режимі течії та тепло-масопереносу. Дана робота присвячена виявленню залежності гідравлічного опору кругового каналу від параметрів однорідного шару перешкод товщиною h $[м]$, який зосереджено в околі осі (уявний циліндр), і є продовженням наукових досліджень, представлених в [1, 2].

Моделювання гідромеханічних явищ у круговому каналі з проникним для потоку шаром перешкод базується на наступних обмеженнях:

1) розглядається клас внутрішніх задач про стабілізований потік під тиском (течія на ділянці довжиною L, $[м]$ далеко від входу в канал);
2) вважається, що в'язка рідина є нестисливою, тобто має незмінні фізичні властивості ($\rho = \text{const}$ – густина, $[кг/(м \cdot с)]$);
3) потік вважається ізотермічним ($T = \text{const}$ – температура, $[K]$, $\mu = \text{const}$ – коефіцієнт динамічної в'язкості, $[кг/(м \cdot с)]$);
4) шар перешкод має жорстку однорідну структуру.

Якщо вважати, що потік рідини направлено вздовж осі каналу і гідродинамічна взаємодія між поодинокими перешкодами відсутня, то для математичного опису стабілізованого потоку в'язкої нестисливої рідини в таких умовах можна запропонувати наступне рівняння з розривною правою частиною, записане в циліндричній системі координат:

$$\mu \frac{1}{r}\frac{d}{dr}\left(r\frac{dU}{dr}\right) = \frac{\Delta p}{L} + \begin{cases} k\rho n U(r), & 0 \le r \le h, \\ 0, & h < r \le R, \end{cases} \qquad (1)$$

де R, $[м]$ – радіус каналу, $U = U(r)$, $[м/с]$ – повздовжня складова швидкості; r, $[м]$ – відстань від осі каналу, $\Delta p = p_2 - p_1$, $\left[Н/м^2\right]$ – перепад тиску; $n = \text{const}$, $\left[м^{-3}\right]$ – концентрація перешкод в одиниці об'єму. В рівності (1) враховано, що при русі рідини крізь шар перешкод гальмівний вплив останнього виражає розподілена об'ємна сила $f = nF_i$ $\left[Н/м^3\right]$, а поза ним – рідина

рухається «вільно». При цьому $F_i = k\,\rho U$, $[H]$ – індивідуальна сила лобового опору окремої перешкоди; а k , $\left[м^3/с\right]$ – емпіричний параметр.

За межові взято умови прилипання та симетрії, відповідно:

$$r = R\,,\ U = 0\ ; \qquad r = 0\,,\ dU/dr = 0\,. \tag{2}$$

Математична модель (1) – (2) стабілізованого ламінарного потоку в'язкої нестисливої рідини в круговому каналі при наявності в околі його осі однорідного легкопроникного шару перешкод побудована на наступних припущеннях: по-перше, відстань між поодинокими перешкодами складає декілька розмірів діаметрів d_i, $[м]$ перешкоди (десь більше $5\,d_i$); по-друге, рівняння нерозривності діє в усій області потоку; по-третє, характеристики потоку всередині шару перешкод розглядаються з позиції деякого «середнього» значення; по-четверте, отримання об'ємної сили f передбачає можливість додавання індивідуальних сил F_i, що є виправданим лише при відсутності взаємного впливу між поодинокими елементами шару перешкод; по-п'яте, в області потоку з перешкодами, вільній від вихрових зон в сліді (яка складає більше 82%) прийнято, що повздовжній градієнт швидкості набагато менший за поперечний.

З метою зменшення параметрів задачі її розглянуто в безрозмірних змінних:

$$\bar{r} = r/R\,,\ \ \overline{U} = U/W\,,\ \ \bar{\tau} = \tau/\tau_w\,,$$

де $W = U(0) = -\Delta p R^2/4\mu L$; $\tau = \tau(r) = -\rho\nu\ dU/dr$ – тертя між шарами рідини на рівні r ; τ_w – значення тертя на стінці каналу. Для пошуку аналітичного розв'язку задачі (1) – (2) в безрозмірній постановці розглянуто кожну з двох областей потоку окремо. Єдиний же безрозмірний профіль швидкості

$$\overline{U}(\bar{r}) = \begin{cases} \left(\overline{U}_h - \dfrac{4}{A}\right)\dfrac{J_0(\sqrt{-A}\cdot\bar{r})}{J_0\sqrt{-A}\cdot\bar{h}} + \dfrac{4}{A}, & \text{якщо } \bar{r}\in[0,\bar{h}] \\ 1-\bar{r}^2 + \left(\overline{U}_h + \bar{h}^2 - 1\right)\dfrac{\ln\bar{r}}{\ln\bar{h}}, & \text{якщо } \bar{r}\in(\bar{h},1] \end{cases} \tag{3}$$

отримано (рис. 1) на основі умов спряження:

$$\overline{U}_{\bar{h}} = \overline{U}(\bar{h}-0) = \overline{U}(\bar{h}+0)\,,\ \bar{\tau}_{\bar{h}} = \bar{\tau}(\bar{h}-0) = \bar{\tau}(\bar{h}+0)\,,$$

що виражають неперервність швидкості $\overline{U}$ та тертя $\bar{\tau}$ на межі $\bar{r} = \bar{h}$ двох областей потоку (відповідає розмірному значенню $r = h$). При цьому у виразі (3) через J_0 позначено функції Бесселя першого роду, а параметр $A = knR^2/\nu$ є безрозмірною щільністю шару перешкод.

Аналізуючи розподіли $\overline{U}(\overline{r})$ в залежності від параметрів шару перешкод – його безрозмірних товщини $\overline{h} = 0{,}3$ та щільності $A = 0;\ 0{,}3;\ 1;\ 10;\ 100;\ 1000$ (рис. 1), можна говорити про суттєву деформацію фізичного поля потоку під дією перешкод в околі осі. Про це свідчать немонотонні профілі швидкості: від стінок у напрямку осі $\overline{U}(\overline{r})$ спочатку збільшується, а потім потік зустрічає опір у центрі, і тому $\overline{U}(\overline{r})$ на цій ділянці зменшується із ростом значення безрозмірної щільності A.

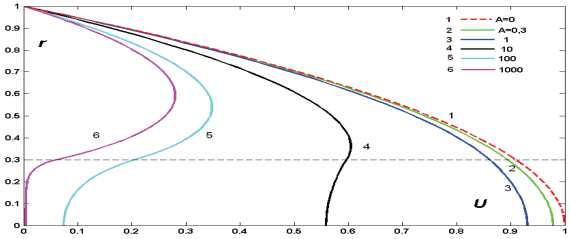


Рис.1. Розподіл безрозмірної швидкості в залежності від параметрів шару перешкод

Знайдений розподіл (3) є сингулярним при $A = 0$. Аналогічні властивості були притаманні і розв'язкам для плоскої задачі [3], де проблему було ліквідовано за рахунок розкриття невизначеностей типу $\infty - \infty$ і ∞ / ∞. У даному ж дослідженні коректну граничну поведінку безрозмірних профілів швидкості $\overline{U}(\overline{r})$ при $A \to 0$ перевірено шляхом чисельних експериментів для значень A, близьких до нуля (наприклад, $A = 0{,}1$; $A = 0{,}01$ і т.д.). Такий підхід надає впевненості у достовірності отриманих результатів.

Як відомо, при гідравлічних розрахунках втрат тиску по формулі Дарсі-Вейсбаха $\Delta p = \lambda (L / 2R)(U_{cep}^2 / 2)$ найбільш складним є визначення величини коефіцієнта λ гідравлічного опору по довжині. Для гладкого кругового каналу при ламінарному режимі потоку він залежить лише від числа Рейнольдса ($\lambda = 64 / \mathrm{Re}$); для нашого ж випадку – він ще й залежатиме від щільності шару перешкод A та його товщини $\overline{h}$ і визначатиметься як $\lambda = 32/(\mathrm{Re}\overline{U}_{cep})$, де $\overline{U}_{cep} = U_{cep} / W$ (індекс cep означає середнє по нормальному перетину значення величини) Тоді, обчисливши чисельним інтегруванням знайдених профілів швидкості $\overline{U}_{cep} = 2\int_0^1 \overline{r}\overline{U}(\overline{r})\, d\overline{r}$, можна дослідити, як присутність перешкод в потоці впливає на гідравлічний опір каналу. Зокрема, на підставі чисельних розрахунків досліджено залежність добутку $\lambda\,\mathrm{Re}$ від значень характерних

параметрів шару перешкод (рис. 2). Спостерігається передбачувана поведінка коефіцієнту гідравлічного опору λ : якщо $A \to 0$ (випадок каналу без перешкод), то добуток $\lambda \,\mathrm{Re}$ наближається до відомого значення 64 ; а зростання щільності A приводить до збільшення гідравлічного опору, величина якого прямо пропорційно пов'язана з висотою шару перешкод.

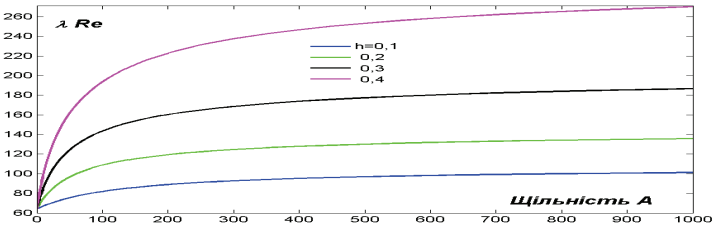


Рис. 2. Залежність опору кругового каналу з однорідним шаром перешкод в околі осі від параметрів h та A

Висновки

В результаті проведених досліджень виявлено чисельно залежність гідравлічного опору кругового каналу від параметрів однорідного шару перешкод, який зосереджено в околі осі. Отримані результати є практично важливими для подальшого пошуку оптимальних режимів течії та тепло-масопереносу в таких каналах.

Список літератури

1. Бердник О.М., Гаєв Є.О. Розрахунок стабілізованого потоку в каналах різного геометричного перерізу з урахуванням впливу легкопроникної шорсткості // Матеріали III міжн. наук. конф. «Прикладні проблеми аерогідромеханіки та тепломасопереносу» – Дніпропетровськ, 2010. – С. 32–34.

2. Бердник О.М. Про вплив неоднорідного шару перешкод на стабілізований потік рідини в круглій трубі / О.М. Бердник // Матеріали X міжнародної науково-технічної конференції «АВІА-2011» – К.: НАУ, 2011. – Т.1. – С.6.72–6.75.

3. Гаев Е.А. Модели легкопроницаемой шероховатости для задач гидромеханики и теплофизики: Дис. д-ра техн. наук: 01.02.05 / НАН Украины; ИГМ. – К., 2000. – 341с.

УДК 57.087.1

М.В. Чорненко, аспирантка
(Днепропетровський национальний университет имени О.Гончара,
Украина, г.Днепропетровск)
В.М. Кущ, врач-лаборант
(КЗ Городская многопрофильная клиническая больница №4,
Украина, г. Днепропетровск)

ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ ОБЩЕГО АНАЛИЗА КРОВИ

Рассмотрены методы обработки показателей общего анализа крови . Также рассмотрено место этого вида диагностики в медицине.

В медицине существует множество методов диагностики и все эти методы требуют детальной обработки результатов для правильного принятия решения о состоянии пациента. Подробнее рассмотрен один из важнейших видов диагностики, благодаря которому зачастую устанавливается правильный диагноз, а именно общий анализ крови автоматических гематологических анализаторов.

Общий анализ крови широко используется как один из важных методов обследования при большинстве заболеваний. Показатели общего анализа крови отражают изменения, происходящие во всем организме. Клинический анализ крови (общий) - количественное и качественное исследование элементов, формирующих кровь (эритроцитов, лейкоцитов, тромбоцитов, ретикулоцитов и др.).

На рисунках 1 и 2 показано определения заболевания по некоторым показателям общего анализа.

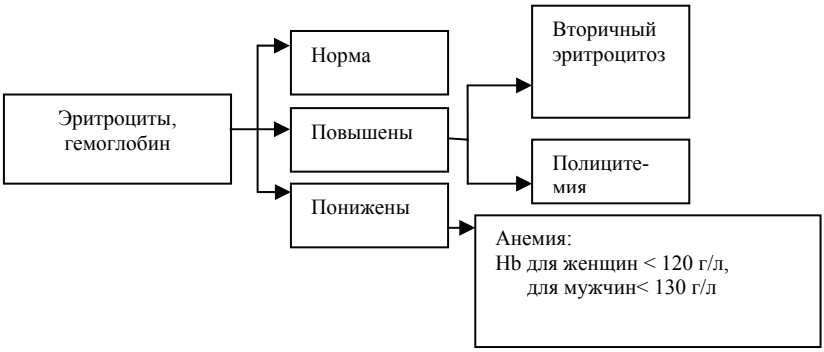


Рис. 1. Структурная схема оценки состояния человека по показателям эритроцитов, гемоглобина

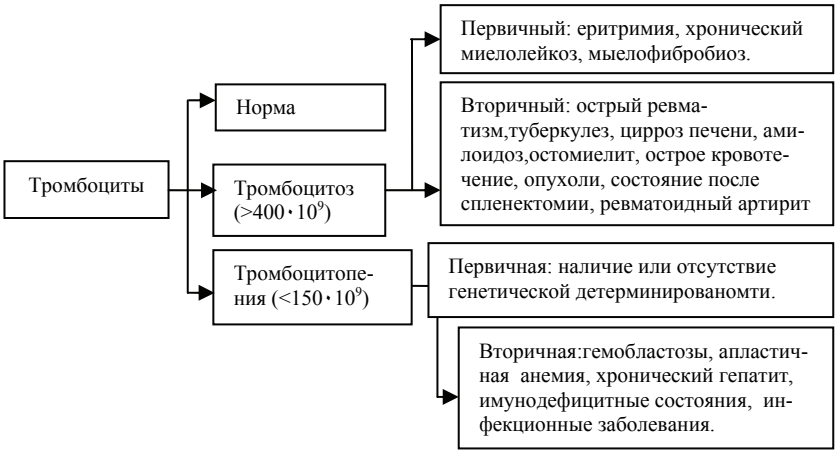


Рис. 2. Структурная схема оценки состояния человека по показателю тромбоцитов

Как видно с рисунков структурных схем даже по некоторым показателям общего анализа крови можно судить о состоянии больного, поэтому важно правильно построить математическую модель построения решающего правила о состоянии пациента, по ходу решая и остальные важные задачи диагностики.

В последние годы благодаря применению современных методов лечения и диагностики, основанных на новейших достижениях науки и техники, возможности получения успешных результатов значительно выросли. Если в процессе диагностики должно учитываться множество показателей, которые проявляют значительную естественную изменчивость, то для достаточно эффективного описания сложной схемы их влияния существует только один способ - использование соответствующего статистического метода.

Обработка показателей с помощью статистических критериев исследуется очень давно и есть весьма успешные результаты, например можно определить вероятность обнаружения заболевания, наиболее информативные параметры, используя к примеру метод группового учета аргументов, определяется пара наиболее информативных показателей.

В современном мире все более актуальным становится вопрос принятия решений прогнозирования заболеваний на основе нечёткой логики. На практике не всегда удобно использовать статистические критерии распознавания так как они основываются на предположении, что каждое заболевание имеет свои непересекающиеся наборы симптомов. При диагностике это не всегда выполняется, так как одинаковые симптомы встречаются при разных заболеваниях. Значительную трудность представляет внесение в модель новой информации, что обусловлено необходимостью пересчёта всех вероятностей. Получаемый результат напрямую не может быть объяснён ни врачу, ни больному. Таким образом, рассмотренные методы не приспособлены к работе с качественными (нечисловыми) и нечёткими знаниями, однако именно такие

эвристические или интуитивные знания чаще всего используются медиками при постановке диагноза. Также на основе данных методов невозможно сделать произведенный прогноз.

Теория нечетких множеств представляет собой обобщение и переосмысление важнейших направлений классической математики. У ее истоков лежат идеи и достижения многозначной логики, которая указала на возможности перехода от двух к произвольному числу значений истинности и выявила проблему оперирования понятиями с изменяющимся содержанием; теории вероятностей, которая, породив большое количество различных способов статистической обработки экспериментальных данных, открыла пути определения и интерпретации функции принадлежности; дискретной математики, которая предложила инструмент для построения моделей многомерных и многоуровневых систем, удобный при решении практических задач.

Для составления сложных высказываний, как правило, используют простые высказывания, соединяя их знаками логических операций: “и”,“или”, “нет”, “если…, то…”, “тогда и только тогда, когда”. Значения истинности сложных высказываний полностью определяются значениями истинности составляющих элементарных высказываний. Это даёт возможность заниматься своеобразным исчислением высказываний, т.е. определять значение истинности формулы на основании значений истинности составляющих высказываний.

Подход к формализации понятия нечеткого множества состоит в обобщении понятия принадлежности.

Методы построения функций принадлежности нечётких множеств :
- на основе матрицы парных сравнений (метод Саати);
- с использованием статистических данных;
- построение функций принадлежности на основе экспертных оценок;
- параметрический метод;
- построение функций принадлежности на основе интервальных оценок.

Интеллектуальная система поддержки принятия решений прогнозирования заболеваний на основе нечеткой логики для обработки именно показателей общего анализа крови очень важно на первичных этапах диагностики заболеваний. Это ускорит работу врача и позволит более точно поставить диагноз.

Вывод:

В результате анализа методов обработки результатов анализов медицинской диагностики можно сделать вывод, статистическая обработка результатов используется очень давно и дает довольно точные результаты, но нужно обратить внимание на обработку результатов на основе нечеткой логики. Использование нечеткой логики может оказаться более точным в результате создание математической модели естественных человеческих рассуждений, в которых принципиальную роль играет естественный язык.

Список литературы

1. *Заде Л.* Основы нового подхода к анализу сложных систем и процессов принятия решений // Математика сегодня: Сб. статей: Пер. с англ. – М.: Знание, 1974. – 49с.;

2. *Макеева А. В.* Основы нечеткой логики / А. В. Макеева. – Нижний Новгород: ВГИПУ, 2009. – 59 с.

УДК 629.7.02.01:620.22-419

В.В. Гуменников, аспирант
(Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Украина, Харьков)

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ПРОДОЛЬНОЙ НАМОТКИ ДЕТАЛЕЙ ИЗ КОМПОЗИТОВ

Рассмотрена математическая модель технологического процесса намотки армирующего материала из угле– и стеклонитей (ровингов) на металлические втулки. Определены давление, действующее на втулки, а также остаточная сила натяжения армирующего материала.

Одним из перспективных технологических методов формообразовния высоконагруженных деталей из композиционного материала (КМ) является метод автоматизированной намотки [1]. Нити укладываются по поверхность оправки в заданном направлении до достижения требуемой толщины изделия. Надежность технологического процесса намотки обеспечивается контролем и регулировкой параметра натяжения нити и динамической системой стабилизации натяжения.

Процесс многослойной намотки анизотропного материала, продольный модуль упругости которого значительно превышает трансверсальный, сопровождается значительным изменением первоначально заданного натяжения нити, ввиду чего актуальным является исследование этого явления и модифицирование существующих методик, описывающих процесс намотки [2-5].

Рассмотрим процесс последовательной намотки армирующего материала на металлические сердечники, в качестве которых могут использоваться металлические втулки или оребренные втулки (рис. 1, а-в).



Рис. 1. Полупетлевое соединение

При намотке очередного слоя арматуры лежащие ниже слои деформируются в радиальном направлении, и это приводит к уменьшению давления обжатия нитей и к снижению начальной силы натяжения. Для создания математической модели технологического процесса намотки армирующего материала вводят следующие допущения [2]:

– намотку осуществляют с постоянным значением силы натяжения нити N_0;
– отсутствует проскальзывание намотанных слоев;
– давление, действующее в радиальном направлении на металлические сердечники, распределяется равномерно по поверхности контакта;

– суммарная деформация намотанных слоев в радиальном направлении пренебрежимо мала по сравнению с единицей.

Армирующий материал наматывается на известное количество катушек заданного радиуса, расстояние между которыми задано (рис. 2).

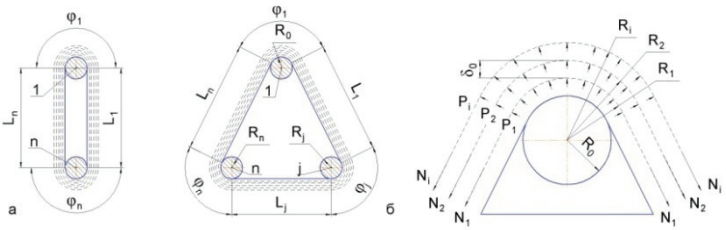


Рис. 2. Схема намотки арматуры

Радиус срединной линии каждого витка армирующего материала в недеформированном состоянии рассчитывают по формуле

$$R_{i,j} = R_{0j} + \delta_0 \cdot (i - 0.5), \tag{1}$$

где δ_0, R_{0j} – толщина арматуры и радиус j-й металлической катушки;

$j = 1...k$, $i = 1...n$ – номер рассматриваемой катушки и намотанного витка;

Длина каждой средней линии наматываемого витка в недеформированном состоянии определяется уравнением

$$L_{армі} = \sum_{j=1}^{k} (L_j + R_{i,j} \cdot \varphi_{0j}), \tag{2}$$

где L_j, φ_{0j} – расстояние между катушками и угол обхвата (см. рис. 2).

При намотке последующего слоя лежащие ниже слои деформируются на величину, рассчитываемую по формуле

$$\varepsilon_i = \frac{L_{армі} - L^*_{армі}}{L_{армі}} = \frac{L_{армі} - (L_{армі} - \sum_{j=1}^{k} \Delta R_{i,j} \cdot \varphi_{0j})}{L_{армі}} = \frac{\sum_{j=1}^{k} \Delta R_{i,j} \cdot \varphi_{0j}}{L_{армі}} = \frac{2 \cdot \pi \cdot \Delta R_i}{L_{армі}}, \tag{3}$$

где ΔR –приращение радиуса срединной поверхности нити.

В результате деформирования каждого намотанного слоя происходит уменьшение силы натяжения, приращение которой определяется формулой

$$\Delta N_i = \varepsilon_i \cdot E_1 \cdot f_i = \frac{2 \cdot \pi \cdot E_1 \cdot f_i \cdot \Delta R_i}{L_{армі}}, \tag{4}$$

где E_1, $f_i = \delta_0 \cdot \Delta h$ – модуль упругости и площадь поперечного сечения нити.

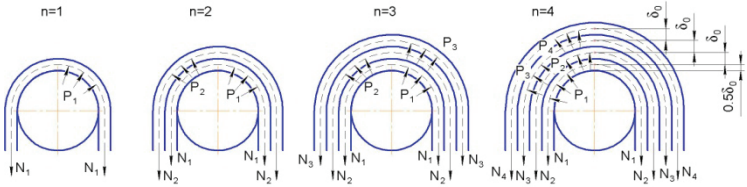


Рис. 3. Послойная намотка

Каждый намотанный слой арматуры находится в равновесии под действием остаточного усилия натяжения и давления на лежащие ниже слои (рис. 3).

$$N_i = N_0 - \Delta N_i = P_i \cdot R_i \cdot \Delta h. \tag{5}$$

Подставив в (5) формулу (4), получим уравнение

$$N_0 - \frac{2 \cdot \pi \cdot E_1 \cdot f_i \cdot \Delta R_i}{L_{армі}} = P_i \cdot R_i \cdot \Delta h. \tag{6}$$

Рассмотрим модель определения приращения срединных линий (рис. 4). Тогда приращение средней линии каждого намотанного слоя вычислим следующим образом (рассмотрим вариант намотки трех витков):

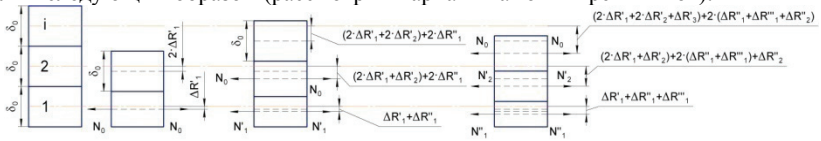


Рис. 4. Деформирование слоев

$$\Delta R_1 = \frac{\delta_0}{2 \cdot E_3}\left(P_1 + P_2 + \frac{N_0}{R_4} - \frac{N_0}{R_1}\right); \quad \Delta R_2 = \frac{1.5 \cdot \delta_0}{E_3}\left(P_2 + \frac{N_0}{R_4}\right) - \frac{\delta_0}{E_3}\frac{N_0}{R_1} - \frac{\delta_0}{2 \cdot E_3}\frac{N_0}{R_2};$$
$$\Delta R_3 = \frac{2.5 \cdot \delta_0}{E_3}\left(\frac{N_0}{R_4}\right) - \frac{\delta_0}{E_3}\frac{N_0}{R_1} - \frac{\delta_0}{E_3}\frac{N_0}{R_2} - \frac{\delta_0}{2 \cdot E_3}\frac{N_0}{R_3}. \tag{7}$$

В общем виде приращение средней линии i-го слоя рассчитываем по формуле (при $E_3 = const$)

$$\Delta R_i = \frac{(i-0.5) \cdot \delta_0}{E_3} \cdot \sum_{k=i}^{n} P_k - \sum_{j=1}^{i} \frac{\delta_0}{E_3} \cdot \frac{N_0}{R_j} \cdot c_j, \tag{8}$$

где $c_j = \{0.5(j = i); \quad 1(j \neq i)\}$; $i = 1...n$, $j = 1...i$;

E_3 – трансверсальный модуль упругости армирующего материала.

Подставив формулу (8) в (6), уравнение запишем следующим образом:

$$N_0 - \frac{2 \cdot \pi \cdot E_1 \cdot f_i}{L_{армі}} \cdot \frac{\delta_0}{E_3} \cdot (i - 0.5) \cdot \sum_{k=i}^{n} P_k + \frac{2 \cdot \pi \cdot E_1 \cdot f_i}{L_{армі}} \cdot \frac{\delta_0}{E_3} \cdot \sum_{j=1}^{i} \frac{N_0}{R_j} \cdot c_j = P_i \cdot R_i \cdot \Delta h;$$
$$Q_i = \frac{2 \cdot \pi \cdot E_1 \cdot f_i}{L_{армі}} \cdot \frac{\delta_0}{E_3}; \tag{9}$$
$$N_0 + Q_i \cdot \sum_{j=1}^{i} c_j \cdot \left(\frac{N_0}{R_j} - \frac{N_0}{R_n}\right) = P_i \cdot \left[R_i \cdot \Delta h + Q_i \cdot (i - 0.5)\right] + Q_i \cdot (i - 0.5) \cdot \sum_{k=i+1}^{n-1} P_k.$$

Тогда P_i рассчитываем по формуле

$$P_i = \frac{N_0 + Q_i \cdot \sum_{j=1}^{i} c_j \cdot \left(\frac{N_0}{R_j} - \frac{N_0}{R_n}\right) - Q_i \cdot (i - 0.5) \cdot \sum_{k=i+1}^{n-1} P_k}{R_i \cdot \Delta h + Q_i \cdot (i - 0.5)}. \tag{10}$$

Решив систему уравнений относительно P ,определим N_i по формуле (5).

На рис. 5 показано изменение натяжения нитей в зависимости от отношения E_1/E_3 при следующих исходных данных: $N_0 = 100;$ $\varphi_{01} = \varphi_{02} = \pi;$

$R_{01} = R_{02} = 10;\ \delta_0 = 0.2;$ n=20; $E_1 = 10^5;\ L_1 = L_2 = 200.$

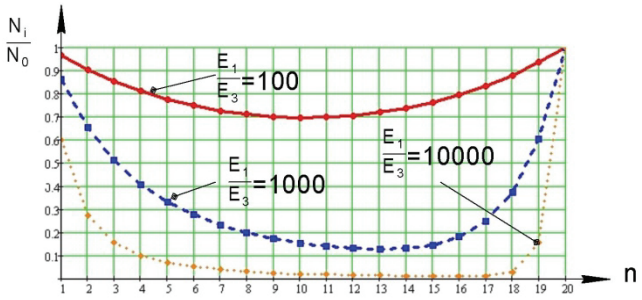


Рис. 5. Приращение натяжения арматуры

Выводы

Предложена упрощенная математическая модель технологического процесса намотки армирующего материала на металлические сердечники. В результате анализа проведенных расчетов выявлено, что остаточное натяжение нитей в намотанной ветви распределяется неравномерно и снижает свое значение к середине ветви. Следовательно, разработка алгоритма и рекомендаций, позволяющих свести к минимуму падение силы натяжения в наматываемой арматуре, является актуальной.

Список литературы

1. Буланов, И.М. Технология ракетных и аэрокосмических конструкций из композиционных материалов [Текст]: учеб. для вузов / И.М. Буланов, В.В. Воробей; Мин-во общего образования и проф. образования Рос. Федерации. – М.: Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 1998. – 516 с.
2. Карпов, Я.С. Соединение деталей и агрегатов из композиционных материалов [Текст] / Я.С. Карпов. – Х.: Нац. аэрокосм. ун-т “Харьк. авиац. ин-т”, 2006. – 359 с.
3. Болотин, В.В. Анализ технологических напряжений в намоточных изделиях из композитов на протяжении всего процесса изготовления [Текст] / В.В. Болотин, А.Н. Воронцов, Р.Х. Мурзахонов // Механика композиционных материалов. – Вып. 3. –Рига, 1980. – С. 500 – 508.
4. Модели для силового анализа намотки композитов [Текст] / А.И. Бейль, А.Р. Мансуров, Г.Г. Портнов, В.К. Тринчер // Механика композиционных материалов. – Вып. 2. –Рига, 1983. – С. 303 – 313.
5. Томашевский, В.Т. Обобщенная модель механики намотки оболочек из композитных полимерных материалов [Текст] /В.Т. Томашевский, В.С. Яковлев // Механика композиционных материалов. – Вып. 5. –Рига, 1982. – С. 855 – 858.

УДК 629.7.024

И.В. Лялюхина, аспирант
(Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «Харьковский авиационный институт», Украина, Харьков)

МЕТОДИКА ПРОЕКТИРОВАНИЯ КОМПОЗИТНЫХ ЛОНЖЕРОНОВ ПРИ НЕСКОЛЬКИХ РАСЧЕТНЫХ СЛУЧАЯХ НАГРУЖЕНИЯ

Предложена методика проектирования композиционных лонжеронов и балочных элементов минимальной массы, учитывающая ограничения по прочности полок для всех расчетных случаев нагружения.

Высокие прочностные и жесткостные характеристики современных композиционных материалов (КМ) обуславливают перспективность их использования в силовых конструкциях летательных аппаратов (ЛА). Тем не менее, высоконагруженные композитные крылья в настоящее время мало используются. Во многом это связано с отсутствием эффективных методик оптимального проектирования, учитывающих весь спектр накладываемых ограничений и особенностей КМ.

Условия прочности любой авиационной конструкции должны выполнятся для всех расчетных случаев нагружения. В связи с этим в большинстве оптимизационных задач становиться невозможным написание условий прочности элементов в виде равенств, что значительно усложняет поиск рациональных параметров, так как привлечение достаточно разработанных методов математического программирования непременно связано с составлением сложных алгоритмов и программ поиска экстремума целевой функции на ЭВМ. В классических пособиях для проектирования конструкций ЛА для решения этого вопроса предлагается проводить проектирование для каждого расчетного случая отдельно, а затем совмещать результаты проектирования. Это приводит к запасам прочности и устойчивости лонжерона, т.е. она будет недогруженной в некоторых расчетных случаях нагружения, а значит не оптимальной конструкцией с точки зрения минимума массы.

В данной работе для решения этого вопроса предлагается вводить некоторые проектные предельные напряжения полок $F_в^*$ и $F_н^*$, при которых найденные по ним значения толщины полок обеспечивали бы их прочность для всех расчетных случаев нагружения.

Условия прочности полок при некоторых допущениях (не учитываются изгибные жесткости стенки, заплечиков, собственная изгибная жесткость полок, усреднены нормальные напряжения по толщине полок [1, 2]), имеют вид:

$$
\begin{aligned}
-F_{вс} &\le \frac{2M_{zj} + N_{xj}\left(2y_{Nj} - 2H + 2H_{эф} + \delta_в\right)}{2H_{эф} b_в \delta_в} \le F_{вр};\\
-F_{нс} &\le \frac{-2M_{zj} + N_{xj}\left(2H_{эф} - 2y_{Nj} + \delta_н\right)}{2H_{эф} b_н \delta_н} \le F_{нр},
\end{aligned}
\qquad (1)
$$

где M_z, N_x, y_N – изгибающий момент, осевая сила и координата приложения осевой силы (рис. 1);

j – номер расчетного случая;

$F_{вр}$, $F_{вс}$, $F_{нр}$, $F_{нс}$ – пределы прочности КМ полок на растяжение и сжатие.

H, $H_{эф}$ – строительная и эффективная высота лонжерона, $H_{эф} = H - \frac{\delta_в}{2} - \frac{\delta_н}{2}$;

$\delta_в$, $\delta_н$, $b_в$, $b_н$ - толщина и ширина верхней и нижней полок.

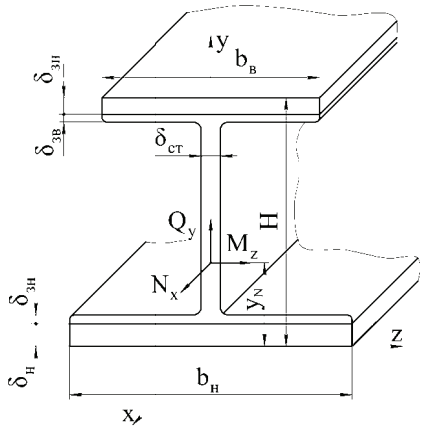


Рис. 1. Проектная форма поперечного сечения

В качестве проектного расчетного случая можно принять один из заданных или искусственно синтезированный, например, нагружение только положительным изгибающим моментом M^*_z = 1 Нм. В этом случае из условий прочности полок (1) для проектного расчетного случая можно определить толщину полок:

$$\delta_в = \frac{M^*_z}{H_{эф} b_в F^*_в}; \qquad \delta_н = \frac{-M^*_z}{H_{эф} b_н F^*_н}, \tag{2}$$

Подставив формулы (2) в условия (1), получили неравенства:

$$\begin{aligned}
2H_{эф}b_в F^*_в\left[M_{zj} + N_{xj}\left(y_{Nj} + H_{эф} - H\right)\right] &\le M^*_z\left(2H_{эф}b_в F_{вр} - N_{xj}\right);\\
2H_{эф}b_в F^*_в\left[M_{zj} + N_{xj}\left(y_{Nj} + H_{эф} - H\right)\right] &\ge M^*_z\left(-2H_{эф}b_в F_{вс} - N_{xj}\right);\\
2H_{эф}b_н F^*_н\left[-M_{zj} + N_{xj}\left(H_{эф} - y_{Nj}\right)\right] &\ge M^*_z\left(-2H_{эф}b_н F_{нр} + N_{xj}\right);\\
2H_{эф}b_н F^*_н\left[-M_{zj} + N_{xj}\left(H_{эф} - y_{Nj}\right)\right] &\le M^*_z\left(2H2_{эф}b_н F_{нс} + N_{xj}\right).
\end{aligned} \tag{3}$$

Решив эту систему неравенств относительно проектных пределов прочности полок, а также рассмотрев и проанализировав возможные варианты их решения, получили следующий алгоритм определения $F^*_в$ и $F^*_н$:

а) определить, для каких расчетных случаев верхняя полка растянута или сжата, и вычислить соответствующие предельные напряжения:

$$\begin{aligned}
F^*_{в1} &= \min_r\left[\frac{M^*_z\left(2H_{эф}b_в F_{вр} - N_{xr}\right)}{2H_{эф}b_в\left[M_{zr} + N_{xr}\left(y_{Nr} + H_{эф} - H\right)\right]}\right];\\
F^*_{в2} &= \min_s\left[\frac{M^*_z\left(-2H_{эф}b_в F_{вс} - N_{xs}\right)}{2H_{эф}b_в\left[M_{zs} + N_{xs}\left(y_{NS} + H_{эф} - H\right)\right]}\right],
\end{aligned} \tag{4}$$

где r, s – номера случаев, для которых полка растянута и сжата;

б) аналогично поступить с нижней полкой:

$$F^*_{н1} = \max_r \frac{M^*_z\left(-2H_{эф}b_н F_{нр} + N_{хг}\right)}{2H_{эф}b_н\left[-M_{zr} + N_{хг}\left(H_{эф} - y_{Nr}\right)\right]};$$
$$F^*_{н2} = \max_s \frac{M^*_z\left(2H_{эф}b_н F_{нс} + N_{xs}\right)}{2H_{эф}b_н\left[-M_{zs} + N_{xs}\left(H_{эф} - y_{Ns}\right)\right]}. \qquad (5)$$

в) определить расчетные значения $F^*_в$ и $F^*_н$:

$$F^*_в = \min\left(F^*_{в1},\ F^*_{в2}\right); \quad F^*_н = \min\left(F^*_{н1},\ F^*_{н2}\right). \qquad (6)$$

Рассмотрено численную реализацию разработанной методики на примере лонжерона с параметрами $H = 300$ мм, $H_{эф} = 290$ мм, $b_в = b_н = 100$ мм, изготавливаемого из КМ с пределами прочности $F_{вр} = F_{нр} = 1000$ МПа, $F_{вс} = F_{нс} = 600$ МПа. Нагрузки расчетных случаев (р.с.) приведены в таблице 1.

Таблица 1 - Характеристика расчетных случаев

Номер расчетного случая	M_Z, Н·мм	N_X, Н	y_N, мм
1	$3\cdot10^8$	–	–
2	$-3\cdot10^8$	–	–
3	–	$2\cdot10^6$	0
4	$2\cdot10^8$	-10^6	300

Определили характер нагружения полок [1, 2]: верхняя полка растянута в первом и сжата во втором – четвертом случаях, а нижняя полка растянута во втором и третьем, а сжата в первом и четвертом расчетных случаях.

По зависимостям (4) получили:

а) при r = 1 $F^*_{в1} = \min\left(\dfrac{0{,}58\cdot10^8}{2\cdot290\cdot100\cdot3\cdot10^8}\right) = 0{,}333\cdot10^{-5}$ МПа;

б) при s = 2, 3, 4 $F^*_{в2} = \dfrac{1}{2\cdot290\cdot100}\left(\dfrac{-0{,}348}{-3},\ \dfrac{-0{,}368}{-0{,}2},\ \dfrac{-0{,}338}{-0{,}9}\right) = 0{,}2\cdot10^{-5}$ МПа;

$$F^*_в = \min\left(0{,}333\cdot10^{-5};\ 0{,}2\cdot10^{-5}\right) = 0{,}2\cdot10^{-5}\ \text{МПа}.$$

Для нижней полки по формулам (5) получили:

а) при r = 2, 3 $F^*_{н1} = \dfrac{1}{0{,}58\cdot10^5}\max\left(\dfrac{-0{,}58\cdot10^8}{3},\ \dfrac{-0{,}56\cdot10^8}{5{,}8}\right) = -0{,}166\cdot10^{-5}$ МПа;

б) при s = 1, 4 $F^*_{н2} = \frac{1}{0,58\cdot10^5}\max\left(\frac{0,348}{-3};\ \frac{0,338}{-1,9}\right) = -0,2\cdot10^{-5}$ МПа;

$$F^*_н = \max\left(-0,166\cdot10^{-5};\ -0,2\cdot10^{-5}\right) = -0,166\cdot10^{-5}\ \text{МПа}.$$

По формулам (2) определили значения толщины полок

$$\delta_в = \frac{1}{290\cdot100\cdot0,2\cdot10^{-5}} = 17,24\ \text{мм};\quad \delta_н = \frac{1}{290\cdot100\cdot0,166\cdot10^{-5}} = 20,74\ \text{мм}.$$

Результаты проектирования с помощью предложенной методики и классического определения толщины полок, как максимальные значения толщины полок для всех расчетных случаев представлены в таблице 2, по которым можно сделать выводы, что данная методика дает точное решение задачи проектирования полок при нескольких расчетных случаях нагружения.

Таблица 2 - Характеристика расчетных случаев

		$F^*_в$, МПа	$F^*_н$, МПа	$\delta_в$, мм	$\delta_н$, мм	$\overline{G}$, кг/м
Предложенная методика		$2\cdot10^{-5}$	$1,66\cdot10^{-5}$	**17,24**	**20,74**	5,507
Классическая методика	1 р.с.	1000	-600	**17,24**	10,34	5,507
	2 р.с.	-600	1000	10,34	17,24	
	3 р.с.	-600	1000	1,08	**20,74**	
	4 р.с.	-600	-600	5,32	11,24	

Выводы

Разработана методика проектирования полок лонжеронов и балок, которая позволяет получить конструкцию минимальной массы, удовлетворяя ограничения по прочности полок при всех расчетных случаях нагружения. Рассмотренный численный пример подтверждает возможность проектирования лонжерона при нескольких расчетных случаях на основе выбора таких предельных значений напряжений в полках, при которых условия прочности в остальных случаях соблюдаются. Приведенная методика достаточно хорошо приспособлена для реализации на компьютере.

Список литературы

1. *Карпов, Я.С.* Определение значений пределов прочности при проектировании полок балки из композитов [Текст] / Я.С. Карпов, И.В. Лялюхина // Вопросы проектирования и производства конструкций летательных аппаратов: сб. науч. тр. – Х.: Нац. аэрокосм. ун-т «ХАИ». – 2009. – Вып. 4 (60). – С. 28 – 33.
2. *Карпов, Я.С.* Проектирование и конструктивно-технологические решения балок и лонжеронов из композиционных материалов [Текст]: учеб. пособие / Я.С. Карпов, Ф.М. Гагауз, И.В. Лялюхина. – Х.: Нац.аэрокосм. ун-т «Харьк. авиац. ин-т», 2010. – 124 с.

УДК 622.02+532.5

В. И. Челпаченко, к.т.н.
(Академия Гражданской Авиации, Республика Казахстан, г. Алматы)

ОПТИМАЛЬНЫЙ ЛИНЕЙНЫЙ ПРОГНОЗ РЕГУЛЯРНОСТИ ПОЛЕТОВ НА ОСНОВЕ СКОЛЬЗЯЩИХ РЯДОВ ФУРЬЕ

Для решения задачи оперативного прогнозирования нарушений рейсов и отправлении воздушных судов предлагается метод факторного анализа случайных процессов, основанный на их каноническом представлении с помощью скользящего ряда Фурье.

Показатели регулярности выполнения пассажирских перевозок являются в центре внимания производственно- диспетчерских служб аэропортов и авиакомпаний. Нарушения регулярности полетов внесут за собой сбойные ситуации в аэропортах и существенно сказываются не только на производственную деятельность, но и на комфорт пассажиров и коммерческие успехи.

Поэтому задача автоматизации деятельности диспетчерской служб в этом направлении является актуальной. Применения информационных технологий позволит оперативно проводить факторный анализ причин и оперативное прогнозирование нарушений рейсов и отправлений воздушных судов для выработки и принятия конкретных решений по распределению и использованию резервного парка воздушных судов (ВС), оперативному маневрированию наличным парком при организации грузо - пассажирских авиационных перевозок.

Для решения этой задачи в работе предлагается метод прогнозирования случайных процессов, основанный на их каноническом представлении при помощи скользящего ряда Фурье.

Формально задача прогноза ставится следующим образом. Количественный показатель регулярности полетов характеризуется отношением числа регулярных рейсов к полному числу плановых рейсов и может быть представлен по данным диспетчерских служб ГА в виде случайной последовательности (временного ряда) $\{x_t,N\}$, $(t = -N+1, \dots, -1,0)$ по которой необходимо построить оценку $\hat{x}_{1,N}$ (прогноз на такт) либо более общую оценку $\hat{x}_{m,N}$, m>0 (прогноз на m тактов). Предполагается, что $\{x_{t,N}\}$ есть наблюдаемый N – фрагмент стационарной эргодической второго порядка последовательности $\{x_t\}$, $t \in Z$ (Z – множество целых чисел) с нулевым математическим ожиданием и конечной дисперсией. Кроме того, будем считать, что x_t - регулярный цесс $[1, Z]$, не содержащий детерминированной составляющей, которая допускает абсолютно точный прогноз. Отметим, что если процесс содержит почти – периодический тренд, последний может быть выделен методом декомпозиции финитных случайных процессов, изложенным в [3].

Известно [I, 2], что оптимальный линейный прогноз для $x_{m,N}$ дается на основе спектрального разложения Волда в виде

$$\hat{x}, = \sum_{k-m}^{m+N} C_k \xi_{m-k} \qquad (1)$$

где $\{\xi_k\}$ – ортонормированная случайная последовательность, а оптимальные постоянные $\{\tau_k\}$ являются соответствующими коэффициентами Фурье в разложении факторизованной спектральной плотности $S_x(\omega)$ последовательности $\{x_t\}$, $(t \le 0)$, которое имеет вид

$$S_x(\omega) = {}^1\!/_{2\pi} \left| \sum_{k=0}^{\infty} C_k e^{ik\omega} \right| , \omega \in [-\pi,\pi] \qquad (2)$$

Если плотность $S_x(\omega)$ известна, такой подход обеспечивает наиболее точный прогноз, причем, ошибка прогноза дается в виде

$$\delta_m^2 = \sum_{k=0}^{m-1} |C_k|^2 + \sum_{k=0}^{\infty} |C_k|^2 \qquad (3)$$

где второй член в правой части стремится к нулю при $N \to \infty$. Однако, в большинстве практических задач спектральная плотность неизвестна и сама подлежит оценке, поэтому естественно в (I) использовать оценку $\{\hat{C}_\kappa\}$, (K=m,…,m+N-I), построенную по наблюдениям N – фрагмент временного ряда $\{x_t\}$. Покажем, каким образом на основе аппарат скользящих рядов удается построить асимптотически несмещенную и состоятельную оценку $\{\hat{C}_\kappa\}$.

Пусть $[\{x_t\}, t \epsilon Z] \epsilon L_2(\Omega,F,p)$ стационарный в широком смысле временной ряд с $MX=0$ и $\delta_x^2 < \infty$. Для фиксированного натурального n определим скользящий интервал $J_t \subset Z$ шириной n, положив $I\{J_t : k \epsilon [t-n+1,t]\}$, (t=0,±I,…). Таким образом, положение интервала J_t определяется текущим дискретным временем t и, кроме x_t в этот интервал попадают n-I предшествующих значений процесса. На интервале J_t процесс $\{x_t\}$ представим n-ой суммой ряда Фурье

$$x_{t-k+1} = \sum_{r=1}^{n} \eta_{r_1} + e^{i2\pi \frac{kr}{n}}, \qquad k=1,\ldots,n \qquad (4)$$

где коэффициенты Фурье $\{\eta_{r,t}\}$ зависят от t, т.е.

$$\eta_{r,t} = \frac{1}{2\pi n} \sum_{r=1}^{n} \eta_{r_{,t}} e^{-i2\pi \frac{kr}{n}}, \qquad r=1,\ldots,n \qquad (5)$$

В частности, в точке t имеем из (4) при k=I

$$x_t = \sum_{r=1}^{n} \eta_{r_{,t}} e^{i2\pi \frac{r}{n}}, \qquad t \in Z. \qquad (6)$$

В силу сделанных предложений о процессе $\{x_t\}$ из (5) следует, что при каждом r последовательность $\{\eta_{r,t}\}$, рассматриваемая как функция t, образует стационарный эргодический временной ряд. Разложение (6) назовем каноническим представлением стационарного процесса типа скользящего ряда Фурье.

Применим сначала полученное разложение к задаче оценки спектральной плотности процесса $\{x_t\}$. В точке $\omega_r = \frac{2\pi r}{n}$ выборочная оценка спектральной плотности, построенная по выборке объема n, есть

$$I_n(\omega_r) = \frac{1}{2\pi n}\left| \sum_{k=1}^{n} x_{t-k+1} e^{i\frac{2\pi kr}{n}} \right|^2 = 2\pi\, n \left| \eta_{r,t} \right|^2 \qquad (7)$$

Это оценка асимптотически несмещенная, но не является состоятельной. Для того чтобы получить состоятельную оценку применим к (7) оператор математического ожидания E

$$EI_n(\omega_r) = 2\pi\, nE\left| \eta_{r,t} \right|^2 = 2\pi\, n\delta_r^2, \quad r=1,\ldots,n \qquad (8)$$

Состоятельность и асимптотическая несмещенность оценки (8) следует из известной теоремы о том, что матожидание выборочной оценки (7) стремится к соответствующему значению спектральной плотности, если последняя непрерывна в этой точке [2]. Существенным преимуществом рассматриваемого подхода является то, что может быть предложена эффективная вычислительная процедура оценки дисперсий $\{\delta_r^2\}$. Поскольку процессы эргодичны, в качестве несмещенных и состоятельных оценок этих дисперсий могут быть использованы временные средние, вычисленные по наблюдаемому N – фрагменту процесса $\{x_t\}$

$$\hat{\delta}_r^2 = \frac{1}{N-n} \sum_{t=-N+1+n}^{0} \left|\eta r, t\right|, \quad r=1,\ldots,n \qquad (9)$$

Подстановка в (8) вместо дисперсий их оценок (9) не нарушает состоятельности и несмещеноти оценки (8).

Рассмотренная процедура приводит к вычислению последовательности оценок $\{\hat{S}_x(\omega_r)\}$ для факторизованной плотности (2) в дискретных точках $\omega_2 = \frac{2\pi r}{n}$, r=1,…,n. Если ограничиться в разложении (2) первым n членом, искомые оценки $\{\hat{C}_k\}$ могут быть найдены из системы уравнений

$$\hat{S}_x(\omega_r) = \frac{1}{2\pi}\left| \sum_{k=1}^{n} \widehat{C_k}\ e^{ikwr} \right|^2, \quad r=1,\ldots,n \qquad (10)$$

Тогда оптимальный линейный прогноз в соответствии с (1) примет вид

$$\widehat{x_m} = \sum_{k=m}^{n} \widehat{C_k}\xi_{m-n}, \qquad m=1,\ldots,n \qquad (11)$$

а ортонормированная последовательность $\{\xi_m\}$ определяется рекуррентной процедурой вида

$$\xi_m=\frac{x_m+\widehat{x_m}}{E\,(x_m+\widehat{x_m})}, \qquad m=1,\ldots,n \qquad (12)$$

Отсюда ясно, что для прогноза $\{x_t\}$ на m тактов используются лишь n-m последних значений процесса. Такая ситуация типична для задачи прогноза: отдельное прошлое оказывает исчезающее малое влияние на текущее значение процесса, но в то же время оно существенно влияет на оценку коэффициентов модели скользящего среднего (11).

Обычно при анализе регулярности полетов ВС на первом этапе обработки документации производится классификация нарушений рейсов и отправлений по природно-метеорологическому фактору и по вине различных служб ГА. Первый тип нерегулярности полетов может характеризоваться большими значениями корреляционных связей на значительном интервале времени, например, в весенний и осенний периоды. Корреляционная функция второго типа нерегулярности, как правило, затухает достаточно быстро, так что значения x_t и x_{t-m} могут считаться некоррелированными (и даже независимыми) при сравнительно небольших m. Применение описанной выше процедуры прогноза к таким процессам приводит к неоправданно большому объему вычислений.

Рассмотрим простой метод прогноза стационарных процессов, который не является оптимальным, но приводит к достаточно хорошим результатом для процессов с быстро затухающей корреляционной функцией. Используя модель усеченного скользящего среднего (11) для процесса $\{x_t\}$, может получить оценки корреляционных функций процесса, выраженные через оценки $\hat{\tau}_k$ в виде

$$\widehat{k_x}(r)=\sum_{k=1}^{S} \widehat{C_k}\widehat{C}_{k-r}, \quad r=1,\ldots,S \qquad (13)$$

где $\overline{1,S}$ - интервал значений $k_x(r)$, на котором корреляционная функция отлична от нуля. При известных коэффициентах $\{\hat{k}_x(r)\}$ задача оптимального линейного оценивания сводится к решению нормальных уравнений метода наименьших квадратов [2], соответствующих условию

$$E(x_m-\sum_{k=1}^{s}\alpha_k x_{1-k})^2=k(0)-2\sum_{k=1}^{S-m}\alpha_k K(k)+\sum_{r,k=1}^{S-m}\alpha_r\alpha_k K(r-k) \qquad (14)$$

из которых определяются коэффициенты $\{\alpha_n\}$. в этом случае прогноз на m тактов осуществляются по S-m последним значением процесса как взвешенная сумма с коэффициентами $\{\alpha_n\}$. Сделаем краткие выводы. Представление стационарного процесса в виде скользящего ряда Фурье позволяет состоя-

тельно и несмещенно оценить спектральную плотность регулярного процесса в дискретных точках и построить оптимальный прогноз на m тактов на основе спектрального разложения Волда. Алгоритм вычисления оценок на ЦВМ может быть построен на базе быстрого преобразования Фурье, что уменьшает время и объем вычислений и создает необходимые предпосылки для решения задачи прогноза в реальном времени. Информация о прогнозе далее используются в сетевой модели управления резервным парком ВС с целью повышения регулярности полетов.

Список литературы

1. Ламперти Дж. Случайные процессы «Вища школа», Киев, 1983.
2. Андерсон Т. Статистический анализ временных рядов. «Мир», Москва, 1976.
3. Волков В.Я., Гладков Ю.М. Аддитивные представления финитных процессов. «Pergamom Press», препринты симпозиума ИФАК, 1986, Вильнюс.

УДК 519.61

П.Ф. Жук, д. фіз.-мат. .н., проф.,
А.О. Мусіна, аспірантка
(Національний авіаційний університет, Україна, м. Київ)

ОПЕРАТОР ПЕРЕХОДУ МЕТОДУ НАЙШВИДШОГО СПУСКУ

Дано визначення і знайдена структура зворотного оператора переходу методу найшвидшого спуску. Побудовано множину особливих точок прямого оператору переходу методу. Показано, що вона являє собою об'єднання рахункового числа не порожніх поверхонь класу гладкості C^{∞}, що попарно не перетинаються, отриманих з деяких багатогранників за допомогою зворотного оператору переходу.

Метод найшвидшого спуску є одним з найбільш відомих методів оптимізації і розв'язку операторних рівнянь. Він є також основою для багатьох ітераційних методів варіаційного типу. Такі методи мають нелінійні оператори переходів, а їх швидкість збіжності істотно залежить від початкового наближення.

Незважаючи на численні публікації, присвячені цим методам (напр., [1-4]), залежність їх швидкості збіжності від початкового наближення математично вивчена лише в найпростіших випадках (так, наприклад, швидкість збіжності відомого методу Barzilai-Borwein [5] вдалося математично обґрунтувати тільки в двовимірному випадку). Більше того, труднощі виникають вже при постановці завдання, оскільки під швидкістю збіжності ітераційного процесу звичайно розуміють оцінку норми оператору переходу.

Метод найшвидшого спуску для лінійних задач володіє специфічною асимптотичною поведінкою, на основі якої природним чином може бути визначено поняття асимптотичної швидкості збіжності методу як функції від початкового наближення. Вивчення цієї функції представляється, на наш погляд, досить актуальним; наприклад, цікаві питання:

a) які області неперервності і диференційованості асимптотичної швидкості збіжності?

b) яка структура множини початкових наближень із заданим значенням асимптотичної швидкості збіжності?

c) чи існують значення асимптотичної швидкості збіжності, для яких міра Лебега вказаної в b) множини відмінна від 0?

При вирішенні зазначених питань виникає необхідність у дослідженні диференціальних властивостей та особливостей прямих та зворотних операторів переходу методу найшвидшого спуску, чому і присвячена дана робота.

Метод найшвидшого спуску розв'язку операторного рівняння $Au = f$, або, що те ж саме, мінімізації квадратичного функціоналу $F(u) = 0,5(Au,u) - (f,u)$ в просторі H (скінченновимірний дійсний гільбертовий простір), задається рекурентним співвідношенням:

$$u^{(k+1)} = u^{(k)} - \tau_k w^{(k)}, \quad k = 0,1,\ldots, \tag{1}$$

де $u^{(0)} \in H$ - довільне початкове наближення, $w^k = Au^k - f$ - нев'язка на k-ій ітерації, а ітераційний параметр τ_k обирається з умова мінімуму величини функціонала $F(u^{(k+1)}) = 0,5(Au^{(k+1)}, u^{(k+1)}) - (f, u^{(k+1)})$ та дорівнює

$$\tau_k = \frac{\left\| w^{(k)} \right\|^2}{(Aw^{(k)}, w^{(k)})}. \tag{2}$$

Метод найшвидшого спуску володіє асимптотичною властивістю: якщо початкове наближення $u^{(1)}$ не є точним розв'язком u^* рівняння (1), то існує послідовність $\rho_k(u^{(0)}) = \sqrt{\left(F(u^{(k+1)}) - F(u^*)\right) / \left(F(u^{(k)}) - F(u^*)\right)}$, $k = 0,1,\ldots,$ яка монотонно спадає та збігається. Позначимо через $\rho_\infty(u^{(0)})$ її границю та визначимо на H функцію $V(u^{(0)}) = \begin{cases} \infty, & u^{(1)} = u^*, \\ -\ln \rho_\infty(u^{(0)}), & u^{(1)} \neq u^*, \end{cases}$ яку будемо називати асимптотичною швидкістю збіжності методу найшвидшого спуску.

Основним завданням нашого дослідження є вивчення функції V, зокрема, структури її множини рівня (тобто множини початкових наближень із заданим значенням асимптотичної швидкості збіжності). Воно спирається на інваріантність функції V відносно оператора переходу методу: $V(u^{(k)}) = V(u^{(0)})$, $k = 1,2,\ldots$. При цьому виникає необхідність у вивченні властивостей оператора переходу методу найшвидшого спуску, що і є основною задачею даної роботи.

Нехай λ_i, e_i, $i = 1,2,\ldots,n+1$ - власні значення у порядку зростання і відповідна їм ортонормована система власних векторів оператора A. Вибираючи e_i, $i = 1,2,\ldots,n+1$ у якості базису, ототожнимо простір H з арифметичним простором R^{n+1}. Позначимо через $\overline{S} = \left\{ x = (x_1,\ldots,x_n) \middle| \sum_{i=1}^{n} x_i \le 1,\ x_i \ge 0,\ i = 1,2,\ldots,n \right\}$ - стандартний симплекс простору R^n, через $S_1 = (1,0,\ldots,0)$, $S_2 = (0,1,0,\ldots,0)$,…,

$S_n = (0,...,0,1)$, $S_{n+1} = (0,...,0)$ - його вершини, а через $S_\omega = \overline{S} \setminus \{S_1,...,S_{n+1}\}$ - симплекс $\overline{S}$ без вершин.

Визначимо відображення $T : S_\omega \to S_\omega$ за формулою:

$$\hat{x} = Tx, \tag{3}$$

де $\hat{x} = (\hat{x}_1,...,\hat{x}_n)$, $\hat{x}_i = (\mu(x) - \lambda_i)^2 x_i / \beta(x),\ i = 1,...,n$,

$\mu(x) = \sum_{i=1}^{n+1} \lambda_i x_i$, $\beta(x) = \sum_{i=1}^{n+1} (\mu(x) - \lambda_i)^2 x_i$, $x = (x_1,...,x_n)$,

$x_{n+1} = 1 - x_1 - ... - x_n$. Відображення T розширимо на весь симплекс $\overline{S}$, вважаючи, що $TS_i = S_i$, $i = 1,2,...,n+1$. Визначене таким чином відображення $T : \overline{S} \to \overline{S}$ будемо називати оператором переходу методу найшвидшого спуску в симплексній формі.

Розглянемо багатозначний оператор T^{-1}, який є зворотнім до оператора T.

Теорема 1. Нехай $n \geq 1$, а y - довільна точка симплексу $\overline{S}$. Тоді якщо $y = S_i$ - одна з вершин симплексу $\overline{S}$, то множина $T^{-1}y = \{S_i\}$, в іншому випадку, точка y є внутрішньою точкою деякої грані $\overline{S}_{i_1...i_m}$, симплекса $\overline{S}$, множина $I_y = \{i_1,...,i_m\}$ містить не менше 2 чисел, характеристичне рівняння $\sum_{i \in I_y} \frac{y_i}{t - \lambda_i} = 0$ має в точності $(m-1)$ простих дійсних коренів $t_j \in]\lambda_{i_j}, \lambda_{i_{j+1}}[$, $j = 1,...,m-1$, і множину $T^{-1}y = \bigcup_{j=1}^{m-1} T_j^{-1} y$, де $T_j^{-1} y = \left\{x^{(j)}(y)\right\}$, якщо корінь t_j не є власним значенням оператора A ($t_j \notin \Lambda \equiv \left\{\lambda_i,\ i = 1,...,n+1\right\}$), і $T_j^{-1} y = \left\{x_\alpha^{(j)}(y),\ \alpha \in [0,\infty[\right\}$, якщо $t_j = \lambda_p$ - власне значення оператора A, а точки $x^{(j)}(y)$, $x_\alpha^{(j)}(y)$ обчислюються за формулами: $x^{(j)}(y) = \overline{x}^{(j)}(y) / \theta^{(j)}(y)$, $x_\alpha^{(j)}(y) = \overline{x}_\alpha^{(j)}(y) / \theta_\alpha^{(j)}(y)$, $\alpha \in [0,\infty[$.

Теорема 2. Якщо $n \geq 2$, то множина V точок, що вироджуються, є

об'єднанням рахункового числа не порожніх $(n-1)$- мірних поверхонь класу гладкості C^{∞}, що попарно не перетинаються, отриманих із багатогранників V_i^1, $i=2,3,...,n$ шляхом впливу на них зворотними операторами.

Позначимо через ϑ міру Лебега на R^n. Теорема 2 дає підстави припускати, що міра Лебега множини точок V, що не вироджуються, дорівнює нулю. А саме, має місце

Теорема 3. Якщо $n \geq 1$, то $\vartheta(V) = \vartheta(\bar{V}) = 0$.

Висновки

В результаті проведених досліджень знайдено структуру зворотного оператору переходу методу найшвидшого спуску. За допомогою цього оператору побудовано множину особливих точок прямого оператору переходу методу. Показано, що вона являє собою об'єднання рахункового числа не порожніх поверхонь класу гладкості C^{∞}, що попарно не перетинаються, отриманих з деяких багатогранників за допомогою зворотного оператору методу.

Список літератури

1. Fletcher R. A limited memory steepest descent method // Math. Programming. – 2012. – 135, Ser. A. – P.413-436.

2. Kees van den Doel, Uri Ascher. The chaotic nature of faster gradient descent methods // Department of Computer Science, University of British Columbia, Canada. – 2011. – P.1-27.

3. Narushima Y., Wakamatsu T., Yabe H. Extended Barzilai-Borwein method for unconstrained minimization problems // Pacific Journal of Optimization. – 2010. – 6, № 3. – P.591-613.

4. Andretta M., Birgin E.G., Martinez J.M. Partial spectral projected gradient method with active-set strategy for linearly constrained optimization // Numer. Algorithms. – 2010. – 53. – P.23–52.

5. Barzilai J., Borwein J.M. Two-point step size gradient methods // IMA Journal of Numerical Analysis. – 1988. – 8. – P.141–148.

УДК 531.19

С.О. Глоба, к.ф.-м.н.,доцент
(Національний Авіаційний Університет, Україна, м. Київ)

ПОБУДОВА МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ТЕМПЕРАТУРНИХ СТАНІВ КВАНТОВИХ ГРАТКОВИХ СИСТЕМ

Розглянуто метод побудови температурних станів нескінченної системи взаємодіючих гармонічних осциляторів і побудована динаміка цієї системи.

Розглянемо систему частинок на цілочисленій гратці $\mathbb{Z}^d$, $d \geq 1$. З кожним вузлом $k \in \mathbb{Z}^d$ пов'язані простір станів $H_k = L_2\left(\mathbb{R}^1, m(x_k)\right)$ і канонічні оператори імпульсу $p_k = \frac{\partial}{\partial x_k}$ та координати $q_k = x_k$. Скінченній множині $\Lambda \subset \mathbb{Z}^d$ відповідає простір станів $H_\Lambda = L_2\left(\mathbb{R}^\Lambda, m(x_\Lambda)\right)$, набір операторів $\left(p_k, q_k\right)_{k \in \Lambda}$ і породжена їм C^* - алгебра спостережних A_Λ. При $\Lambda_1 \subset \Lambda_2$ визначено природнє вкладення $A_{\Lambda_1} \subset A_{\Lambda_2}$ з збереженням норми. Тому можна ввести $A_{lok} \subset \bigcup_\Lambda A_\Lambda$ - алгебру локальних спостережних. Її поповнення A - C^* - алгебра квазілокальних спостережуваних.

Взаємодія гармонічних осциляторів на $\mathbb{Z}^d$ задається гамільтоніаном, що представляє собою формальний нескінченновимірний диференціальний оператор:

$$H_0 = -\frac{1}{2}\sum_{k \in Z^d} \frac{\partial^2}{\partial^2 x_k} + \frac{1}{2}\sum_{k,j \in Z^d} d_{kj} x_k x_j \,,$$

де d_{kj} - матричні елементи оператора $D : l_2\left(\mathbb{Z}^d\right) \to l_2\left(\mathbb{Z}^d\right)$, який задовольняє умовам: $\left\langle Dh, h\right\rangle > 0, \forall h \in l_2\left(\mathbb{Z}^d\right), h \neq 0$; $D(D^{-\frac{1}{2}}) \supset R_0^{\mathbb{Z}^d}$.

Фіксованому $\Lambda \subset Z^d$, $|\Lambda| < \infty$ відповідає локальний гамільтоніан

$$H_{0,\Lambda} = -\frac{1}{2}\sum_{k \in \Lambda} \frac{\partial^2}{\partial^2 x_k} + \frac{1}{2}\sum_{k,j \in \Lambda} d_{kj} x_k x_j \,.$$

Гіббсовський стан в області $\Lambda \subset \mathbb{Z}^d$ при оберненій температурі $\beta > 0$ визначається як функціонал $\omega^0_{\beta,\Lambda}(A)$ на A_Λ виду:

$$\omega^0_{\beta,\Lambda}(A)=\frac{tr\left(Ae^{-\beta H_{0,\Lambda}}\right)}{tr\left(e^{-\beta H_{0,\Lambda}}\right)},\ A\in A_\Lambda.$$

Гіббсовський стан нескінченної системи, визначається як функціонал $\omega^0_\beta(A)$, який отримується в результаті термодинамічного граничного переходу:

$$\omega^0_\beta(A)=\lim_{\Lambda\to\mathbb{Z}^d}\omega^0_{\beta,\Lambda}(A),\ A\in A_\Lambda.$$

Стандартна процедура перенормування приводить до реалізації $H_{0,\Lambda}$ як оператора у просторі $H_{\Lambda,ren}=L_2\left(\mathbb{R}^\Lambda,\mu_\Lambda(x_\Lambda)\right)$, де $\mu_\Lambda(x_\Lambda)=$ $=\phi^2_\Lambda(x_\Lambda)m_\Lambda(x_\Lambda)$, а $\phi_\Lambda(x_\Lambda)$ є основним станом $H_{0,\Lambda}$, який має вигляд:

$$H_{0,\Lambda}=-\frac{1}{2}\sum_{k\in\Lambda}\frac{\partial^2}{\partial^2 x_k}+\left\langle\nabla\cdot,R_\Lambda x_\Lambda\right\rangle,$$

де $R_\Lambda=D^{\frac{1}{2}}$, $D=\left(d_{kj}\right)_{k,j\in\Lambda}$. Операторам p_k і q_k в результаті перенормування будуть відповідати оператори π^Λ_k і φ^Λ_k. Для $h\in\mathbb{R}^\Lambda$ визначимо оператори $\pi_\Lambda(h)=\sum\limits_{k\in\Lambda}h_k\pi^\Lambda_k$, $\varphi_\Lambda(h)=\sum\limits_{k\in\Lambda}h_k\varphi^\Lambda_k$. Температурний стан $\omega^0_{\beta,\Lambda}$ може бути визначений навіть на поліномах від операторів $\pi_\Lambda(h)$, $\varphi_\Lambda(h)$.

Процедура перенормування, яка застосована до гамільтоніану H_0, дає у якості граничної міри гауссову міру μ_D на $\mathbb{R}^{\mathbb{Z}^d}$, що задається перетворенням Фур'є: $\tilde{\mu}_D(y)=\int\limits_{\mathbb{R}^{\mathbb{Z}^d}}e^{i\langle x,y\rangle}d\mu(x)=e^{-\frac{1}{4}\left\langle R^{-1}y,y\right\rangle}$, $y\in\mathbb{R}^{\mathbb{Z}^d}_0$.

З мірою μ_D пов'язано представлення канонічних комутаційних співвідношень (ККС). Кожному вузлу $k\in\mathbb{Z}^d$ відповідають оператори π_k і φ_k. Для $h\in\mathbb{R}^{\mathbb{Z}^d}_0$ визначимо оператори $\pi(h)=\sum\limits_{k\in\mathbb{Z}^d}h_k\pi_k$, $\varphi(h)=\sum\limits_{k\in\mathbb{Z}^d}h_k\varphi_k$.

Теорема 1. Для довільного $h\in\mathbb{R}^{\mathbb{Z}^d}_0$ співвідношення:

1) $\omega^0_\beta\left(\pi^2(h)\right)=\frac{1}{2}\left\langle R^{-1}e^{-\beta R}\left(1-e^{-\beta R}\right)^{-1}h,h\right\rangle$;

2) $\omega_\beta^0\left(\varphi^2(h)\right)=\frac{1}{2}\left\langle Re^{-\beta R}\left(1-e^{-\beta R}\right)^{-1}h,h\right\rangle$.

Дамо представлення Гельфанда-Наймарка-Сігала (ГНС представлення) температурного стану ω_β^0 і опишемо динаміку системи взаємодіючих гармонічних осциляторів.

Будемо виходити з ГНС представлення $\omega_{\beta,\Lambda}^0$. ГНС представлення нескінченної системи буде отримано в результаті граничного переходу при $\Lambda\to\mathbb{Z}^d$. Таким чином необхідно побудувати гільбертів простір $H_{\beta,\Lambda}$, представлення $\Pi_{\beta,\Lambda}:A_\Lambda\to L\left(H_{\beta,\Lambda}\right)$ і вектор $\Omega_{\beta,\Lambda}$, циклічний відносно представлення $\Pi_{\beta,\Lambda}$ такі, що $\omega_{\beta,\Lambda}^0(A)=\left(\Pi_{\beta,\Lambda}(A)\Omega_{\beta,\Lambda},\Omega_{\beta,\Lambda}\right)_{H_{\beta,\Lambda}}$. В якості $H_{\beta,\Lambda}$ виберемо множину операторів Гільберта-Шмідта $\sigma_2\left(H_\Lambda\right)$, представлення задається співвідношенням $\Pi_{\beta,\Lambda}(A)a=A\cdot a$, де $A\in A_\Lambda$, $a\in\sigma_2\left(H_\Lambda\right)$, циклічний вектор визначається як $\Omega_{\beta,\Lambda}=\frac{e^{-\frac{1}{2}H_{0,\Lambda}}}{\left(tr\left(e^{-\beta H_{0,\Lambda}}\right)\right)^{\frac{1}{2}}}$. Перейдемо унітарним чином від $\sigma_2\left(H_\Lambda\right)$ до простору ядер $H_\Lambda\otimes H_\Lambda$. Представлення $\Pi_{\beta,\Lambda}$ при цьому переході має вигляд: $\Pi_{\beta,\Lambda}(A)K_a\left(x_\Lambda,\tilde{x}_\Lambda\right)=(A\otimes 1)K_a\left(x_\Lambda,\tilde{x}_\Lambda\right)$. Циклічний вектор позначимо $\Omega_{\beta,\Lambda}\left(x_\Lambda,\tilde{x}_\Lambda\right)$ і для нього можна записати явний вигляд.

На $\mathbb{R}^\Lambda\otimes\mathbb{R}^\Lambda$ введемо міру $\mu_{\beta,\Lambda}\left(x_\Lambda,\tilde{x}_\Lambda\right)=\Omega_{\beta,\Lambda}^2 m_\Lambda\left(x_\Lambda\right)m_\Lambda\left(\tilde{x}_\Lambda\right)$ і розглянемо гільбертів простір $H_{\beta,\Lambda,ren}=L_2\left(\mathbb{R}^\Lambda\times\mathbb{R}^\Lambda,\mu_{\beta,\Lambda}\left(x_\Lambda,\tilde{x}_\Lambda\right)\right)$. При цьому отримуємо представлення $\Pi_{\beta,\Lambda,ren}$ алгебри A_Λ в $L\left(H_{\beta,\Lambda,ren}\right)$ і циклічний вектор $\Omega_{\beta,\Lambda,ren}=1\left(x_\Lambda,\tilde{x}_\Lambda\right)$. Для температурного стану $\omega_{\beta,\Lambda}^0$ будемо мати представлення $\omega_{\beta,\Lambda}^0(A)=\iint\limits_{\mathbb{R}^\Lambda\times\mathbb{R}^\Lambda}\left(\Pi_{\beta,\Lambda,ren}(A)1\right)\left(x_\Lambda,\tilde{x}_\Lambda\right)d\mu\left(x_\Lambda,\tilde{x}_\Lambda\right)$.

Введемо позначення $C_{\beta,\Lambda}=\left(1-e^{-\beta R_\Lambda}\right)^{-\frac{1}{2}}$, $D_{\beta,\Lambda}=e^{-\frac{\beta}{2}R_\Lambda}\left(1-e^{-\beta R_\Lambda}\right)^{-\frac{1}{2}}$ і зробимо заміну змінних $y_\Lambda=C_{\beta,\Lambda}x_\Lambda-D_{\beta,\Lambda}\tilde{x}_\Lambda$, $\tilde{y}_\Lambda=D_{\beta,\Lambda}x_\Lambda-C_{\beta,\Lambda}\tilde{x}_\Lambda$. При такій заміні отримуємо гільбертів простір $\tilde{H}_{\beta,\Lambda,ren}=L_2\left(\mathbb{R}^\Lambda,\mu_\Lambda\left(y_\Lambda\right)\right)\otimes L_2\left(\mathbb{R}^\Lambda,\mu_\Lambda\left(\tilde{y}_\Lambda\right)\right)$, представлення $\tilde{\Pi}_{\beta,\Lambda,ren}$:

$$\tilde{\Pi}_{\beta,\Lambda,ren}\left(\pi_\Lambda(h)\right)=\pi_{\beta,\Lambda}(h)=\pi_{\beta,\Lambda}\left(C_{\beta,\Lambda}h\right)\otimes 1-1\otimes\pi_{\beta,\Lambda}\left(D_{\beta,\Lambda}h\right),$$

$$\tilde{\Pi}_{\beta,\Lambda,ren}\left(\varphi_\Lambda(h)\right)=\varphi_{\beta,\Lambda}(h)=\varphi_{\beta,\Lambda}\left(C_{\beta,\Lambda}h\right)\otimes 1-1\otimes\varphi_{\beta,\Lambda}\left(D_{\beta,\Lambda}h\right)$$

і циклічний вектор $\Omega_{\beta,\Lambda}\left(y_\Lambda,\tilde{y}_\Lambda\right)=1\left(y_\Lambda,\tilde{y}_\Lambda\right)$.

Граничний перехід при $\Lambda\to Z^d$ дає ГНС представлення $\left(H_\beta,\Pi_\beta,\Omega_\beta\right)$, в якому $H_\beta=L_2\left(\mathbb{R}^{\mathbb{Z}^d\Lambda},\mu_D\left(y_\Lambda\right)\right)\otimes L_2\left(\mathbb{R}^{\mathbb{Z}^d},\mu_D\left(\tilde{y}_\Lambda\right)\right)$, $\Omega_\beta\left(y_\Lambda,\tilde{y}_\Lambda\right)=1\left(y,\tilde{y}\right)$ і представлення Π_β:

$$\pi_\beta(h)==\pi_\beta\left(C_\beta h\right)\otimes 1-1\otimes\pi_\beta\left(D_\beta h\right),\ \varphi_\beta(h)==\varphi_\beta\left(C_\beta h\right)\otimes 1-1\otimes\varphi_\beta\left(D_\beta h\right).$$

де $C_\beta=\left(1-e^{-\beta R}\right)^{-\frac{1}{2}}$, $D_\beta=e^{-\frac{\beta}{2}R}\left(1-e^{-\beta R}\right)^{-\frac{1}{2}}$.

Динаміка гармонічної системи при оберненій температурі $\beta>0$ визначається співвідношеннями:

$$\alpha_t^\beta\left(\pi_\beta(h)\right)=\Pi_\beta\left(\alpha_t^0\left(\pi(h)\right)\right)=e^{itH_\beta}\pi_\beta(h)e^{-itH_\beta},$$

$$\alpha_t^\beta\left(\varphi_\beta(h)\right)=\Pi_\beta\left(\alpha_t^0\left(\varphi(h)\right)\right)=e^{itH_\beta}\varphi_\beta(h)e^{-itH_\beta},$$

де α_t^0 група автоморфізмов, що задає динаміку в основному стані, генератор якої $H_{0,ren}$, а оператор H_β - температурний гамільтоніан – задається співвідношенням $H_\beta=H_{0,ren}\otimes 1-1\otimes H_{0,ren}$.

Теорема 2. Динаміка гауссової системи при оберненій температурі $\beta>0$ визначається гамільтоніаном H_β. Часова еволюція операторів $\pi(h)$, $\varphi(h)$ задається перетвореннями Боголюбова:

$$\alpha_t^\beta\left(\pi_\beta(h)\right)=\varphi_\beta\left(R\sin(Rt)h\right)+\pi_\beta\left(\cos(Rt)h\right),$$

$$\alpha_t^\beta\left(\varphi_\beta(h)\right)=\varphi_\beta\left(R\cos(Rt)h\right)+\pi_\beta\left(R^{-1}\sin(Rt)h\right),\ h\in\mathbb{R}_0^{\mathbb{Z}^d}.$$

Висновки

В проведених дослідженнях показано, що в результаті перенормування (переходу до гауссової міри), можна побудувати граничні стани нескінченної системи часток та динаміку цієї системи. .

Список літератури

3. R. Haag. N. Hugenholtz, M. Winnink On the equilibrium states in quantum statistical mechanics. Comm. Math. Phys. – 1967. – №5. С. 215-236.

4. Globa S. A. Gibbs State of Quantum Lattice Systems. Selecta Sovetika Matematika. – 1992. – V.11. №3. - С. 211-223.

УДК 539.376

И.К. Сенченков, д.ф.-м.н., М.В.Баняс, к.ф.-м.н.
(Институт механики им. С.П. Тимошенко
НАН Украины, г.Киев)
Л.С. Братица, доц.
(Национальный авиационный университет г. Киев)

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОБОСНОВАНИЕ МЕТОДА РАСЧЕТА ОСТАТОЧНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ В ЦИЛИНДРЕ ПРИ МНОГОСЛОЙНОЙ БОКОВОЙ НАПЛАВКЕ

Рассматривается методика расчета остаточных напряжений в цилиндре при многослойной боковой наплавке. Дается экспериментальное обоснование результатов численного моделирования.

Рабочие поверхности прокатных валков и штампов для горячей обработки металла эксплуатируются в условиях комбинированного воздействия циклического высокотемпературного и механического нагружения. Вследствие чего, они подвергаются износу и накоплению усталостной повреждаемости. Одной из современных технологий повышения износостойкости и долговечности таких изделий в процессе изготовления и ремонта является многослойная наплавка материалами, обеспечивающими сопротивление износу и усталости за счет рационального распределения остаточных (наплавочных) напряжений и микроструктурного состояния [1].

Разработке методики расчета остаточного напряженно-деформированного и микроструктурного состояния в процессе наплавки цилиндрических тел по боковой поверхности посвящена работа [2]. Согласно разработанного в статье подхода неупругое поведение материала описывается унифицированной моделью течения. Влияние микроструктуры в сталях осуществляется через объемные эффекты при изменении фазового состава материала. Микроструктурные превращения описываются с помощью термокинетических диаграмм распада переохлажденного нестабильного аустенита. Задача решается пошаговым методом по времени совместно с итерационным методом. Линеаризованная на каждой итерации задача термомеханики решается методом конечных элементов. Используется четырехугольный восьмиузловой конечный элемент. Для моделирования процесса наращивания используется конечно-элементная методика с применением теории растущих тел.

Настоящая работа посвящена обоснованию разработанного подхода путем сопоставления результатов численного моделирования с экспериментальными данными, приведенными в работе [3].

Для сопоставления расчетных и экспериментальных данных по максимальным и минимальным значениям напряжений в наплавленных слоях в цилиндрической системе координат $Orz\varphi$ рассматривался наращенный по боковой поверхности цилиндр радиуса $R = 0,06м$ и длиной $L = 0,25м$, изготовленный из стали 25ХМ. Наращивание происходило двумя слоями хромоникелевой стали

1Х18Н10 с аустенитной структурой. Толщина первого и второго слоев принималась равной $h = 0,0023м$. Измерения проводились с использованием метода сверления отверстий (The Hole-Drilling Method) [4]. Основная идея метода состоит в том, что на наплавленном цилиндре, в котором действуют остаточные напряжения, устанавливается специальная трёхдатчиковая тензометрическая розетка. В центре розетки на некоторую глубину ($1-3мм$) просверливается отверстие диаметром $1-5мм$. В результате сверления отверстия тензодатчики фиксируют в его окрестности так званые «освобожденные» деформации. С помощью специальной методики, которая основана на решении задачи Кирша для слоя с отверстием, эти деформации пересчитываются в главные остаточные напряжения в приповерхностном слое.

Сопоставления проводились с использованием радиальных распределений напряжений в наплавленном слое. Согласно экспериментальной методике измерения напряжения сравниваются со следующими расчетными величинами в данном сечении:

$$\sigma_{\min} = \left\langle \min\left(\sigma_{zz}(r), \sigma_{\varphi\varphi}(r)\right)\right\rangle_{\Delta r};\ \sigma_{\max} = \left\langle \max\left(\sigma_{zz}(r), \sigma_{\varphi\varphi}(r)\right)\right\rangle_{\Delta r}, \qquad (1)$$

здесь $\sigma_{zz}(r)$, $\sigma_{\varphi\varphi}(r)$ – распределение осевых и окружных напряжений по радиусу цилиндра; $\left\langle \min\left(f(r)\right)\right\rangle_{\Delta r}$ обозначает усредненную величину

$$\left\langle \min\left(f(r)\right)\right\rangle_{\Delta r} = \frac{2}{r_0 - (r_0 - \Delta r)^2}\int_{r_0}^{r} f(r) r dr \qquad (2)$$

где r_0 – внешний радиус цилиндра; Δr – глубина отверстия.

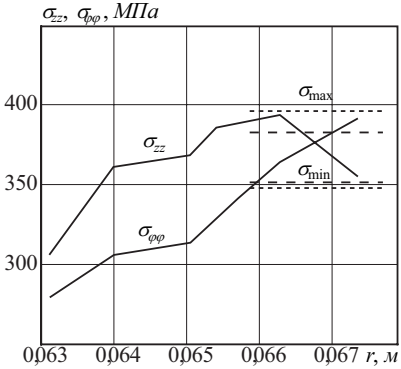


Рис. 1. Распределения остаточных напряжений в наращенных слоях

На рис. 1 сплошными линиями показаны расчетные распределения напряжений σ_{zz} и $\sigma_{\varphi\varphi}$ по радиусу цилиндра в исследуемом сечении. Штриховыми линиями показаны расчетные, а пунктирными – экспериментальные значения средних по глубине отверстия максимальных и минимальных главных напряжений. Видно, что максимальное и минимальное напряжения не связаны с какой-то

одной компонентой. Так, на поверхности преобладает компонента $\sigma_{\varphi\varphi}$, а в более глубоких слоях максимальное значение определяется компонентой σ_{zz}.

Для сравнения расчетных и экспериментальных распределений остаточных напряжений использовались данные [3], полученные с использованием метода Сакса [5]. Цилиндр, изготовленный из стали 35ХМ, наращивался двумя слоями хромоникелевой стали 1Х18Н10 и одним слоем стали 3Х13. Цилиндр имел радиус $R = 0,0515 м$ и длину $L = 0,16 м$. Толщины первого и второго слоев были одинаковые и равные $h_1 = 0,0034 м$. Толщина второго слоя была равна $h_2 = 0,0027 м$. Сравнение экспериментальных и расчетных напряжений σ_{zz} и $\sigma_{\varphi\varphi}$ дается на рис. 2 и рис. 3. соответственно. Экспериментальные данные обозначены квадратными маркерами, а расчетные – сплошными линиями.

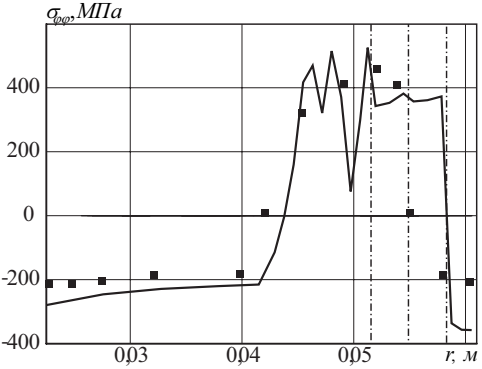


Рис. 2. Распределение окружных напряжений в наплавленном цилиндре по радиусу

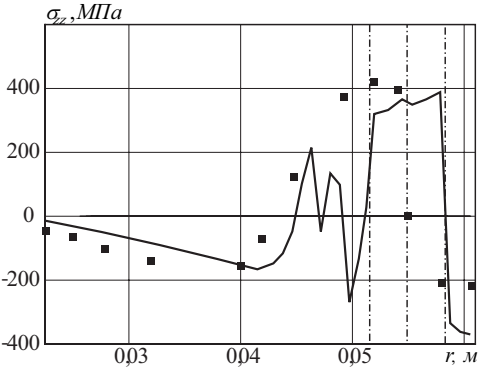


Рис. 3. Распределение осевых напряжений в наплавленном цилиндре по радиусу

Приведенные на рис. 2 и рис. 3 распределения являются согласованными с точки зрения корреляции зон растяжения и сжатия вдоль радиуса, а также

уровня максимальных растягивающих напряжений. Отличия имеют место в областях контакта слоев. Они могут быть связанные с недостатками модели, обусловленны неучетом изменения физических свойств материалов исходного цилиндра и наращенных слоев в областях контакта, которые возникают вследствие перемешивания материалов.

Выводы

В данной работе дано сравнение расчётов, полученных с использованием модели бокового наращивания цилиндра, с экспериментальными данными. Удовлетворительное в целом согласование расчетных и экспериментальных данных свидетельствует о достоверности и обоснованности разработанной модели многослойной наплавки цилиндров.

Список литературы

1. Рябцев И.А. Наплавка деталей машин и механизмов / Рябцев И.А. – Киев: Экотехнология, 2004. – 160 с.

2. Сенченков И. К. Расчет остаточного напряженно-деформированного и микроструктурного состояния цилиндра при многослойном наращивании по боковой поверхности / Сенченков И. К., Червинко О. П., Баняс М. В. // Теорет. и прикладная механика – 2011. – Вып. 2 (48). С. 7-12.

3. Turyk E. Określenie warunków technologicznych napawania rolek linii ciaąlego odlewania stali na podstawanie analizy stanu paprężeń spawalniczych / E. Turyk. – Gliwice : Wydawnictwo politechniki śląskiej, 2009. – 182p.

4. Rendler N. J. Hole-drilling strain-gage method of measuring residual stress / N. J. Rendler, I. Vigness // Experimental mechanic. – 1966. – Vol. 6. – N 12. – P. 577–586.

5. Биргер И. А. Остаточные напряжения / И. А. Биргер. – М. : Машгиз, 1963. – 232 с.

УДК 621.396.96:535

С.Н. Кутищев, к.ф.-м.н., доцент, О.Б. Рудаков, д.х.н., проф.

(Воронежский государственный архитектурно-строительный университет, Россия, г. Воронеж)

ВОССТАНОВЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ЛОКАЛЬНЫХ ИСТОЧНИКОВ РАССЕЯНИЯ ПОЛОСТИ СЛОЖНОЙ ФОРМЫ ПО ДИАГРАММЕ ОБРАТНОГО РАССЕЯНИЯ

Доказана возможность восстановления количества, амплитуд, координат локальных источников рассеяния двумерной полости сложной формы по диаграмме обратного рассеяния. Представлены результаты численного решения задачи для идеально проводящей двумерной полости треугольной формы в случае E– поляризации падающей плоской электромагнитной волны.

В настоящее время активно проводятся исследования по созданию методов восстановления структуры рассеивающих объектов по рассеянному полю в радиолокации [1–4], теории антенн [5], радиоастрономии [6], оптике [7] и других областях науки. Актуальность проводимых в радиолокации работ в данном направлении обусловлена, например, необходимостью получения достаточно полной информации о пространственной структуре локальных источников (ЛИ) [8] рассеяния на поверхности объектов сложной формы с целью совершенствования средств и способов уменьшения радиолокационной заметности объектов.

При проведении измерений радиолокационных характеристик объектов в полигонных и лабораторных условиях в результате вращения объекта строится диаграмма обратного рассеяния (ДОР). Таким образом, возникает проблема восстановления ЛИ рассеяния объекта по ДОР. Для модели [9] объекта в виде системы изотропных жестко связанных электродинамически независимых рассеивателей в работе [2] был предложен метод численного решения задачи. Поскольку радиолокационными объектами часто являются полости различной конфигурации [10], то представляет интерес применить этот метод для решения рассматриваемой задачи в случае двумерной полости сложной формы с известными ЛИ рассеяния. Предлагается, например, рассмотреть двумерную (бесконечную вдоль оси z) идеально проводящую полость треугольной формы (рис. 1). Данная полость имеет три ЛИ рассеяния [8], соответствующие ребрам ее цилиндрической поверхности (рис. 1).

Цель работы — исследование возможности восстановления параметров (количества, амплитуд, координат) ЛИ рассеяния двумерной полости сложной формы по ДОР.

Рассмотрим случай моностатического рассеяния плоской электромагнитной волны системой N изотропных жестко связанных электродинамически независимых отражателей (рис. 2), представляющей собой электродинамическую модель [9] объекта. При некогерентном приеме узкополосного отражен-

ного сигнала в дальней зоне (объекта и приемо-передающей антенны) ДОР с учетом результатов работы [2] и геометрии задачи, считая, что измерения проводятся в плоскости *xOy*, можно представить следующим образом:

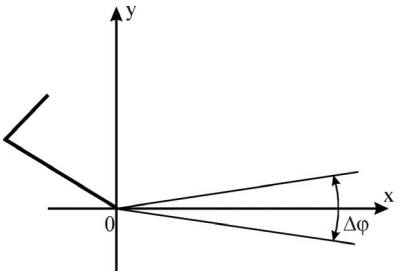


Рис. 1. Геометрия полости сложной формы

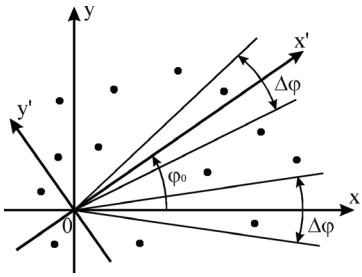


Рис. 2. Модель объекта

$$E^{(0)}(\varphi)=\sum_{i=1}^{N} E_i \exp\left[j2k\left(x_i \cos\varphi + y_i \sin\varphi\right)\right], \qquad (1)$$

где x_m, y_m – координаты m-го отражателя; E_m – амплитуда сигнала, рассеянного m-м отражателем; φ – угол наблюдения, отсчитываемый от оси Ox, направленной вдоль биссектрисы сектора углов $\Delta\varphi$; $k=2\pi/\lambda$ – волновое число; λ – длина волны. Формула (1) справедлива для любых углов наблюдения φ.

Когда $\Delta\varphi/2<<1$ выражение (1) может быть преобразовано (линеаризовано) к следующему виду:

$$E^{(0)}(u)=\sum_{i=1}^{N} \widetilde{E}_i \exp\left(j2y_i u\right), \quad |u|\le k\sin\left(\Delta\varphi/2\right)<<k, \qquad (2)$$

где $\widetilde{E}_n=E_n\exp\left(j2kx_n\right)$, $u=k\sin\left(\varphi\right)$ – пространственная частота.

Таким образом, решаемую задачу можно сформулировать в виде: для рассматриваемой модели объекта необходимо найти количество ЛИ N, их амплитуды E_i, поперечные координаты $y_i\ (i=1,\ldots,N)$ и продольные координаты $x_i\ (i=1,\ldots,N)$ по известной из эксперимента амплитудной ДОР $\left|E^{(0)}(u)\right|$, где $|u|\le k\sin(\Delta\varphi/2)<<k$.

Далее представлены результаты решения рассматриваемой задачи для полости треугольной формы с координатами ребер $(x_i, y_i)\ (i=1,2,3)$ (табл. 1).

ДОР вычислялась методом интегральных уравнений [11] для случая *E*–

поляризации ($\vec{E}$ направлен вдоль оси *z*) падающей плоской монохроматической электромагнитной волны с амплитудой, равной 30.

На рис. 3 представлен модуль одномерного изображения полости $|J|$ для $u \in \left[k\sin\left(-6^\circ\right); k\sin\left(6^\circ\right)\right]$. Три главных максимума соответствуют трем ЛИ (*N*=3). Восстановленные поперечные координаты ЛИ $y_в$ (табл. 1) равняются половине поперечных координат соответствующих главных максимумов. Величины главных максимумов одномерного изображения $J\left(y, \Delta\varphi\right)$ соответствуют амплитудам $E_в$ (табл. 1) ЛИ.

Таблица 1.

Данные о ЛИ полости

Параметры	*i*		
	1	2	3
x, λ	0	-29,00	-17,50
$x_в, \lambda$	0,10	-29,90	-17,50
y, λ	0	17,60	29,20
$y_в, \lambda$	0,15	16,80	28,85
$E_в$	6,21	34,45	4,52

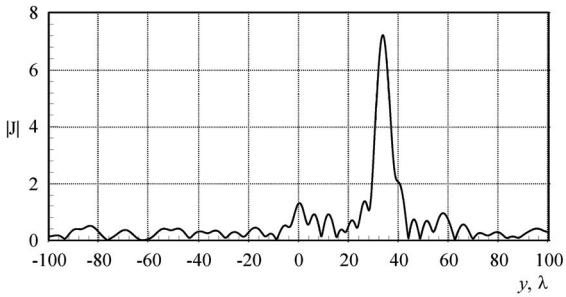


Рис. 3. Модуль одномерного изображения J полости для $u \in \left[k\sin\left(-6^\circ\right); k\sin\left(6^\circ\right)\right]$.

Восстановленные продольные координаты ЛИ $x_в$ (табл. 1) равняются, взятым со знаком минус, половинам поперечных координат (в системе $x'Oy'$) соответствующих главных максимумов одномерного изображения полости $|J|$ для $u \in \left[k\sin\left(84^\circ\right); k\sin\left(96^\circ\right)\right]$ ($\varphi_0 = 90^\circ$), используя правило нумерации ЛИ [5].

Анализ численных результатов (табл. 1) позволяет сделать вывод, что в рассмотренном примере абсолютная ошибка восстановления поперечных координат ЛИ $\Delta y \approx 0{,}8\lambda$ и абсолютная ошибка восстановления продольных координат ЛИ $\Delta x \approx 0{,}9\lambda$.

Выводы

Таким образом, разработанный метод позволяет восстанавливать по ДОР параметры (количество, амплитуды, координаты) изотропных жестко связанных электродинамически независимых ЛИ рассеяния двумерной полости сложной формы. При этом необходимо выполнение следующих условий. Амплитуды ЛИ должны быть одного порядка, в поперечном и продольном направлениях ЛИ должны быть разнесены на расстояния, большие разрешающей способности $\delta = \lambda/(2\Delta\varphi)$, а максимальный размер объекта не должен превышать примерно 50λ.

В дальнейшем планируется использовать разработанный метод восстановления параметров ЛИ рассеяния объектов для получения рекомендаций по повышению эффективности применения радиопоглощающих покрытий для уменьшения эффективной площади рассеяния двумерных полостей сложной формы.

Список литературы

1. ***Кутищев С.Н.*** Итерационный метод восстановления локальных источников рассеяния объекта по амплитудной диаграмме обратного рассеяния // Электромагнитные волны и электронные системы. 2007. Т. 12. № 6. С. 23–27.
2. ***Кутищев С.Н.*** Метод восстановления параметров локальных источников рассеяния объекта по диаграмме обратного рассеяния // Изв. вузов. Радиофизика. 2011. Т. 54, № 12. С. 917–921.
3. ***Kutishchev S.N.*** Reconstruction Parameters of Local Scattering Sources of a Cylindrical Object from the Backscattering Pattern.// Abstracts of “Progress in Electromagnetics Research Symposium”, PIERS-2013, 25-28 March 2013, Taipei, Taiwan, p. 238.
4. ***Kutishchev S.N.*** Reconstruction Parameters of Local Scattering Sources of a Metallic Strip from the Backscattering Pattern./ Journal of Electromagnetic Analysis and Applications, 2012, Vol. 4, No. 12, pp. 492-496.
5. ***Конюков М.В.*** Фазовая проблема в системах апертурного синтеза // Известия вузов. Радиофизика. 1983. Т. 26. № 11. С. 1437–1447.
6. ***Аблеков В.К., Зубков П.И., Фролов А.В.*** Оптическая и оптоэлектронная обработка информации. М.: Машиностроение, 1976.
7. Обратные задачи в оптике / Под ред. ***Г.П. Болтса.*** М.: Машиностроение, 1984.
8. Радиолокационные характеристики летательных аппаратов / Под ред. ***Л.Т. Тучкова.*** М.: Радио и связь, 1985.
9. ***Штагер Е.А., Чаевский Е.В.*** Рассеяние волн на телах сложной формы. М.: Сов. радио, 1974.
10. ***Кутищев С.Н., Михайлов Г.Д., Преображенский А.П.*** Рассеяние электромагнитных волн на полостях сложной формы // Зарубежная радиоэлектроника. Успехи современной радиоэлектроники. 1998. № 10. С. 26–38.
11. ***Захаров Е.В., Пименов Ю.В.*** Численный анализ дифракции радиоволн. – М.: Радио и связь, 1982.

УДК 303.725.36:150.9.015

В.А. Касьянов, д.т.н., професор,
(Национальный авиационный университет, Украина.)
К. Шафран, к.т.н., (Институт Авиации, Польша.)

О НЕКОТОРЫХ ГИБРИДНЫХ МОДЕЛЯХ СУБЪЕКТИВНОГО АНАЛИЗА В ТЕОРИИ АКТИВНЫХ СИСТЕМ

Рассматриваются гибридные теоретические схемы, возникающие как результат совмещения принципа максимума субъективной энтропии с некоторыми известными методами. Результаты, получаемые на основе гибридных схем, отражают влияние субъективных факторов.

Расширение возможностей использования «субъективного анализа» [1] связано с разработкой ряда гибридных методов, основанных на комбинировании принципа максимума субъективной энтропии с известными методами.

К числу таких методов относится, в частности, вариационное исчисление Эйлера-Лагранжа. Введение модифицированных функционалов позволяет развить аналог классического вариационного исчисления и вносит в полученные результаты субъективный фактор.

Пусть $\vec{x} = (x_1, x_2, ..., x_m)$ – вектор экзогенных переменных, а $\vec{\pi} = (\pi_1, \pi_2, ..., \pi_N)$ – вектор показателей предпочтений альтернатив $\sigma_i \in S_a$, который задает распределение предпочтений на множестве S_a. В простейшем случае выполняется нормировочное условие $\sum_{i=1}^{N} \pi_i = 1$. Если используется неаддитивная мера, например, мера Сугено, условие нормировки имеет другой вид. Важным случаем является неаддитивная H-мера, когда условие нормировки задается соотношением

$$\sum_{i=1}^{N} \pi_i + \lambda H_\pi = 1. \qquad (1)$$

где: $H_\pi = -\sum_{i=1}^{N} \pi_i \ln \pi_i$ – энтропия Шенона но построенная относительно невероятностных весов предпочтений π_i, λ – показатель степени неаддитивности.

Введем функционал

$$\Phi_{\pi,x} = \int_{t_1}^{t_2} \left[-\sum_{i=1}^{N} \pi_i \ln \pi_i \pm \beta \sum_{i=1}^{N} \pi_i F_i(\vec{x}, \dot{\vec{x}}, t) + \gamma \left(\sum_{i=1}^{N} \pi_i - 1 \right) \right] dt \ . \qquad (2)$$

что в классическом вариационном исчислении соответствует основной вариационной задаче [2].

Обозначая подинтегральную функцию через F^*, запишем необходимые условия экстремума (1):

$$\frac{\partial F^*}{\partial \pi_i} = 0; \frac{\partial F^*}{\partial x_s} - \frac{d}{dt}\left(\frac{\partial F^x}{\partial \dot{x}_s}\right) = 0 \quad . \tag{3}$$

В подинтегральной функции F^x отсутствуют производные $\dot{\pi}_i$, поэтому первое из уравнений (2) является вырожденным.

В развернутом виде второе уравнение (2) может быть записано в виде:

$$\sum_{i=1}^{N} \pi_i \left[\frac{\partial F_i}{\partial x_j} - \frac{d \ln \pi_i}{dt} \cdot \frac{\partial F_i}{\partial \dot{x}_j} - \sum_{s=1}^{N} \left(\frac{\partial^2 F_i}{\partial \dot{x}_j \partial x_s} \cdot x_s + \frac{\partial^2 F_i}{\partial \dot{x}_j \partial x_s} \cdot \ddot{x}_s \right) + \frac{\partial^2 F_i}{\partial x \partial \dot{x}_j} \right] = 0$$

$$\left(j \in 1, \overline{N} \right) \tag{4}$$

где:

$$\dot{\pi}_i = \beta \pi_i \left(\dot{F}_i - \sum_{j=1}^{N} \pi_j \dot{F}_j \right), \tag{5}$$

$$\dot{F}_i = \frac{\partial F_i}{\partial t} + \sum_{s=1}^{m} \frac{\partial F_i}{\partial x_s} \cdot \dot{x}_s + \frac{\partial F_i}{\partial \dot{x}_s} \ddot{x}_s . \tag{6}$$

Каноническое распределение для π_i следует из первого уравнения (2). Первую часть интеграла (2) можно трактовать как осредненную на отрезке t_2-t_1, степень неопределенности.

В рамках описанного подхода и некоторых его обобщений получены аналоги известных результатов классически аналитической механики: уравнения Гамильтона, модифицированное уравнение Гамильтона-Якоби, аналог теоремы Нётер, инварианты Картана и др.

В докладе представлены модели некоторых конкретных систем и результаты математического моделирования.

Уравнения Феллера, а также уравнения Колмогорова являются инструментом для определения переходных вероятностей в ординарных марковских процессах. Для разрывных марковских процессов уравнения Феллера заменяются уравнениями Колмогорова, в которых фигурируют плотности вероятности случайных изменений ситуации $q_j(t)$, которые ведут к изменению переходных вероятностей $P_{jk}(t, t_1); (t_1 \rangle t)$ и условные вероятности $Q_{kj}(t)$ того,

что система, которая находится в ситуации «*к*» в момент *t*, в результате «скачка» совершит переход в ситуацию «*j*».

В том случае, когда после возникновения причины скачка возникает множество S_a альтернативных стратегий и существует проблема выбора, вероятность $Q_{kj}(t)$ можно вычислить с помощью формулы полной вероятности.

$$Q_{i,j}(t)=\sum_{m=1}^{L}P\left(\sigma_{m,i}(t)\,|\,i\right)Q_{i,j}\left(t\,|\,\sigma_{m,i}(t)\right), \tag{7}$$

где $P\left(\sigma_{m,i}(t)\,|\,i\right)$ – вероятность выбора стратегии $\sigma_m(t)$,

$Q_{i,j}\left(t\,|\,\sigma_{m,i}(t)\right)$ – условная вероятность перехода $i \to j$, когда выбирается стратегия $\sigma_m(t)$. Предлагается ввести в теорию субъективный фактор, осуществляя в (6) замену $\rho(\sigma_m(t)|i)\to\pi(\sigma_m(t)|i)$, где $\pi(\sigma_m(t)|i)$ - показатель предпочтительности альтернативы $\sigma_m(t)$, который определяется из вариационного принципа максимума субъективной энтропии, соответствующий функционал запишем в виде:

$$\Phi_{\pi_i}=-\sum_{m=1}^{L}\pi(\sigma_m(t)|i)\ln\pi(\sigma_m(t)|i)\pm\beta\sum_{m=1}^{L}\pi(\sigma_m(t)|i)F_m(\sigma_m(t)|i)$$
$$+\gamma\sum_{m=1}^{L}\left(\dot{\pi}(\sigma_m(t)|i)-1\right) \tag{8}$$

(при единичной нормировке: $\sum_{m=1}^{L}\pi_1=1$).

Вместо формулы (6) воспользуемся формулой

$$Q_{i,j}(t)=\sum_{m=1}^{L}\pi\left(\sigma_{m,i}(t)\,|\,t\right)Q_{i,j}\left(t\,|\,\sigma_{m,i}(t)\right). \tag{9}$$

$$\sigma_{m_i}(t)\in S_{ai},(m\in\overline{1,L})$$

Уравнения Колмогорова в этом случае принимают вид:

$$\frac{\partial P_{i,j}(t,t_1)}{\partial t}=-q_j(t)P_{i,j}(t,t_1)+$$
$$+\sum_{k=0}^{N(\infty)}q_k(t)\sum_{m=1}^{L_k}\pi\left(\sigma_{m,k}(t)\,|\,k\right)Q_{k,j}\left(t\,|\,\sigma_{m,k}(t_1)\right)P_{j,k}(t,t_1); \tag{10}$$

$$\frac{\partial P_{i,j}\left(t,t_1\right)}{\partial t_1} = -q_j\left(t_1\right)\Big[P_{i,j}\left(t,t_1\right) - \tag{11}$$

$$-\sum_{k=0}^{N(\infty)}\sum_{m=1}^{L_i}\pi\left(\sigma_{m,i}\left(t\right)|\,i\right)Q_{i,k}\left(t_1\,|\,\sigma_{m,i}\left(t_1\right)\right)P_{k,j}\left(t,t_1\right)\Big].$$

Второе слагаемое в функционале (8) можно выразить через «субъективный» байесовский риск, который также содержит предпочтения и субъективные вероятности [3].

Как частный случай из модели (10, 11) следует «субъективизированная» – модифицированная модель уравнений теории массового обслуживания, приложимая, например, к теории очередей «с учетом человеческого фактора». Приводятся результаты численного моделирования. Среди возможных приложений субъективного анализа выделяются задачи, связанные с изучением некоторых социальных явлений с учетом психических факторов: в теории конфликтов, теории иерархических организационных систем, в экономике. Здесь мы рассматриваем вариант описания социальных процессов с помощью модельных уравнений аналогичных уравнениям кинетической теории газов (уравнения Больцмана, например), и уравнения коагуляции Гольдмана. Идея построения кинетического уравнения социодинамики состоит в следующем: вводится функция распределения, зависящая от распределения предпочтений I рода предметных $\pi\,(\sigma_i)$, $\sigma_i \in S_a$ и распределение предпочтений I рода – рейтинговых $\xi(j|u)$ (рейтинг субъекта j в глазах субъекта u), а также их производных во времени: $\dot{\pi}(\sigma_i); \dot{\xi}(j|\dot{k}); \xi(j|k) \in S_\xi$

$$f(\vec{\pi}, \dot{\pi}, \vec{\xi}(\cdot|\cdot), \overrightarrow{\xi(\cdot|\cdot)}, t)$$

Аналог уравнения Больцмана

$$\frac{\partial f}{\partial t} + \dot{\pi}\frac{\partial f}{\partial \vec{\pi}} + \frac{\partial f}{\partial \dot{\pi}}\cdot\ddot{\vec{\pi}} + \frac{\partial f}{\partial \overrightarrow{\xi(\cdot|\cdot)}}\cdot\dot{\vec{\xi}}(\cdot|\cdot) + \frac{\partial f}{\partial \overrightarrow{\xi(\cdot|\cdot)}}\cdot\ddot{\vec{\xi}}(\cdot|\cdot) = S \tag{12}$$

Модели для распределения $\vec{\pi}$ и $\vec{\xi}(\cdot|\cdot)$ получаются из соответствующего принципа максимума субъективной энтропии. Таким образом модель является гибридной.

S – «столкновительный член», учитывающий результаты «информационного столкновения» субъектов. При построении столкновительного члена имеется ряд существенных отличий от соответствующей задачи для уравнения Больцмана: в частности, отсутствие аналогов законов сохранения, необходимость учитывать не только парные, но и множественные столкновения, а также «дальнодействующие» взаимодействия.

Наиболее простая модель столкновительного члена аналогична модели Греда в теории газов. Предложена модель, где столкновительный член представлен в виде оператора Фоккера - Планка. В этом случае получено решение кинетического уравнения социодинамики типа «источника», аналогичное решению Чандрасекхара [4].

Выводы

Таким образом, в работе рассмотрены гибридные теоретические схемы, возникающие как результат совмещения принципа максимума субъективной энтропии с некоторыми известными методами. К числу таких методов относится, в частности, вариационное исчисление Эйлера-Лагранжа.

Список литературы

1. Касьянов В.А. Субъективный анализ [Текст] / В.А. Касьянов. – К.: НАУ, 2007. – 512 с.

2. Гельфанд И.М. Вариационное исчисление [Текст] : учеб. / И.М. Гельфонд, С.В. Фомин. – М.: Физматизд., 1963. – 228 с.

3. Гроот М. Оптимальные статистические решения [Текст] / М. Грот. – М.: Мир, 1974. – 491 с.

4. Чандрасекар С.Ш. Принципы звездной динамики [Текст] / С.Ш. Чандрасекар. – М.: Ил 1947.

УДК 534.1:621.438-226.2

Н.Н. Серяков, аспирант каф. «Механика» (Самарский государственный университет путей сообщения, Россия, г. Самара)

МЕТОД РАСЧЁТА ВЫНУЖДЕННЫХ КОЛЕБАНИЙ БАНДАЖИРОВАННЫХ ЛОПАТОК ТУРБИНЫ

Разработан аналитический метод приближённой оценки кинематических параметров движения бандажной полки как твёрдого тела для различных углов расположения лопатки по окружности диска. Дифференциальные уравнения движения полки выведены на основе уравнений Лагранжа второго рода.

Широко применяемые бандажные полки рабочих лопаток турбин ГТД служат не только для снижения потерь к.п.д. в радиальном зазоре, но и являются источником конструкционного демпфирования колебаний. Энергия рассеивается, благодаря трению контактных граней соседних полок друг о друга. В зависимости от величины натяга бандажа и уровня возбуждения, колебания венца бандажированных лопаток могут иметь как близкий к линейному, так и нелинейный характер. При большом натяге и низкой амплитуде возбуждающих сил взаимное проскальзывание контактных граней бандажных полок может отсутствовать. С ростом амплитуды возбуждающих сил нелинейность, связанная с сухим трением в стыках соседних полок, приобретает существенное значение.

Существуют методики аналитического определения собственных частот и форм колебаний бандажированных венцов лопаток в случае линейных колебаний [1-3]. Наиболее простой способ анализа нелинейных колебаний – численное интегрирование дифференциальных уравнений движения по времени. В случае анализа полномасштабных рабочих колёс, дискретизированных методом конечных элементов, решение требует значительных вычислительных ресурсов и больших затрат времени, вследствие большого числа степеней свободы и контактной нелинейности задачи.

Поэтому основные усилия учёных в данной области направлены на снижение размерности задачи [4] и применение аналитических методов для решения системы дифференциальных уравнений колебаний [5]. Не менее актуален вопрос износа контактирующих полок. Для исследования износостойкости контактных граней полок необходима оценка динамических реакций, возникающих в стыках бандажа. В свою очередь, данные динамические реакции связаны с кинематическими параметрами движения полок.

В предлагаемом методе расчёта кинематических параметров бандажная полка представлена абсолютно твёрдым телом. При этом действие связей лопатки и соседних полок заменяется их реакциями. Предполагается, что угловые перемещения лопаток малы, изгибные колебания происходят в плоскости наименьшей жёсткости (угол ζ), а крутильные колебания полок в плоскости концевого сечения лопатки (угол β). Рассматриваются вынужденные колебания венца бандажированных лопаток под действием кинематического возбуждения со стороны обода диска по известному закону [1, с. 184]:

$$\chi = A\sin(m\varphi)\cos pt, \tag{1}$$

где A – амплитуда угла отклонения точки обода от плоскости вращения диска; m – число узловых диаметров; φ – угол определяющий положение лопатки на окружности диска; p – круговая частота колебаний диска.

На полку i-ой лопатки, как на свободное твёрдое тело, будет действовать следующая нагрузка: вес полки $\vec{G}$; восстанавливающая сила упругости лопатки $\vec{P}_B$; силы натяга бандажа $\vec{N}$ и $\vec{N}_1$, приложенные как реакции от соседних полок; силы трения $\vec{F}$ и $\vec{F}_1$ в стыках; реакция $\vec{P}$, возникающая в стыке от соседней полки как в опоре от внешней аэродинамической нагрузки $\vec{q}$.

С учётом этого полка рассматривается как механическая система с двумя степенями свободы. После несложных преобразований [6] её кинетическая энергия оказывается равной

$$T = \frac{\left[J_x + M(R+L)^2\right]}{2}\cdot\dot{\chi}^2 + \frac{\left[J_y + M(R+L)^2\right]}{2}\cdot\omega^2 + \frac{\left(J_\xi^n + ML^2\right)}{2}\cdot\dot{\zeta}^2 + \\ + \frac{J_z\dot{\beta}^2}{2} + M\dot{\zeta}(R+L)L\cos(\zeta+\psi)\cdot(\omega\cos\beta_0 + \dot{\chi}\sin\beta_0), \tag{2}$$

где J_x, J_y – моменты инерции полки соответственно относительно осей Cx и Cy; M – масса полки; R – радиус диска; L – длина лопатки; ω – угловая скорость вращения диска; J_ξ^n – момент инерции полки относительно оси, параллельной оси наибольшей жёсткости и проходящей через центр масс полки; J_z – момент инерции полки относительно оси Cz; ψ – поворот оси наибольшей жёсткости, вызванный отклонением основания лопатки на угол χ; β_0 – угол технологической закрутки концевого сечения.

Потенциальная энергия полки равна

$$\Pi = \frac{3EJ_\xi}{2L}\cdot\zeta^2 - Mg(R+L)\sin\varphi^*, \tag{3}$$

где E – модуль упругости материала лопатки; J_ξ – момент инерции концевого сечения пера лопатки относительно оси наименьшей жёсткости; g – ускорение свободного падения; φ* – угол поворота рабочего колеса относительно горизонта.

Возможная работа от неконсервативных сил равна сумме работ реакции от внешней нагрузки:

$$\delta A(\vec{P}) = -\tfrac{3}{8}qL^2\delta\zeta; \tag{5}$$

от сил трения:

$$\delta A(\vec{F},\vec{F}_1) \cong \Big\{N\sin\theta\left(2L\sin\tfrac{\theta}{2}\sin\beta_0 + b\cos\beta_0\right) - N_1\sin\theta_1\Big(2L\sin\tfrac{\theta_1}{2}\sin\beta_0 + \\ + b\cos\beta_0\Big) - (N\cos\theta - N_1\cos\theta_1)L\cos\tfrac{\zeta}{2}\sin\beta_0\Big\} f\,\mathrm{sgn}(\dot{\zeta})\cdot\delta\zeta + \\ + (N\cos\theta + N_1\cos\theta_1) f\,\mathrm{sgn}(\dot{\zeta})b\cdot\delta\beta, \tag{6}$$

где θ, θ_1 – углы относительного отклонения соседних полок [6]; b – половина длины контактной грани полки; f – коэффициент трения; δζ, δβ – возможные перемещения на углы ζ и β;
от реакций соседних полок:

$$\begin{aligned}\delta A(\vec{N}) &= N\left(L\cos\tfrac{\zeta}{2}\cos\beta_0\cdot\delta\zeta - 2L\sin\tfrac{\theta}{2}\cdot\delta\beta\right),\\ \delta A(\vec{N}_1) &= -N_1\left(L\cos\tfrac{\zeta}{2}\cos\beta_0\cdot\delta\zeta + 2L\sin\tfrac{\theta_1}{2}\cdot\delta\beta\right);\end{aligned} \tag{7}$$

от момента сопротивления кручению:

$$\delta A(\vec{M}_c) = -\frac{GJ_p}{L}\beta\cdot\delta\beta, \tag{8}$$

где G – модуль сдвига материала лопатки; J_p – полярный момент инерции концевого сечения лопатки.

Приведённые соотношения позволяют определить обобщённые силы в виде

$$\begin{aligned}Q_\zeta = -\frac{3EJ_\xi}{L}\zeta - \Big\{ & N\sin\theta\left(2L\sin\tfrac{\theta}{2}\sin\beta_0 + b\cos\beta_0\right) - N_1\sin\theta_1\Big(2L\sin\tfrac{\theta_1}{2}\sin\beta_0 + \\ & + b\cos\beta_0\Big) - \left(N\cos\theta - N_1\cos\theta_1\right)L\cos\tfrac{\zeta}{2}\sin\beta_0\Big\} f\,\mathrm{sgn}(\dot\zeta) - \frac{3qL^2}{8} + \\ & + \left(N - N_1\right)\cos\tfrac{\zeta}{2}\cos\beta_0,\end{aligned} \tag{9}$$

$$Q_\beta = \left(N\cos\theta + N_1\cos\theta_1\right)fb\,\mathrm{sgn}(\dot\zeta) - \left(N\sin\tfrac{\theta}{2} - N_1\sin\tfrac{\theta_1}{2}\right)2L - \frac{GJ_p}{L}\beta. \tag{10}$$

После этого записываются уравнения Лагранжа второго рода. Учитывая, что при замкнутом на круг бандаже для i-ой полки $|N_{1i}| = |N_{i+1}|$, $\theta_{1i} = -\theta_{i+1}$ и в предположении, что углы ζ и β малы, дифференциальные уравнения движения полки сводятся к виду

$$\begin{aligned}\left(J_\xi^n + ML^2\right)\ddot\zeta_i = M\left(R+L\right)L\sin\beta_0\Big\{ & \dot\chi_i\left(\omega\cos\beta_0 + \dot\chi_i\sin\beta_0\right)\sin\left(\zeta_i + \right. \\ & \left. + 2\sin\tfrac{\chi_i}{2}\sin\beta_0\right)\cos\tfrac{\chi_i}{2} - \ddot\chi_i\cos\Big(\zeta_i + 2\sin\tfrac{\chi_i}{2}\sin\beta_0\Big)\Big\} - \frac{3EJ_\xi}{L}\zeta_i - \\ - \Big\{ & N_i\sin\theta_i\Big(2L\sin\tfrac{\theta_i}{2}\sin\beta_0 + b\cos\beta_0\Big) - N_{i+1}\sin\left(-\theta_{i+1}\right)\Big(2L\sin\tfrac{-\theta_{i+1}}{2}\sin\beta_0 + \\ & + b\cos\beta_0\Big) - \left(N_i\cos\theta_i - N_{i+1}\cos\theta_{i+1}\right)L\cos\tfrac{\zeta_i}{2}\sin\beta_0\Big\} f\,\mathrm{sgn}(\dot\zeta_i) - \frac{3qL^2}{8} + \\ & + \left(N_i - N_{i+1}\right)L\cos\tfrac{\zeta_i}{2}\cos\beta_0,\end{aligned} \tag{11}$$

$$\begin{aligned}J_z\ddot\beta_i = & \left(N_i\cos\theta_i + N_{i+1}\cos\theta_{i+1}\right)fb\,\mathrm{sgn}(\dot\zeta_i) - \\ & - 2L\Big(N_i\sin\tfrac{\theta_i}{2} - N_1\sin\tfrac{-\theta_{i+1}}{2}\Big) - \frac{GJ_p}{L}\beta_i.\end{aligned} \tag{12}$$

Таким образом, движение венца бандажных полок описывается системой нелинейных дифференциальных уравнений, которая решается путём численного интегрирования методом Рунге-Кутты. Результаты расчёта для одной

из полок рабочего колеса с 72 лопатками приведены на рис. 1 в фазовой плоскости.

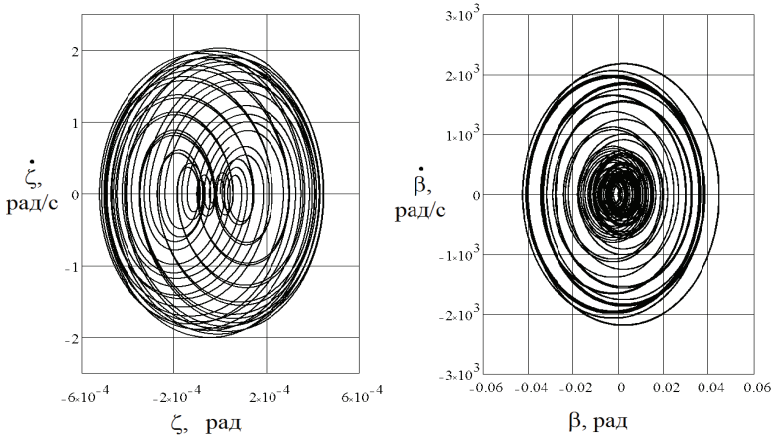


Рис. 1. Фазовый портрет колебаний бандажной полки

Вывод. Предлагаемый метод позволяет приближённо оценивать кинематические параметры движения бандажной полки, в зависимости от амплитуды и частоты колебаний диска, силы натяга бандажа, геометрических характеристик лопатки и её угла установки по окружности диска.

Список литературы

1. *Левин А. В., Боришанский К. Н., Консон Е. Д.* Прочность и вибрация лопаток и дисков паровых турбин. – Л. : Машиностроение, 1981. – 710 с.
2. *Воробьев Ю. С.* Колебания лопаточного аппарата турбомашин. – Киев : Наук. Думка, 1988. – 224 с.
3. *Блинник Б. С., Ефремова В. Т., Шорр Б. Ф.* Расчет собственных частот связанных колебаний лопаток с бандажными полками // Расчеты на прочность. – М. : Машиностроение, 1975. – Вып. 16, с. 240 – 260.
4. *Petrov E. P.* A Method for Use of Cyclic Symmetry Properties in Analysis of Nonlinear Multiharmonic Vibrations of Bladed Disks // Journal of Turbomachinery. – 2004. – Vol.126(1). – pp. 175 – 183.
5. *Siewert C.* Multiharmonic Forced Response Analysis of a Turbine Blading Coupled by Nonlinear Contact Forces / C. Siewert, L. Panning, J. Wallaschek, C. Richter // Journal of Engineering for Gas Turbines and Power. – 2010. – Vol.132(8). – GP082501. – 9 p.
6. *Кудюров Л. В., Серяков Н. Н.* Разработка численного метода расчета кинематических характеристик бандажа рабочего колеса турбины газотурбовоза // Вестник транспорта Поволжья. – 2012. – №5(35). – с. 29 – 35.

УДК 519.711.3

Г.А.Шаповал (Національний авіаційний університет, Україна, Київ)

МОДЕЛЬ ДОСЛІДЖЕННЯ ІНДЕКСУ ГЕОМАГНІТНОЇ АКТИВНОСТІ DST З ВИКОРИСТАННЯМ МЕТОДУ ГУСЕНІ

В роботі розглянута задача аналізу даних про стан космічної погоди за допомогою методу гусені з метою виявлення 11-річного, 160-добового та 27-добового циклів сонячної активності. Проведений структурний аналіз нестаціонарного часового ряду значень індексу геомагнітної активності DST.

Дослідження космічної погоди має велике наукове і практичне значення. Такий аналіз дає можливість краще розуміти фізику процесів, які відбуваються в навколоземному просторі, та в деякій мірі передбачити поведінку Сонця та запобігти його негативному впливу на нашу планету [4].

При проведенні аналізу даних про космічну погоду виникає необхідність виявити ту чи іншу компоненту, дослідити трендову складову, або позбавитися небажаного зашумлення. Не дивлячись на наявність великої кількості типових моделей для дослідження часових рядів [1], лиш деякі з них можуть бути застосовані до нестаціонарного ряду, що містить в собі багато нерегулярних компонент сезонного характеру, а також такі, що обумовлені кліматичними глобальними явищами.

Для розв'язку даної задачі метод гусені підходить якнайкраще, оскільки, по-перше, магнітосфера Землі являє собою складну нелінійну динамічну систему, а по-друге, з початку космічної ери накопичена величезна кількість даних про параметри геомагнітної активності. Також метод не потребує апріорного знання моделі ряду, але при цьому, порівняння його з «модельними» методами показує хороші результати [3].

В основі методі гусені полягає трансформація ряду в матрицю та її сингулярний розклад. Суть методу полягає в наступному:

Етап 1: розклад. Одновимірний ряд $F_N = (f_0, f_1, \dots, f_{N-1})$ перетворюється в траєкторну матрицю X за допомогою зсувного оператора з параметром L – довжиною вікна (довжиною гусені):

$$X = \begin{vmatrix} f_0 & \cdots & f_{K-1} \\ \dots & \dots & \dots \\ f_{L-1} & \cdots & f_{N-1} \end{vmatrix}, \text{ де } N \geq 3, K = N - L + 1;$$

Виконується сингулярний розклад коваріаційної матриці X:

$X = X_1 + X_2 + \cdots + X_d$, $X_i = \sqrt{\lambda_i} U_i V_i^T$, де λ_i – впорядковані за зростанням ненульові власні числа матриці $S = XX^T$, U_i – відповідні власні вектори,d – порядок сингулярного розкладу $d = max\{i\colon \lambda_i > 0\}$, а $V_i = \frac{1}{\sqrt{\lambda_i}} X^T U_i$, $i = 1, \dots, d$. Набір $\left(\sqrt{\lambda_i}, U_i, V_i\right)$ – власна трійка.

Етап 2: відновлення. Відбувається групування елементів сингулярного розкладу. Метою етапу є розділ адитивних компонент ряду. Якщо виходити з припущення, що кожне власне число λ_i, а також сингулярні вектори U_i та V_i характеризують певну компоненту X_i нестаціонарного часового ряду, можна

визначити степінь впливу кожного з них на результуючий ряд і, тим самим, виділити складові процесу. Для того, щоб відділити сигнал від шуму чи виділити необхідну складову ряду, необхідно знайти відповідні їй компоненти розкладу і застосувати процедуру відтворення.

Спосіб групування є одним з параметрів методу, він обирається дослідником на основі аналізу графічного представлення даних. Пошук компонент для групування, головним чином на основі аналізу власних трійок, називають процедурою ідентифікації.

Множина індексів $\{1, \dots, d\}$ розбивається на m підмножин I_j, які не перетинаються:

$$X = X_{I_1} + X_{I_2} + \cdots + X_{I_m}, X_{I_j} = \sum_{k \in I_j} X_k.$$

Останній крок методу – відтворення рядів $F_N^{(j)}$ за згрупованими матрицями X_{I_j}. Елемент ряду $f_n^{(j)}$ отримують за допомогою усереднення вздовж побічної діагоналі елементів матриці X_{I_j} з індексами a, b такими, що $a + b = n + 2$. В результаті отримаємо розбиття ряду $F_N = F_N^{(1)} + \cdots + F_N^{(m)}$.

Довжину вікна в методі гусені необхідно вибирати, враховуючи, що сингулярні розклади одного й того ж ряду для довжини вікна L та $N - L + 1$ (де N – довжина ряду) еквівалентні [2]. Для більш детального розкладу необхідно обирати більшу довжину вікна, але вона не повинна перевишувати половину довжини ряду $(L \sim N/2)$.

У якості прикладу виявлення 27-добового циклу сонячної активності з нестаціонарного часового ряду індексу геомагнітної активності DST, було використано динаміку середньодобових значень за період з 01.01.2011 р. по 31.12.2011 р. Довжина ряду складає 365 значень (рис. 1).

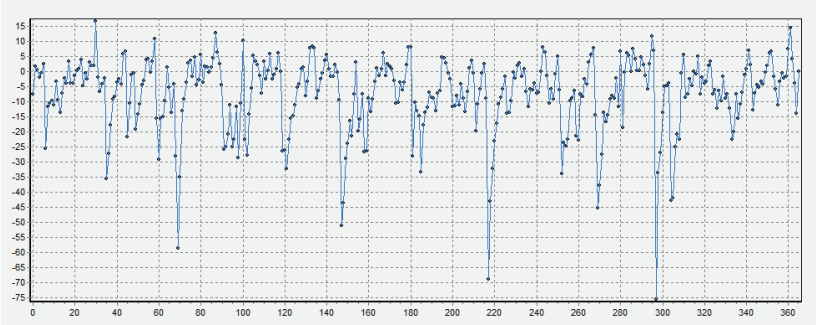


Рис.1. Часовий ряд зміни значення DST індексу за 2012 рік

Візуальний аналіз графіку не дозволяє виділити характерні періодики, але фізична сутність геомагнітних процесів свідчить про періодичність. Після проведення чисельних експериментів та дослідження динамічних показників даного ряду, було прийняте рішення провести відновлення, використовуючи довжину вікна L=27, що відповідає 27-добовому лагу. Впорядковані ряди власних чисел коваріаційних матриць дають змогу оцінити кількість головних компонент, необхідних для відновлення ряду. В даному випадку залишимо

десять перших значущих компонент, які пояснюють 95% дисперсії вихідного ряду. На основі аналізу одновимірних графіків компонент вибираємо компоненти, необхідні для виділення 27-добового циклу сонячної активності.

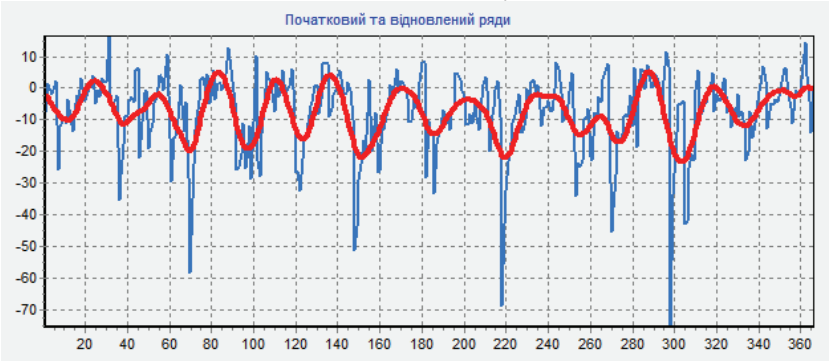


Рис.2. Початковий та відновлений за 2 та 3 компонентою ряди

Відновлення періодичної компоненти будемо проводити на основі 1, 2 та 3 компонент (рис.2). На ньому можна чітко побачити, що відновлений ряд має повторюваність максимумів та мінімумів з характерним періодом приблизно 27 діб, що і відповідає періоду обертання Сонця.

Аналогічний аналіз проведений для динаміки DST індексу з 01.01.1980 р. по 31.12.2012 р., яка була усереднена по періодам довжиною 27 діб. Довжина ряду склала 445 значень (рис. 3).

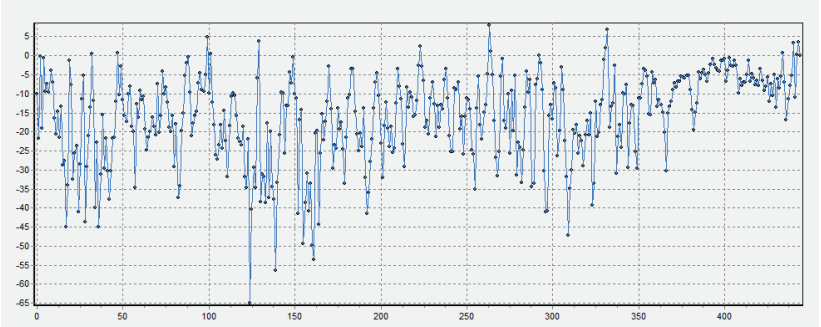


Рис.3. Динаміка змін усереднених значень ряду геомагнітного індексу DST за період з 01.01.1980 р. по 31.12.2012 р.

Для відтворення поданого ряду обрана довжина вікна L=148. На основі візуалізації перших десяти значущих компонент ряду було обрано 1 та 2 компоненти. На графіку (рис.4) можна бачити, що відтворений ряд має тренд, а також характерну періодичність, що від подіває циклу приблизно у 160 діб. Якщо ж тепер відновити цей самий ряд за 1, 4 та 5 компонентою, то ряд набуває форми синусоїди з періодичністю, яка відповідає 11-річному циклу сонячної активності (рис. 7).



Рис.4. Початковий та відновлений за 1 та 2 компонентою ряди

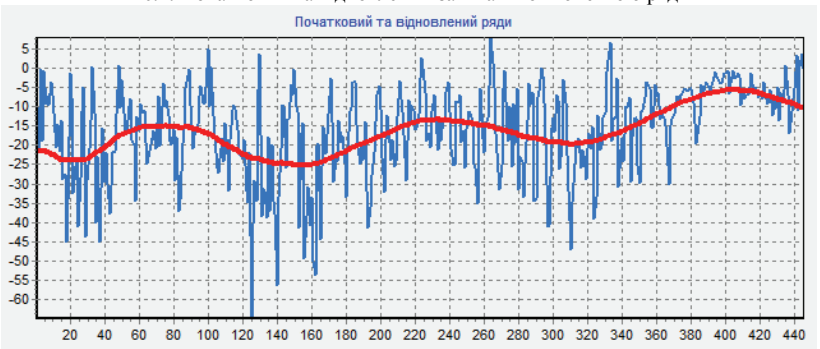


Рис.5. Початковий та відновлений за 4 та 5 компонентою ряди

Висновки. Проведене дослідження дає змогу стверджувати, що при правильному обранні керуючих та головних компонент, метод гусені дає можливість визначати структуру нестаціонарних часових рядів навіть при наявності нерегулярних сезонних компонент та зашумлення. В подальшому, моделюючи кожну з компонент ряду, можна будувати моделі прогнозування вихідного часового ряду.

Список літератури

1. *Андерсон Т.* Статистический анализ временных рядов. М.: Мир, 1976.
2. *Данилов Д.Л., Жиглявский А.А.* Главные компоненты временных рядов: метод "Гусеница". Санкт-Петербургский университет, 1997.
3. *Кендалл М. Дж., Стьюарт А.* Многомерный статистический анализ и временные ряды. М.: Наука, 1976.
4. *Горшков В.Л., Миллер Н.О., Персиянинова Н.Р., Прудникова Е.Я.,* 2000, Исследование геодинамических рядов методом главных компонент, Изв. ГАО, №214,с. 173-180.

УДК 532.5

П.В. Лукьянов, к.ф.-м.н. (Институт гидромеханики НАН Украины)

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ КВАЗИКОМПАКТНОГО ВИХРЕИСТОЧНИКА И ВИХРЕСТОКА

В докладе приведены модели компактных вихревых структур, описывающих вихреисточник и вихресток. Найдено автомодельное, описывающее компактное поле вихревого течения. Введена в рассмотрение функция компенсированности и расширено условие компактности вихря, сводящееся к стремлению к нулю модуля указанной функтии при удалении от оси вихря.

Известно, что стационарные вихреисточник и вихресток - это пример одного из наипростейших вихревых движений. Математическая модель такого движения, используемая в настоящее время, представляет собой наложение двух движений:

$$V_r = \frac{C_1}{r}, \qquad V_\theta = \frac{\Gamma}{2\pi r}, \qquad V_z = 0.$$

Недавно, автором доклада была разработана усовершенствованная модель этого течения [1]. Пусть конечное время на фоне течения в виде источника или стока генерируется вихревое движение. Например, при вращении бесконечно тонкого пористого цилиндра. Независимо от вида вихрегенератора, кинетическая энергия рассматриваемого вращения всегда конечна. В некоторый момент времени генерация вихря прекращается, а течение в виде источника или стока продолжает существовать: либо постоянным, либо зависящим от времени. Задача состоит в отыскании автомодельного решения, описывающего диффузию в таком вихреисточнике или вихрестоке. Она сводится к решению следующего уравнения диффузии завихренности ω:

$$\frac{\partial \omega}{\partial t} + \frac{Q(t)}{r}\frac{\partial \omega}{\partial r} = K_L(t)\left(\frac{\partial^2 \omega}{\partial r^2} + \frac{1}{r}\frac{\partial \omega}{\partial r}\right),$$

где $K_L(t)$ -- коэффициент диффузии, в общем случае зависящий от времени, $Q(t)$ – мощность источника или стока.

Автомодельное уравнение можно получить при помощи следующих соотношений:

$$\omega = t^a \hat{\Omega}(\eta); \quad \eta = t^b r; \quad K_L = K_0 t^\gamma; \quad Q(t) = Q_0 t^\beta.$$

Оно имеет, с учетом $\Lambda = Q(t)/K_L(t)$, следующий вид:

$$\frac{d^2\hat{\Omega}}{d\eta^2} + \left(\frac{1-\Lambda}{\eta} - \mathrm{Re}\, b\eta\right)\frac{d\hat{\Omega}}{d\eta} - \mathrm{Re}\, a\hat{\Omega} = 0. \qquad (1)$$

(1) дополняется граничными условиями:

$$\hat{\Omega}(0) = 1, \qquad \hat{\Omega}(\eta) \to \frac{1}{\eta^\alpha}, \quad \eta \to \infty, \qquad \alpha > 1.$$

Второе из граничных условий эквивалентно конечности кинетической энергии вращательного движения:

$$\int_0^\infty V_\theta^2 r dr = Const.$$

Общее решение (1) имеет вид:

$$\hat{\Omega} = C_1 \eta^{\left(\frac{\Lambda}{2}-1\right)} M\left(\frac{\Lambda}{4}+\frac{3}{2},\frac{\Lambda}{4},\frac{\mathrm{Re}(1+\gamma)\eta^2}{4}\right)\exp\left(-\frac{\mathrm{Re}(1+\gamma)\eta^2}{8}\right)+$$

$$+C_2 \eta^{\left(\frac{\Lambda}{2}-1\right)} W\left(\frac{\Lambda}{4}+\frac{3}{2},\frac{\Lambda}{4},\frac{\mathrm{Re}(1+\gamma)\eta^2}{4}\right)\exp\left(-\frac{\mathrm{Re}(1+\gamma)\eta^2}{8}\right),$$

где M, W – функции Уиттекера. Однако удобнее его представить в виде ряда:

$$\hat{\Omega} = \sum_k^\infty A_k \eta^{k-1}, \qquad \text{k=1,3,...}$$

$$A_{k+2} = -\frac{\mathrm{Re}(k+n)}{(k+1)(k+1-\Lambda)}\frac{1+\gamma}{2}A_k.$$

Расширим понятие компактности. Будем считать вихрь компактным при условии:

$$V_\theta^c = \frac{Const}{r^\alpha}, \qquad \alpha > 1, \qquad r >> 1.$$

Физический смысл этого условия раскрывает выражение для кинетической энергии:

$$E_k^c = \int_{r_0}^\infty r^{-2\alpha+1} dr = \frac{r_0^{1-\alpha}}{2(\alpha-1)},$$

означающее выполнение закона сохранения энергии: диффундируя, энергия вращения (вихря) конечна в произвольный момент времени. Индекс c в обозначениях скорости и энергии введены для их отличия от обычных величин. Это асимптоты, с которыми сравнивается соответствующие величины скорости и энергии. Мерой компактности может служить интеграл завихренности:

$$Int(r) = \int_0^r \omega_z r dr = V_\theta r.$$

Для потенциального течения $Int(r) = Const$. Если $|Int(r)|$ убывает с ростом радиальной координаты, то это означает более быстрое, чем в потенциальном течении, затухание поля скорости, что эквивалентно компактности вихря и, как отмечено выше, конечности его кинетической энергии.

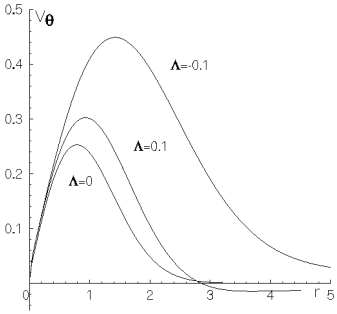


Рис. 1. Азимутальная скорость.

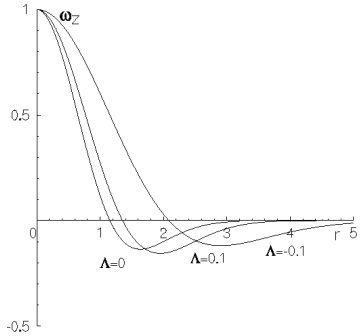


Рис. 2 . Завихренность.

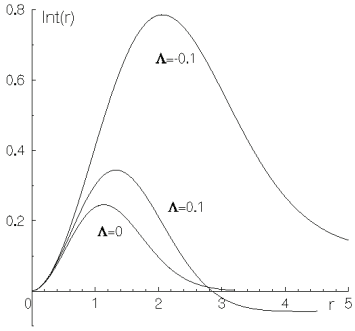


Рис.3. Функция компенсированности

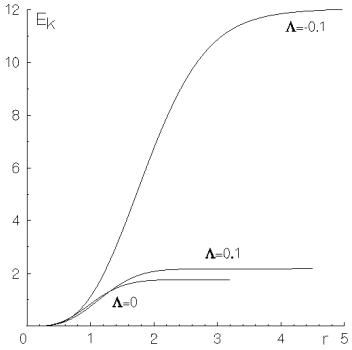


Рис. 4. Кинетическая энергия вращения

На рис. 1-4 показаны соответствующие величины для малых значений Λ – как положительных, так и отрицательных.

Выводы

Сформулирована и решена задача диффузии завихренности вихреисточника или вихрестока, имеющего конечную кинетическую энергию вращения. Найдено автомодельное решение. Понятие компактности вихря расширено. Вместо экспоненциального убывания с ростом радиальной координаты, предложено считать компактным также такой вихрь, у которого поле скорости убывает быстрее, чем у точечного вихря.

Список литературы

1. *Лукьянов П.В.* Квазикомпактные вихреисточник и вихресток.// Прикладна гідромеханіка. 2012. № 2. С. 23–28

УДК 532.5; 551.465

П.В. Лукьянов, к.ф.-м.н. (Институт гидромеханики НАН Украины)

ЧИСЛЕННАЯ МОДЕЛЬ ДИНАМИКИ КОМПАКТНОГО ВИХРЯ В ОБЛАСТИ С КРИВОЛИНЕЙНОЙ ТОПОГРАФИЕЙ ДНА

В докладе приведена математическая постановка, – уравнения и граничные условия,– модели, способной описывать динамику компактных вихревых структур. При этом учитываются планетарное вращение, турбулентная вертикальная и горизонтальная диффузия, топография дна и ветровое воздействие, задаваемое через приповерхностное дрейфовое течение.

Система уравнений , описываемых указанное движение в криволинейных координатах (ξ,η,ζ) имеет следующий вид [1]:

$$\frac{\partial V_x}{\partial t}+V_x\left(\frac{\partial V_x}{\partial \xi}+\frac{\partial V_x}{\partial \zeta}\frac{\partial \zeta}{\partial x}\right)+V_y\frac{\partial V_x}{\partial \eta}+\mathrm{Fr}_v^2V_z\frac{\partial V_x}{\partial \zeta}\frac{\partial \zeta}{\partial z}=-\left(\frac{\partial p}{\partial \xi}+\frac{\partial p}{\partial \zeta}\frac{\partial \zeta}{\partial x}\right)+\frac{1}{\mathrm{Ro}}V_y+$$
$$+\frac{1}{\mathrm{Re}_h}\left(\left[\frac{\partial^2V_x}{\partial \xi^2}+\frac{\partial^2V_x}{\partial \xi\partial \zeta}\frac{\partial \zeta}{\partial x}+\frac{\partial^2V_x}{\partial \eta^2}\right]+\left[\frac{\partial^2V_x}{\partial \xi\partial \zeta}+\frac{\partial^2V_x}{\partial \zeta^2}\frac{\partial \zeta}{\partial x}+\frac{\partial V_x}{\partial \zeta}\frac{\partial}{\partial \zeta}\left(\frac{\partial \zeta}{\partial x}\right)\right]\frac{\partial \zeta}{\partial x}\right)+$$
$$+\frac{1}{\mathrm{Re}_v\delta^2}\left[\frac{\partial^2V_x}{\partial \zeta^2}\frac{\partial \zeta}{\partial x}+\frac{\partial V_x}{\partial \zeta}\frac{\partial}{\partial \zeta}\left(\frac{\partial \zeta}{\partial z}\right)\right]\frac{\partial \zeta}{\partial z}, \qquad (1)$$

$$\frac{\partial V_y}{\partial t}+V_x\left(\frac{\partial V_y}{\partial \xi}+\frac{\partial V_y}{\partial \zeta}\frac{\partial \zeta}{\partial x}\right)+V_y\frac{\partial V_y}{\partial \eta}+\mathrm{Fr}_v^2V_z\frac{\partial V_y}{\partial \zeta}\frac{\partial \zeta}{\partial z}=-\frac{\partial p}{\partial \eta}-\frac{1}{\mathrm{Ro}}V_x+$$
$$+\frac{1}{\mathrm{Re}_h}\left(\left[\frac{\partial^2V_y}{\partial \xi^2}+\frac{\partial^2V_y}{\partial \xi\partial \zeta}\frac{\partial \zeta}{\partial x}+\frac{\partial^2V_y}{\partial \eta^2}\right]+\left[\frac{\partial^2V_x}{\partial \xi\partial \zeta}+\frac{\partial^2V_y}{\partial \zeta^2}\frac{\partial \zeta}{\partial x}+\frac{\partial V_y}{\partial \zeta}\frac{\partial}{\partial \zeta}\left(\frac{\partial \zeta}{\partial x}\right)\right]\frac{\partial \zeta}{\partial x}\right)+$$
$$+\frac{1}{\mathrm{Re}_v\delta^2}\left[\frac{\partial^2V_y}{\partial \zeta^2}\frac{\partial \zeta}{\partial x}+\frac{\partial V_y}{\partial \zeta}\frac{\partial}{\partial \zeta}\left(\frac{\partial \zeta}{\partial z}\right)\right]\frac{\partial \zeta}{\partial z}, \qquad (2)$$

$$\mathrm{Fr}_v^2\delta^2\left(\delta\frac{\partial V_z}{\partial t}+V_x\left(\frac{\partial V_z}{\partial \xi}+\frac{\partial V_z}{\partial \zeta}\frac{\partial \zeta}{\partial x}\right)+V_y\frac{\partial V_z}{\partial \eta}+\mathrm{Fr}_v^2V_z\frac{\partial V_z}{\partial \zeta}\frac{\partial \zeta}{\partial z}\right)=-\frac{\partial p}{\partial \zeta}\frac{\partial \zeta}{\partial z}+b+$$
$$+\frac{\mathrm{Fr}_v^2}{\mathrm{Re}_h}\left(\left[\frac{\partial^2V_z}{\partial \xi^2}+\frac{\partial^2V_z}{\partial \xi\partial \zeta}\frac{\partial \zeta}{\partial x}+\frac{\partial^2V_z}{\partial \eta^2}\right]+\left[\frac{\partial^2V_z}{\partial \xi\partial \zeta}+\frac{\partial^2V_z}{\partial \zeta^2}\frac{\partial \zeta}{\partial x}+\frac{\partial V_z}{\partial \zeta}\frac{\partial}{\partial \zeta}\left(\frac{\partial \zeta}{\partial x}\right)\right]\frac{\partial \zeta}{\partial x}\right)+$$
$$+\frac{1}{\mathrm{Re}_v\delta^2}\left[\frac{\partial^2V_z}{\partial \zeta^2}\frac{\partial \zeta}{\partial x}+\frac{\partial V_z}{\partial \zeta}\frac{\partial}{\partial \zeta}\left(\frac{\partial \zeta}{\partial z}\right)\right]\frac{\partial \zeta}{\partial z}, \qquad (3)$$

$$\frac{\partial V_x}{\partial \xi}+\frac{\partial V_y}{\partial \eta}+\mathrm{Fr}_v^2\frac{\partial V_z}{\partial \zeta}\frac{\partial \zeta}{\partial z}=0, \qquad (4)$$

$$\frac{\partial b}{\partial t}+V_x\left(\frac{\partial b}{\partial \xi}+\frac{\partial b}{\partial \zeta}\frac{\partial \zeta}{\partial x}\right)+V_y\frac{\partial b}{\partial \eta}+\mathrm{Fr}_v^2 V_z\frac{\partial b}{\partial \zeta}\frac{\partial \zeta}{\partial z}-\frac{\partial S}{\partial \zeta}\frac{\partial \zeta}{\partial z}V_z=$$

$$=\frac{1}{\mathrm{Sc}}\left\{\frac{1}{\mathrm{Re}_h}\left(\left[\frac{\partial^2 b}{\partial \xi^2}+\frac{\partial^2 b}{\partial \xi \partial \zeta}\frac{\partial \zeta}{\partial x}+\frac{\partial^2 b}{\partial \eta^2}\right]+\right.\right. \tag{5}$$

$$\left.\left.+\left[\frac{\partial^2 b}{\partial \xi \partial \zeta}+\frac{\partial^2 b}{\partial \zeta^2}\frac{\partial \zeta}{\partial x}+\frac{\partial b}{\partial \zeta}\frac{\partial}{\partial \zeta}\left(\frac{\partial \zeta}{\partial x}\right)\right]\frac{\partial \zeta}{\partial x}+\frac{1}{\mathrm{Re}_v\delta^2}\left[\frac{\partial^2}{\partial \zeta^2}\frac{\partial \zeta}{\partial x}+\frac{\partial b}{\partial \zeta}\frac{\partial}{\partial \zeta}\left(\frac{\partial \zeta}{\partial z}\right)\right]\right\}\frac{\partial \zeta}{\partial z},$$

Численный алгоритм основан на конечно-разностном методе с использованием метода «вверх по течению», одномерных прогонок после расщепления по пространственным переменным и, наконец, стандартной схемы коррекции давления. Конечно-разностные аналоги уравнений (1–3,5) имеют вид:

$$U_{i,j,k}\left[1+\Delta t\frac{|U_0|}{\Delta \xi}+\frac{|V_0|}{\Delta \eta}+\frac{|\Phi_{10}|}{\Delta \zeta(i)}+\frac{2\Delta t}{\mathrm{Re}_h}\left(\frac{1}{(\Delta \xi)^2}+\frac{1}{(\Delta \eta)^2}\right)+\frac{2\Delta t\Phi_{20}}{\mathrm{Re}_v\delta^2(\Delta \eta(i))^2}\right]=$$

$$=-\Delta t\left(\frac{\partial p}{\partial \xi}+\frac{\partial p}{\partial \zeta}\frac{\partial \zeta}{\partial x}\right)+U_0+\frac{\Delta t}{\mathrm{Re}_h}\left[\frac{U_{i+1,j,k}-U_{i-1,j,k}}{(\Delta \xi)^2}+\frac{U_{i+1,j,k}-U_{i-1,j,k}}{(\Delta \eta)^2}\right)+\left(\frac{\partial \zeta}{\partial x}\right)_i^2\times$$

$$\times\left(\frac{U_{i,j,k+1}-U_{i,j,k-1}}{(\Delta \zeta)^2}\right)^2++2\left(\frac{\partial \zeta}{\partial x}\right)_i\left(U_{i+1,j,k+1}+U_{i-1,j,k-1}-U_{i-1,j,k+1}-U_{i+1,j,k-1}\right)\Bigg]+$$

$$+\frac{\Delta t}{\mathrm{Re}_v\delta^2}\left(\frac{\partial \zeta}{\partial x}\right)_i^2\left(\frac{U_{i,j,k+1}+U_{i,j,k-1}}{(\Delta \zeta)_i^2}\right)+\Delta t\left\{\frac{|U_0|}{\Delta \xi}\left[H(U_0)U_{i-1,j,k}+H(-U_0)U_{i+1,j,k}\right]+\right.$$

$$+\frac{\Delta t}{\mathrm{Ro}}V_0\frac{|V_0|}{\Delta \eta}\left[H(V_0)U_{i-1,j,k}+H(-V_0)U_{i+1,j,k}\right]$$

$$\left.+\frac{|\Phi_{10}|}{(\Delta \zeta)_i}\left[H(\Phi_{10})U_{i,j,k-1}+H(-\Phi_{10})U_{i,j,k+1}\right]\right\},$$

$$V_{i,j,k}\left[1+\Delta t\frac{|U_0|}{\Delta \xi}+\frac{|V_0|}{\Delta \eta}+\frac{|\Phi_{10}|}{\Delta \zeta(i)}+\frac{2\Delta t}{\mathrm{Re}_h}\left(\frac{1}{(\Delta \xi)^2}+\frac{1}{(\Delta \eta)^2}\right)+\frac{2\Delta t\Phi_{20}}{\mathrm{Re}_v\delta^2(\Delta \zeta(i))^2}\right]=-\Delta t\frac{\partial p}{\partial \eta}$$

$$+V_0+\frac{\Delta t}{\mathrm{Re}_h}\left[\frac{V_{i+1,j,k}-V_{i-1,j,k}}{(\Delta \xi)^2}+\frac{V_{i+1,j,k}-V_{i-1,j,k}}{(\Delta \eta)^2}\right)+\left(\frac{\partial \zeta}{\partial x}\right)_i^2\left(\frac{V_{i,j,k+1}-V_{i,j,k-1}}{(\Delta \zeta)^2}\right)^2+$$

$$+2\left(\frac{\partial \zeta}{\partial x}\right)_i\left(V_{i+1,j,k+1}+V_{i-1,j,k-1}-V_{i-1,j,k+1}-V_{i+1,j,k-1}\right)\Bigg]+\frac{\Delta t}{\mathrm{Re}_v\delta^2}\left(\frac{\partial \zeta}{\partial x}\right)_i^2\times$$

$$\times\left(\frac{V_{i,j,k+1}+V_{i,j,k-1}}{(\Delta\zeta)_i^2}\right)-\frac{\Delta t}{\mathrm{Ro}}U_0+\frac{|\Phi_{10}|}{(\Delta\zeta)_i}\left[H(\Phi_{10})V_{i,j,k-1}+H(-\Phi_{10})V_{i,j,k+1}\right]\Bigg\}+$$

$$+\Delta t\left\{\frac{|U_0|}{\Delta\xi}\left[H(U_0)V_{i-1,j,k}+H(-U_0)V_{i+1,j,k}\right]+\frac{|V_0|}{\Delta\eta}\left[H(V_0)V_{i-1,j,k}+H(-V_0)V_{i+1,j,k}\right]+,\right.$$

$$W_{i,j,k}\left[1+\Delta t\frac{|U_0|}{\Delta\xi}+\frac{|V_0|}{\Delta\eta}+\frac{|\Phi_{10}|}{\Delta\zeta(i)}+\frac{2\Delta t}{\mathrm{Re}_h}\left(\frac{1}{(\Delta\xi)^2}+\frac{1}{(\Delta\eta)^2}\right)+\frac{2\Delta t\Phi_{20}}{\mathrm{Re}_v\,\delta^2(\Delta\zeta(i))^2}\right]=$$

$$=-\Delta t\frac{\partial p}{\partial\zeta}\frac{\partial\zeta}{\partial z}+W_0+\Delta tb+\frac{\Delta t}{\mathrm{Re}_h}\left[\frac{W_{i+1,j,k}-W_{i-1,j,k}}{(\Delta\xi)^2}+\frac{W_{i+1,j,k}-W_{i-1,j,k}}{(\Delta\eta)^2}\right)+\left(\frac{\partial\zeta}{\partial x}\right)_i^2\times$$

$$\times\left(\frac{W_{i,j,k+1}-W_{i,j,k-1}}{(\Delta\zeta)^2}\right)^2+\frac{|\Phi_{10}|}{(\Delta\zeta)_i}\left[H(\Phi_{10})W_{i,j,k-1}+H(-\Phi_{10})W_{i,j,k+1}\right]\Bigg\}+$$

$$+2\left(\frac{\partial\zeta}{\partial x}\right)_i\left(W_{i+1,j,k+1}+W_{i-1,j,k-1}-W_{i-1,j,k+1}-W_{i+1,j,k-1}\right)\Bigg]+$$

$$+\frac{\Delta t}{\mathrm{Re}_v\,\delta^2}\left(\frac{\partial\zeta}{\partial x}\right)_i^2\left(\frac{W_{i,j,k+1}+W_{i,j,k-1}}{(\Delta\zeta)_i^2}\right)+$$

$$+\Delta t\left\{\frac{|U_0|}{\Delta\xi}\left[H(U_0)W_{i-1,j,k}+H(-U_0)W_{i+1,j,k}\right]+\frac{|V_0|}{\Delta\eta}\left[H(V_0)W_{i-1,j,k}+H(-V_0)W_{i+1,j,k}\right],\right.$$

$$b_{i,j,k}\left[1+\Delta t\frac{|U_0|}{\Delta\xi}+\frac{|V_0|}{\Delta\eta}+\frac{|\Phi_{10}|}{\Delta\zeta(i)}+\frac{2\Delta t}{\mathrm{Re}_h}\left(\frac{1}{(\Delta\xi)^2}+\frac{1}{(\Delta\eta)^2}\right)+\frac{2\Delta t\Phi_{20}}{\mathrm{Re}_v\,\delta^2(\Delta\zeta(i))^2}\right]=$$

$$=-\Delta t\frac{W_o}{\mathrm{Fr}_v^2}\frac{\partial S(\zeta)}{\partial\zeta}\frac{\partial\zeta}{\partial z}+b_0+\Delta tb+\frac{\Delta t}{\mathrm{Re}_h\,\mathrm{Sc}}\left[\frac{b_{i+1,j,k}-b_{i-1,j,k}}{(\Delta\xi)^2}+\frac{b_{i+1,j,k}-b_{i-1,j,k}}{(\Delta\eta)^2}\right)+\left(\frac{\partial\zeta}{\partial x}\right)_i^2\times$$

$$\times\left(\frac{b_{i,j,k+1}-b_{i,j,k-1}}{(\Delta\zeta)^2}\right)^2+\frac{|\Phi_{10}|}{(\Delta\zeta)_i}\left[H(\Phi_{10})b_{i,j,k-1}+H(-\Phi_{10})b_{i,j,k+1}\right]\Bigg\}+$$

$$+2\left(\frac{\partial\zeta}{\partial x}\right)_i\left(b_{i+1,j,k+1}+b_{i-1,j,k-1}-b_{i-1,j,k+1}-b_{i+1,j,k-1}\right)\Bigg]+$$

$$+\frac{\Delta t}{\mathrm{Re}_v\,\delta^2}\left(\frac{\partial\zeta}{\partial x}\right)_i^2\left(\frac{b_{i,j,k+1}+b_{i,j,k-1}}{(\Delta\zeta)_i^2}\right)+$$

$$+\Delta t\left\{\frac{|U_0|}{\Delta\xi}\left[H(U_0)b_{i-1,j,k}+H(-U_0)b_{i+1,j,k}\right]+\frac{|V_0|}{\Delta\eta}\left[H(V_0)b_{i-1,j,k}+H(-V_0)b_{i+1,j,k}\right],\right.$$

Удовлетворение уравнения неразрывности сводится к решению уравнения Пуассона коррекции давления, которое имеет следующий вид:

$$\frac{\partial^2 p'}{\partial\xi^2}+\frac{\partial^2 p'}{\partial\zeta^2}\left(\frac{\partial\zeta}{\partial x}\right)^2+\frac{\partial^2 p'}{\partial\eta^2}+\frac{\partial^2 p'}{\partial\zeta^2}\left(\frac{\partial\zeta}{\partial z}\right)^2+\frac{\partial^2 p'}{\partial\zeta\partial\xi}\frac{\partial\zeta}{\partial x}+\frac{\partial p'}{\partial\zeta}\frac{\partial}{\partial\zeta}\left(\frac{\partial\zeta}{\partial x}\right)\frac{\partial\zeta}{\partial x}=$$

$$=\frac{1}{\Delta t}\left(\frac{\partial U^0}{\partial\xi}+\frac{\partial U^0}{\partial\zeta}\frac{\partial\zeta}{\partial x}+\frac{\partial V^0}{\partial\eta}+\frac{\partial W^0}{\partial\zeta}\frac{\partial\zeta}{\partial z}\right),$$

$$\frac{p'_{i+1,j,k}+p'_{i-1,j,k}}{(\Delta\xi)^2}+\frac{p'_{i,j+1,k}+p'_{i,j-1,k}}{(\Delta\eta)^2}+\frac{p'_{i,j,k+1}+p'_{i,j,k-1}}{(\Delta\zeta)^2}\left[\left(\frac{\partial\zeta}{\partial x}\right)^2+\left(\frac{\partial\zeta}{\partial z}\right)^2\right]-$$

$$-\frac{p'_{i+1,j,k+1}-p'_{i-1,j,k+1}-p'_{i+1,j,k-1}+p'_{i-1,j,k-1}}{4\Delta\xi\Delta\zeta}-\left[\frac{1}{(\Delta\xi)^2}+\frac{1}{(\Delta\eta)^2}+\right.$$

$$\left.+\frac{\left(\frac{\partial\zeta}{\partial x}\right)^2+\left(\frac{\partial\zeta}{\partial x}\right)^2}{(\Delta\zeta)^2}+\frac{\left(\frac{\partial\zeta}{\partial x}\right)^2+\left(\frac{\partial\zeta}{\partial x}\right)^2}{(\Delta\zeta)^2}\right]2p'_{i,j,k}$$

$$=\frac{1}{\Delta t}\left(\frac{U^0_{i+1,j,k}-U^0_{i-1,j,k+1}}{2\Delta\xi}+\frac{U^0_{i,j,k+1}-U^0_{i,j,k-1}}{2\Delta\zeta}\frac{\partial\zeta}{\partial x}+\frac{V^0_{i,j+1,k}-V^0_{i,j-1,k+1}}{2\Delta\eta}+\right.$$

$$\left.+\frac{W^0_{i,j,k+1}-W^0_{i,j,k-1}}{2\Delta\zeta}\frac{\partial\zeta}{\partial z}\right).$$

Выводы

Приведена математическая модель, позволяющая описывать динамику компактных вихрей в области с изменяющейся топографией, заполненной устойчиво стратифицированной жидкостью. Ограничением является относительная малость вертикального масштаба по сравнению с горизонтальным. Устойчивость течений наблюдается при значении этого параметра порядка 0.01 и меньше. Численная схема позволяет производить расчеты на ЛК.

Список литературы

1. *Лукьянов П.В.* Динамика компактного вихря в зоне прибрежного шельфа // Морской гидрофизический журнал. 2013, №1. С.21–33.

UDC 533.63

Ph.D.Phys.-Math. Petro V. Lukianov, Senior Researcher of the Department of Hydroacoustics (Institute of Hydromechanics NAS of Ukraine,Ukraine)

SOUND – VISCOUS FLOW SEPARATION MODEL

In order to answer important questions a new alternative physical model for separation sound generated aerodynamically is offered. This model is a consequence of Cauchy-Helholtz theorem application.With use of this model a system of three equations for sound generation by viscous non-stationary heat-conducting flow has been obtained. The approach is of second order accuracy and it directly shows that back influence of sound at the flow is negligible.

However, these systems of equations (cases 1) and 2)) do not simulate noise directly because sound components have not been separated from overall flow yet. Before performing the separation procedure one must pay attention to the following. In paper [4] the author means that for separated flow, the only small perturbations of velocity taken into account are those for pure generated sound. Indeed flow perturbations do not include only sound. Turbulent pulsations,and local flow inhomogeneities are also present. But there is no way of decomposing different sources of flux [6] yet. Thus let us use the approach of sound separation of the above paper [4]: we suppose that $\vec{V}+\vec{V}', \rho+\rho'$ include all unsteady effects of velocity field and density. Only $\vec{V}', \rho'$ are sound perturbations; the rest of $\vec{V}, \rho$ are whole velocity and whole density without sound components. *This is the main difference of the above approach from any other attempts to simulate sound generated by complex flow.*

Let's substitute disturbed variables $\rho+\rho', \vec{V}+\vec{V}', h+h'$ in equations (2),(5),(9). As a result one obtains:

$$\frac{\partial(\rho+\rho')}{\partial t}+div((\rho+\rho')(\vec{V}+\vec{V}'))=0\,, \tag{13}$$

$$(\rho+\rho')\frac{d}{d}(h+h'+\frac{(\vec{V}+\vec{V}')^2}{2})=(\rho+\rho')\vec{F}\cdot(\vec{V}+\vec{V}')+\frac{\partial(p+p')}{\partial t}+$$

$$+div(2\cdot(\mu+\mu')\nabla(\frac{(\vec{V}+\vec{V}')^2}{2}-\frac{1}{2}(\vec{V}+\vec{V}')\times(\nabla\times(\vec{V}+\vec{V}'))-\frac{2}{3}\mu(\vec{V}+\vec{V}')\times \tag{14}$$

$$\times div(\vec{V}+\vec{V}')+\frac{\mu}{\sigma}\nabla(h+h')$$

$$\frac{\partial^2(\rho+\rho')}{\partial t^2}-a^2\Delta(\rho+\rho')=div((\rho+\rho')(\nabla\frac{(\vec{V}+\vec{V}')^2}{2}+(\nabla\times(\vec{V}+\vec{V}'))\times$$

$$\times(\vec{V}+\vec{V}')+div((\vec{V}+\vec{V}')\times div((\rho+\rho')(\vec{V}+\vec{V}')))+\nabla a^2\cdot\nabla(\rho+\rho')- \tag{15}$$

$$-div(\rho+\rho')\vec{F}+\frac{2}{3}\Delta(\mu div(\vec{V}+\vec{V}'))-2div(Div\mu(\dot{S}+\dot{S}'))$$

Then the equations (2),(5),(9) are subtracted from (13)-(15) respectively. After

omitting small values of second order (and smaller ones) we have as a result:

$$\frac{\partial \rho'}{\partial t} + \rho \vec{V}' + \vec{V}' \cdot \nabla \rho + \rho' div \vec{V} + \vec{V} \cdot \nabla \rho' = 0 \tag{16}$$

$$\rho \frac{d}{dt}(h' + \vec{V}\vec{V}') + \rho' \frac{d}{dt}(h + \vec{V}^2) = (\rho \vec{V}' + \rho' \vec{V})\vec{F} + div(2\mu \nabla(\vec{V}\vec{V}')) -$$
$$-\frac{1}{2}(\vec{V} \times (\nabla \times \vec{V}') + \vec{V}' \times (\nabla \times \vec{V}) - \frac{2}{3}\mu(\vec{V} div \vec{V}' + \vec{V}' div \vec{V}) + \frac{\mu}{\sigma}\nabla h' + a^2 \frac{\partial \rho'}{\partial t} \tag{17}$$

$$\frac{\partial^2 \rho'}{\partial t^2} - a^2 \Delta \rho' = div[\rho(\nabla \vec{V}\vec{V}') + \rho'(\nabla(\frac{\vec{V}^2}{2}) + \vec{V}\vec{V}') + \rho \cdot ((\nabla \times \vec{V}) \times \vec{V}' +$$
$$+(\nabla \times \vec{V}') \times \vec{V}) + \rho' \cdot (\nabla \times \vec{V}) \times \vec{V}] + div[\vec{V} \cdot div(\rho \vec{V}' + \rho' \vec{V})]' + div[\vec{V}' div \rho \vec{V})] + \tag{18}$$
$$+\nabla a^2 \cdot \nabla \rho' - div \rho' \vec{F} + \frac{2}{3}\Delta(\mu div \vec{V}') - 2div(Div \mu \dot{S}')$$

In the equation (17) the relation $\frac{\partial p'}{\partial t} = a^2 \frac{\partial \rho'}{\partial t}$ has been used (see [5]).This relation can be deduced by use of invariant property of the first differential. The reader has already noticed that during deduction of the equation (18) viscosity μ was not varied as was done with parameters $\rho, \vec{V}, h$ .Why? Physicists know that viscosity is a special property of the medium and it does not depend on pressure, density, but only depends on temperature. Hence, so long as sound is only small fluctuations of pressure tension and compression, a small change of pressure leaves μ almost unchanged. Furthermore viscosity is a function of temperature at every point of space [3]:

$$\mu = \frac{const \cdot T^{3/2}}{T + C}, \qquad C \approx 122 \text{ (air)} \tag{19}$$

Secondly, one should understand and remember that every term with viscosity μ only furthers sound fading but not in any way its generation or magnification. However, for the whole flow the effect of viscosity damping can not be ignored because of its rather sharp increase with temperature growth as $T^{3/2}$ (see equation (19)).Thus we have a system of three equations (16),(17),(18) where five components are present: $\vec{V}', \rho', h'$. The system is not mathematically closed ("redundant"): the number of unknowns is more than the number of equations.

However, it is should be mentioned that during flux-rigid boundary (fan blade, jet stator) interaction all components of whole flux take part in sound generation process: the kinetic energy of flux, and value of the velocity are changing during the interaction. In this complex process whole internal energy (potential, kinetic, and heat energy) of such a complex system is in mutual transformation. That is why Lighthill left the terms with viscosity in the right side of inhomogeneous wave equation [1], as is done here.

Generated sound is a small perturbation part of rate-of-strain tensor e_{ij} . It is known [7] from classical mechanics of liquid that any velocity field can be

represented as:

$$\vec{V} = \vec{V}_p + \nabla(\frac{1}{2}D) + \frac{1}{2}\omega_p \times \vec{r}\ ,\ \text{or [8]: } v_i(\bar{x}) + \frac{\partial}{\partial r_i}(\frac{1}{2}r_j r_k e_{jk}) + \varepsilon_{ijk}\omega_j r_k \qquad \text{(20a), (20b)}$$

The right side of (20a) or (20b) contains three type of above mentioned motions: a) uniform translation with velocity $v_i(\bar{x})$,b) a pure straining motion characterized by the rate-of-strain tensor e_{ij} (or D), which itself may be decomposed into an isotropic expansion and a straining motion without change of volume, and a (or D),c) a rigid-body rotation with angular velocity $\omega/2$.

So, following the just-described ideas, let us take in the capacity of $\vec{V}'$ only that part of small disturbances which is compression-relaxation, that is a part straining motion (b) velocity. Then the rest of velocity (without small perturbation $\vec{V}'$) remains in $\vec{V}$. Really at every moment, in spite of complexity of flow, sound is defined by components of rate-of-strain tensor e_{ij}

which is responsible for compression-relaxation of the elementary liquid volume. Everything else is not sound but factors which spread, fade and convectively increase sound.

On the base of Cauchy-Helmholtz theorem one can represent velocity perturbation as $\vec{V}' = \nabla\varphi$ because in the equations (20a), (20b) such a tension-compression term (b) is included as gradient function. Thus the velocity of unsteady perturbed motion could be represented as $\vec{V} + \nabla\varphi$.

Now the system of equations (16), (17), (18) is rewritten as follows:

$$\frac{\partial\rho'}{\partial t} + \rho\nabla^2\varphi + \nabla\varphi\cdot\nabla\rho + \rho' div\vec{V} + \vec{V}\cdot\nabla\rho' = 0 \qquad (21)$$

$$\rho\frac{d}{dt}(h' + \vec{V}\nabla\varphi) + \rho'\frac{d}{dt}(h + \vec{V}^2) = (\rho\nabla\varphi + \rho'\vec{V})\vec{F} + a^2\frac{\partial\rho'}{\partial t} + div(2\mu\nabla(\vec{V}\cdot\nabla\varphi)) -$$

$$-\frac{1}{2}(\vec{V}\times(\nabla\times\nabla\varphi) + \nabla\varphi\times(\nabla\times\vec{V}) - \frac{2}{3}\mu(\vec{V}\cdot\nabla^2\varphi + \nabla\varphi\cdot div\vec{V}) + \frac{\mu}{\sigma}\nabla h'] \qquad (22)$$

$$\frac{\partial^2\rho'}{\partial t^2} - a^2\Delta\rho' = div[\rho(\nabla(\vec{V}\nabla\varphi)) + \rho'(\nabla(\frac{\vec{V}^2}{2}) + \vec{V}\nabla\varphi) + \rho\cdot(\nabla\times\vec{V})\times\nabla\varphi] +$$

$$+div[\vec{V}\cdot div(\rho\nabla\varphi + \rho'\vec{V})] + div[\nabla\varphi div\rho\vec{V})] + \nabla a^2\cdot\nabla\rho' - div\rho'\vec{F} + \frac{2}{3}\Delta(\mu\Delta\varphi) - \qquad (23)$$

$$-2div(Div\mu\dot{S}')$$

The equations (21),(22),(23) constitute a closed system for the variables φ, ρ', h' . In order to solve the problem of acoustics one first needs to solve the fluid dynamics problem. Having all hydrodynamic variables one can solve the system of equations (21),(22),(23) for sound field variables φ, ρ', h' .

There are two more questions which have to be considered. The first one is: how precise will sound field calculation be if one uses (21),(22),(23)? Really the system of equations contains variables which are obtained from the preliminary solution of a non-linear hydromechanics problem. However, the equations (21),(22),(23) include the same variables except for small disturbances φ, ρ', h' which are the sound part. If we introduce overall variables $\vec{V}+\varphi, \rho+\rho', h+h'$ into the equations (21),(22),(23) instead of $\vec{V}, \rho, h$ we will get additional small terms of second order with φ, ρ', h'. However, this is a preciseness to which the system of equation has been reduced. That is why substitution of complete variables without sound perturbation separation is justified. Moreover, the analysis answers the second main question: why should back sound influence on the flow not be taken into consideration? The answer is that it is negligible. Generated sound doesn't almost change the main hydrodynamical parameters of flow. For that reason Lighthill wrote that the generated sound did not influence the sound flow in such a way that the flow could change. The question of back influence of sound on the flow was considered in a paper by Chu and Kovagny [9]. It was discovered that sound field could generate vorticity by means of interaction of second order. Thus back influence of sound on the flow is too negligible to be taken into account.

Special cases

1. Viscous quasi-isoentropic flow

Let the gas be viscous but assume heat exchange can be omitted. In that case the equation (21) is the same but other equations (22),(23) are changed. Moreover, as the entropy is a function of molecular interaction that changes heat balance, it should be supposed that $dS/dt \approx 0$. If flow has no sharp changing of thermo-dynamical parameters, and the process is slow in comparison with sound generation at large velocity of flow, then the heat exchange process may not be taken into account. Let us do the same transformation of (10),(11) as we have already done with (4),(8).

As a result one obtains:

$$\frac{\partial S'}{\partial t} + (\vec{V}, \nabla S') + (\vec{V}', \nabla S) = 0, \tag{24}$$

$$\frac{\partial^2 \rho'}{\partial t^2} - a^2 \Delta \rho' = div[\rho(\nabla(\vec{V}\nabla\varphi)) + \rho'(\nabla(\frac{\vec{V}^2}{2}) + \vec{V}\nabla\varphi) + \rho \cdot (\nabla \times \vec{V}) \times \nabla\varphi +$$

$$+\rho' \cdot (\nabla \times \vec{V}) \times \vec{V}] + div[\vec{V} \cdot div(\rho\nabla\varphi + \rho'\vec{V})] + div[\nabla\varphi div\rho\vec{V})] + \nabla a^2 \cdot \nabla\rho' - \tag{25}$$

$$-div\rho'\vec{F} - \mu div(\Delta\nabla\varphi) - \frac{\mu}{3}\Delta^2\varphi$$

In order that the system of equations be mathematically closed one needs to add equation (21) because the number of variables has to be equal to the number of equations.

2. Inviscid isoentropic flow

In the case under consideration the system of sound generating and spreading consists of the equation (21) and the governing equation:

$$\frac{\partial^2 \rho'}{\partial t^2} - a^2 \Delta \rho' = div[\rho(\nabla(\vec{V}\nabla\varphi)) + \rho'(\nabla(\frac{\vec{V}^2}{2}) + \vec{V}\nabla\varphi) + \rho \cdot (\nabla \times \vec{V}) \times \nabla\varphi + \\ + \rho' \cdot (\nabla \times \vec{V}) \times \vec{V}] + div[\vec{V} \cdot div(\rho\nabla\varphi + \rho'\vec{V})] + div[\nabla\varphi div\rho\vec{V})] + \nabla a^2 \cdot \nabla\rho' \quad (26)$$

Thus three cases of inhomogeneous non-stationary flow have been considered.

References

1. A.T.Fedorchenko 2000. On some fundamental flaws in present aeroacoustic theory.Journal of Sound and Vibration .232(4),p.719-782.

2.Petr V. Lukianov 2007. A system of aeroacoustics equations for the medium with vorticity: common case,Acoustical symposium "Consonans-2007",Kiev,October 25-27,in Russian,p.163-168.

3. Putiata V.I.*, Sidliar M.M. Hydromechanics*.Kiev: Kiev University publishers, 1963.- 480p.

4. Lighthill M.J. On Sound Generated Aerodynamicly,I: General Theory.// Proceedings of the Royal Society.London.1952.211A, №1107.pp.564-587.

5. J.Serrin 1959},\emph{Mathematical principles of classical fluid mechanics}.Berlin-Gottingen-Heidelberg.

6. G.K.Batchelor,F.R.S 1970.An Introduction to Fluid Dynamics. Cambridge at the University Press.

7. Chu Boa-The and Leslie S.G. Kovasznay. Non-Linear Interactiona in viscous Heat- Conducting Gas.J.Fluid Mech.3,494-515.Oct.1957-Mar.1958.

8. H.W.Liepmann,A.Roshko 1957,Elements of gasodynamics. New York: J. Willey \& Sons,Inc.

9. Loitsiansky L.G. 1987.Fluid and gas mechanics*. Moscow: Science,840p.*

UDC 533.63

Ph.D.Phys.-Math. Petro V. Lukianov, Senior Researcherof the Department of Hydroacoustics (Institute of Hydromechanics NAS of Ukraine,Ukraine)

SOUND GENERATED AERODYNAMICALLY IN VISCOUS HEAT CONDUCTING MEDIUM: ANALYSIS OF EXISTING MODELS.

A short but comprehensive analysis of existing models of sound generated aerodynamically is presented. All the approaches are classified into two branches:1) Lighthill's acoustical analogy and its development,2) Blokhintsev's approach and its use for the aerodynamic sound simulation. This summarizes the contemporary state of affairs in this branch of acoustics.

Introduction

The problem of sound generated aerodynamically is very important for modern aircraft industry. The noise of propellers, turbines, nozzles of jets, and turbo-fans has negative influence on environment and people. Reduction of that influence is urgent nowadays because very often an attempt to diminish noise results in changing the aerodynamical properties of the air vehicle. Moreover, the analysis of papers on the theme shows that models used by scientists get more complex from over time to meet ICAO (International Civil Aviation Organization) demands which become more and more strict from year after year. The process is also connected with the development of the computer industry.

A complete list and analysis of every theoretical investigation of all aeroacoustical branches is beyond the scope of this paper. Let us consider only those approaches that concern sound generation and spreading in a viscous medium. The appearance and development of these models are connected with design and further improvement of jet and turbo-jet aircrafts. All publications concerning such models can be classified into two branches. The first one is Lighthill's [1] acoustical analogy and its further development. The second one is Blokhintsev's [2] approach for non viscous medium and its several extensions for viscous flow.

Until Lighthill's paper had been published many scientists supposed that sound generated aerodynamically could be simulated by vibrating the mechanical body, for instance, the vibrating plate. However, that approach was rejected in the 1920's. It turned out that simulation of propeller blade noise by means of a system of distributed sources (a classical theory of sound radiation) resulted in a wrong directivity diagram. After that a question arose: what was a real mechanism of sound generation? Somewhat later Lighthill [1] offered a new theory of sound generation,now-called Lighthill's acoustical analogy. The name of the theory was not given accidently because Lighthill offered very detailed description of sound generation by non-stationary flux.

Let us recollect the main fundamentals of the acoustical analogy:

- sound is generated by fluctuation of momentum in the flow; this is the principal difference from sound transduction (classical acoustics) and sound generated aerodynamically;

- the sound source is regarded to be located as quadrupoles;
- the medium where sound is spreading is treated as homogeneous everywhere except for the sound source localization domain;
- back sound influence on the flow is negligible.

The first and fourth of the concepts are unquestionable up to now. However, the second and third ones are not always satisfactory.

According to Lighthill's theory, as it was said above, the sound wave moves in a motionless medium. That theory regards the directivity diagram as convective amplification. However, the process of sound generation and spreading obviously depends on the properties of the inhomogeneous flow close to the sound source. If the inhomogeneous flow scale (for instance, jet size) is much greater than the sound wavelength then this wave is almost still in the medium. In the case there is no reason to speak about convective amplification. The Lighthill theory doesn't answer this question and several other ones. That was a reason for further study and development of the acoustical analogy.

Among the first known approaches of sound separation we must mention Blokhintsev's model [2]. That approach presumes that the medium is in steady state and sound is a small disturbance of "base" variables.

A choice of the flow model is very important to obtain the correct governing equations in acoustics. It is not difficult to understand that Blokhintsev's and Lighthill's models are close to each other physically: "base" flow is still (by Lighthill) or steady (by Blokhintsev). As the two approaches are pioneers in aeroacoustics, late-study of sound generated aerodynamically take the models as basic ones. Later researchers tried to "quieten" flow in order to separate sound. This is the main mistake: flow unsteadiness is a source of sound, so why "quieten" such a flux? In using this approach a genuine sound source is lost in inhomogeneous medium: the non-stationary flow itself is a source of generated sound during flow-rigid boundary interaction. In this connection the term "background" flow is senseless to use for such a type of non-stationary problems because the flow takes part in sound generation process.

In the next section one possible model is offered. The model has been born as a logical consequence of the just analyzed approaches.

System of equations for sound generated and spreading in viscous medium

In jet nozzles, gas flux is changed in the following way. First jet flow is cooled, but then it is sharply heated up to higher temperature. Thermodynamical laws maintain that the entropy of medium, hence the viscosity and sound velocity, are not constant. The most common case of such a medium is a Stokes gas [3]. A system of equations for such gas includes:

- Navier - Stokes equation:

$$\rho\frac{d\vec{V}}{dt} = \rho\vec{F} - \nabla(p + \frac{2}{3}\mu div\vec{V}) + 2Div(\mu\dot{S}) \qquad (1)$$

here $\dot{S}$, F - rate-of-strain tensor, mass forces respectively.

- continuity equation:

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + div(\rho \vec{V}) = 0 \tag{2}$$

- energy balance equation:

$$\rho \frac{d}{d}(CvT + \frac{V^2}{2}) = \rho \vec{F} \cdot \vec{V} + div(P\vec{V}) + \rho q \tag{3}$$

Equations (1) and (3) are rewritten in more suitable form:

$$\rho(\frac{\partial \vec{V}}{\partial t} + \nabla \frac{V^2}{2} + \vec{V} \times (\nabla \times \vec{V})) = \rho \vec{F} - \nabla p - \frac{2}{3}\nabla(\mu div \vec{V}) + 2Div(\mu \dot{S}) \tag{4}$$

$$\begin{aligned} &\rho \frac{d}{d}(h + \frac{V^2}{2}) = \rho \vec{F} \cdot \vec{V} + \frac{\partial p}{\partial t} + div(2\mu \cdot \nabla(\frac{V^2}{2} - \frac{1}{2}\vec{V} \times (\nabla \times \vec{V})) - \\ &-\frac{2}{3}\mu \vec{V} div \vec{V} + \frac{\mu}{\sigma}\nabla h) \end{aligned} \tag{5}$$

Then the approach of [4] for case of non-viscous medium is used. For the purpose equation (2) is multiplied to $\vec{V}$ and added to equation (19). In result one get:

$$\begin{aligned} &\vec{V}\frac{\partial}{\partial t}\rho \overline{v} + \rho(\nabla \frac{v^2}{2} + (\nabla \times \overline{v}) \times \overline{v}) + \overline{v} div \rho \overline{v} = -a^2 \nabla \rho + \rho \vec{F} - \\ &-\frac{2}{3}\nabla(\mu div \vec{V}) + 2Div(\mu \dot{S}) \end{aligned} \tag{6}$$

After the equation (2) has been differentiated by t and the operator div of (6) has been taken, one deduces new equations:

$$\frac{\partial^2 \rho}{\partial t^2} + div \frac{\partial}{\partial t}(\rho \overline{v}) = 0 \,,$$

(7)

$$\begin{aligned} &div(\frac{\partial}{\partial t}\rho \overline{v}) + div(\rho(\nabla \frac{v^2}{2} + (\nabla \times \overline{v}) \times \overline{v})) + div(\overline{v} div \rho \overline{v}) = -div(a^2 \nabla \rho) + div(\rho \vec{F}) - \\ &-div(\frac{2}{3}\nabla(\mu div \vec{V})) + 2div(Div(\mu \dot{S})) \end{aligned} \tag{8}$$

Let us subtract equation (8) from equation (7). Taking into account formulas of the operator analysis, we obtain:

$$\begin{aligned} &\frac{\partial^2 \rho}{\partial t^2} - a^2 \Delta \rho = div(\rho(\nabla \frac{v^2}{2} + (\nabla \times \overline{v}) \times \overline{v})) + div(\overline{v} div \rho \overline{v}) + \nabla a^2 \cdot \nabla \rho - \\ &-div \rho \vec{F} + \frac{2}{3}\Delta(\mu div \vec{V}) - 2div(Div(\mu \dot{S})) \end{aligned} \tag{9}$$

The equation differs from the equation of the above paper [4] by viscous components and mass forces. If viscosity of the medium is changeable then it cannot be taken out of the differential operator. In a jet nozzle, as has been already mentioned, sharp temperature gradients are present before flux leaves the nozzle. For that reason flow viscosity is changed. If one considers viscous gas with small temperature gradients, viscousity may approximately be regarded as a constant. In this case instead of the equation (4) one can use its simplified form (see [3],[5]):

$$\rho(\frac{\partial \vec{V}}{\partial t}+\nabla\frac{V^2}{2}+\frac{1}{2}\vec{V}\times(\nabla\times\vec{V})=\rho\vec{F}-\nabla p+\mu\Delta\vec{V}+\frac{\mu}{3}\nabla div\vec{V} \qquad (10)$$

Further, we do the same transformation with (10) as we have already done with the equation (4). As a result one obtains:

$$\frac{\partial^2\rho}{\partial t^2}-a^2\Delta\rho=div(\rho(\nabla\frac{v^2}{2}+(\nabla\times\overline{v})\times\overline{v}))+div(\overline{v}div\rho\overline{v})+\nabla a^2\cdot\nabla\rho-div\rho\vec{F}- \qquad (11)$$

$$-\mu div(\Delta\vec{V})-\frac{\mu}{3}\Delta div\vec{V}$$

If we say that heat losses may not be taken into consideration, then overall entropy will not be changed:

$$\frac{dS}{dt}=\frac{\partial S}{\partial t}+(\vec{V},\nabla S)=0 \qquad (12)$$

Thus for a viscous compressible medium one has the following two cases:

1) system of equations (2),(5),(9);
2) system of equations (2),(11),(12).

The case of non-viscous compressible flow was considered in the above mentioned paper [4].

References

1. Lighthill M.J. On Sound Generated Aerodynamicly,I: General Theory.// Proceedings of the Royal Society.London.1952.211A, №1107.pp.564-587.

2. Blohintsev D.I. Acoustics of Nonhomogeneous Moving Medium.(in Russian; English translation NASA T.M.1399).

3. Loitsiansky L.G. 1987.Fluid and gas mechanics. *Moscow: Science, 840p.*

4. Petr V. Lukianov 2007. A system of aeroacoustics equations for the medium with vorticity: common case,Acoustical symposium "Consonans-2007", Kiev, October 25-27,in Russian,p.163-168.

5. Putiata V.I., *Sidliar M.M. Hydromechanics*.Kiev: Kiev University publishers, 1963.- 480p.

УДК 533.69; 532.516; 532.517

М.А. Саченко, аспірант,
Є.О. Шквар., доктор технічних наук
(Національний авіаційний університет, м. Київ)

АНАЛІЗ ЗАСТОСОВНОСТІ ДИФЕРЕНЦІАЛЬНИХ МОДЕЛЕЙ ТУРБУЛЕНТНОСТІ ПРИ МОДЕЛЮВАННІ ОБТІКАННЯ ДЕФОРМІВНОЇ ПЛАСТИНИ

Представлені результати чисельного моделювання нестаціонарних тривимірних турбулентних течій біля деформівної пластини на основі SST моделі турбулентності.

Існує широке коло задач аеродинаміки, в яких має місце аеропружна взаємодія між потоком і тілом, що ним обтікається. Однією з таких задач є рух параплана, жорсткість поверхні якого є результатом наддуву, отже на певних режимах обтікання можливо виникнення автоколивальних режимів куполу.

Задача моделювання течії, індукованого коливаннями пружної пластини, є актуальною для аеродинаміки та представляє собою математичний опис умов виникнення панельного флатеру.

В теперішній час розрахунки складних турбулентних потоків в умовах реальних режимів обтікання та геометрії виконується, як правило, з використанням напівемпіричних моделей турбулентності, що призначені для замикання осереднених за Рейнольдсом вихідних рівнянь (RANS). Особливо широко розповсюджені диференціальні моделі k-ε та k-ω, які реалізовані в більшості комерційних CFD пакетів, орієнтованих на розв'язання задач аерогідродинамічного спрямування (CFD – Computational Fluid Dynamics).

У даній роботі розглядається модельна задача про обтікання гнучкої прямокутної пластини розмірами 1×1×0.1 м, що здійснює згинні коливання в потоці нестисливої рідини (рис. 1). Розрахунки виконані в програмному комплексі ANSYS. Для виконання розрахунків застосовувався програмний модуль CFX, що є однією зі складових цього пакету.

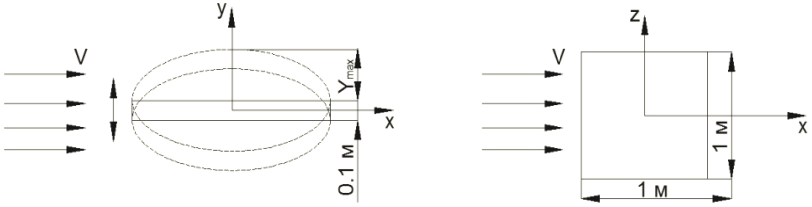


Рис. 1. Схема задачі.

У проведених розрахунках використана найбільш довершена з двопараметричних диференціальних моделей турбулентності – SST, розроблена Ф.Ментером. Деформація поперечного перерізу пластини задавалася на даному етапі дослідження заданою періодичним законом:

$$\bar{y} = 0{,}2\left(1 - \left(1 - 2\bar{x}\right)^2\right)\sin\left(\omega t\right),$$

де $\bar{x} = x / L$, $\bar{y} = y / L$ – поздовжня та нормальна координати, збезрозмірені по довжині пластини L; $\omega = 2\pi / T$ – кутова частота деформівного руху з періодом T; t – часова змінна. Період вигинань пластини обирався рівним T=0,5 с. Використана в розрахунках сітка показана на рис. 2. Сітка складалася з 408864 чарунок (малих об'ємів) і мала згущення до країв пластини.

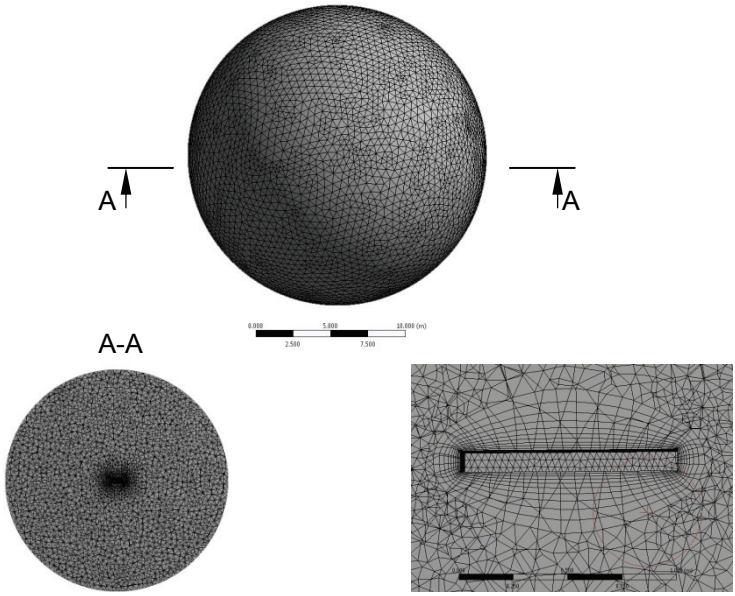


Рис. 2. Розрахункова сітка.

Задача вирішувалася в повній тривимірній постановці (без накладання умови симетрії на серединній площині y=0). Розрахункова область представляла собою сферу радіусом 10 м. На межах області задано рівномірний потік із швидкістю по вісі x U_x=10 м/с. Спочатку вирішувалася стаціонарна задача і після досягнення заданої точності її результати використовувалися як початкові умови для динамічної задачі. Крок за часом складав 0.005 с, вібрація тривала 2 с.

Характер і властивості вихрогенерації в сліді, індукованої заданим видом деформації пластини, ілюструються рис. 3, на якому показані миттєві поверхні так званого Q-критерію, що виявляє в потоці вихрові структури (області, де обертання рідини переважає над зсувом). Серед особливостей течії можна відмітити доволі великий кут розкриття струменю (до 60^0), а також високий ступінь хаотичності та наявність великої кількості вихорів, що мають складну просторову структуру.

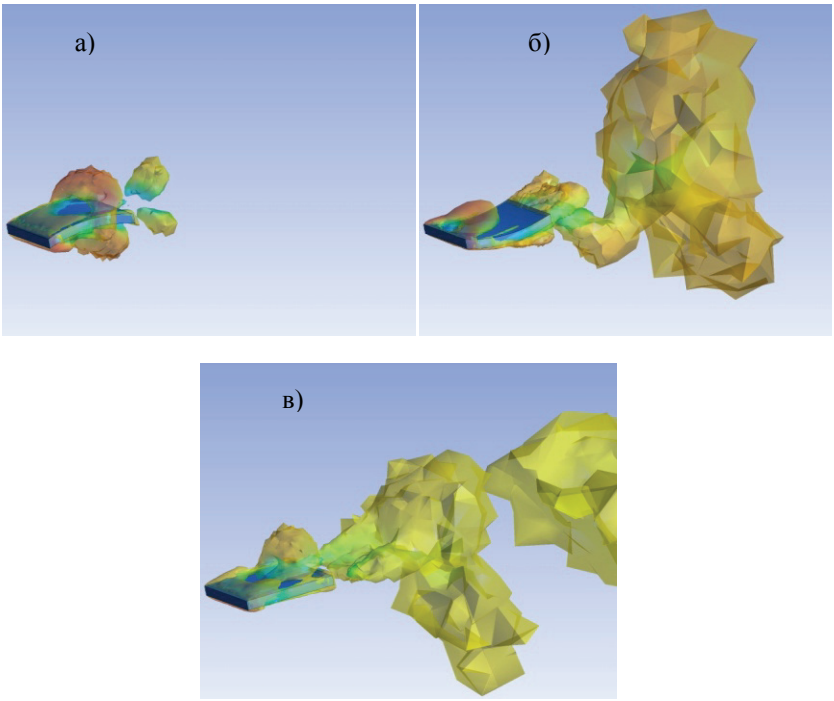


Рис. 3. Миттєві поверхні вихорів у момент часу: а) t=0.1 с, б) t=0.4 с в) t=1 с.

Графічні ілюстрації полів осередненої швидкості в повздовжніх перерізах (площинах симетрії) течії показані на рис. 4.

Висновки

1. Змодельована складна течія, що індукована заданим видом періодичних деформацій пружної пластини кінцевої ширини. Вивчена структура течії в сліді за пластиною, отримані миттєві поля швидкостей, тиску, завихреності.
2. Неважко бачити, що навіть незначне по максимальній амплітуді періодичне вигинання пластини спотворює в потоці вихрову динаміку складної структури, що також характеризується періодичністю.
3. Лінійні масштаби вихрових структур за деформівною пластиною набагато переважають як амплітуди деформацій, так і розміри самої пластини.
4. Для моделювання подібних течій можна з успіхом використовувати підходи типу RANS, як це було продемонстровано даним дослідженням. Але за умови необхідності отримання більшої роздільної здатності результатів розрахунку більш перспективними автори вважають метод моделювання великих вихорів (LES – Large Eddy Simultion). Однак досвід застосування подібних вихро-розв'язувальних формулювань до розв'язку обтікання коливних тіл до-

сить малий, що визначає необхідність та актуальність досліджень у цьому напрямку стосовно даного класу течій, на що будуть спрямовані подальші зусилля авторів.

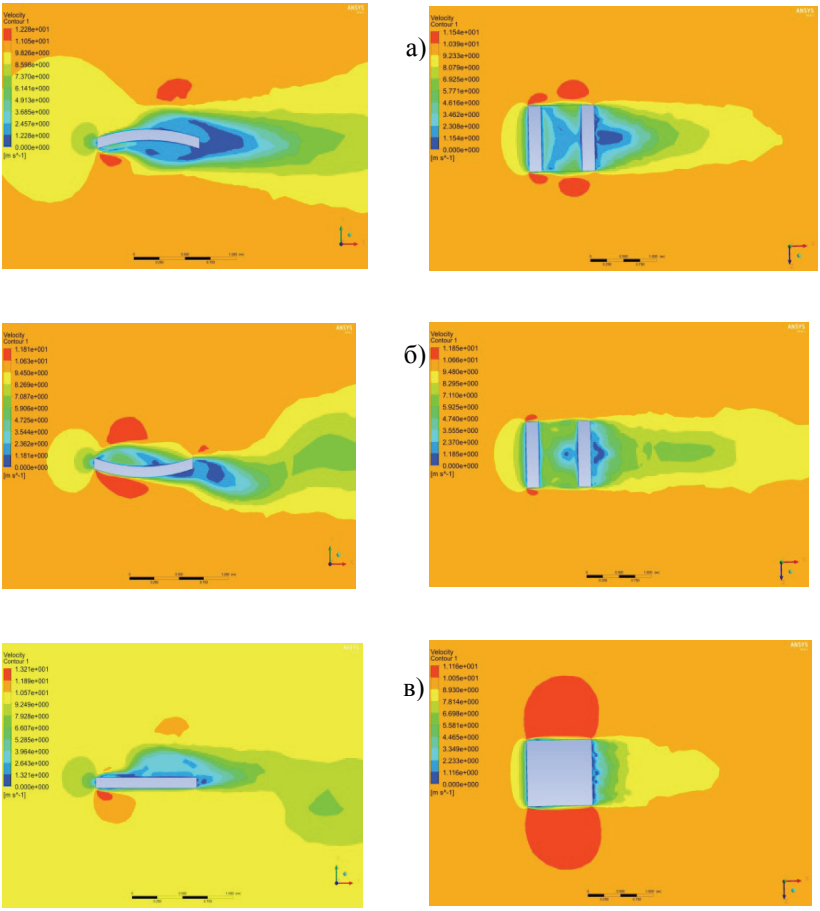


Рис. 4. Розподіл осередненої швидкості в перерізах z=0 та y=0 у момент часу: а) t=0.1 с, б) t=0.4 с в) t=1 с.

УДК 532.526

В.В. Зілінка, аспірант,
Є.О. Шквар., доктор технічних наук
(Національний авіаційний університет, Київ)

ЧИСЕЛЬНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТУРБУЛЕНТНОГО ОБТІКАННЯ ДВОГРАННОГО КУТА

Представлені результати чисельного моделювання турбулентної течії у двогранному куті та відтворення вторинних вихроутворень, зумовлених анізотропією турбулентності за допомогою методу моделювання великих вихорів (Large Eddy Simulation - LES).

Проектування та оптимізація сучасної авіаційної техніки потребує розробки нових методологічних рішень та впровадження новітніх технологій аеродинамічного проектування, основу яких складають сучасні методи математичного моделювання. Однією із таких задач є обрахунок обтікання в зонах зчеплення крила з фюзеляжем літака, для покращення аеродинамічних характеристик літальних апаратів. Сучасні напівемпіричні моделі турбулентності, втілені в програмні пакети аерогідродинамічного спрямування, не спроможні передбачити обумовлене градієнтами рейнольдсових напружень додаткове вихроутворення другого роду згідно класифікації Прандтля. Отже, наприклад, при моделюванні турбулентного обтікання компонування крило-фюзеляж шляхом використання існуючого комерційного програмного забезпечення, шкідливий ефект інтерференції між цими елементами ЛА в місці їх зчеплення буде відтворюватися розрахунковим шляхом не у повному обсязі, що при вирішенні задачі формування оптимальної геометрії зализу зашкодить отриманню якісних результатів. В даній статі розглядається задача моделювання течії у двогранному куті, який є максимально спрощеною моделлю зчеплення крила з фюзеляжем. При обтіканні зазначених зон утворюється небажане явище інтерференції, обумовлене системою приєднаних вихорів, представлених на рис.1. Для моделювання вищезазначеної системи вихорів обраний підхід моделювання динаміки великих вихорів (Large Eddy Simulation – LES). Даний підхід реалізований в ряді сучасних комерційних CFD пакетах і являється найбільш адекватним підходом для вирішення вищевказаної спрощеної задачі, оскільки на відміну від «глобального» осереднення рівнянь Нав'є-Стокса за Рейнольдсом проводиться їх «фільтрація» тільки від короткохвильових турбулентних неоднорідностей (з довжинами хвиль порядку і менше розмірів використовуваної розрахункової сітки). Принципова перевага LES полягає в тому, що, завдяки відносній однорідності та ізотропності дрібномасштабної турбулентності опис її характеристик за допомогою підсіткової моделі виявляється більш точним, ніж моделювання всього спектру турбулентних пульсацій. У ролі вхідних даних для сформульованої задачі обрано геометрію у вигляді прямокутного паралелепіпеда зі сторонами в перетині 130х130мм та довжиною 1300мм (рис.2).

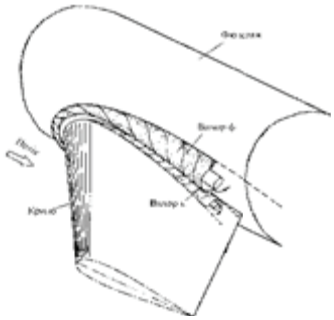


Рис.1. Схематизована картина розвитку вихорів в зоні зчеплення крила з фюзеляжем

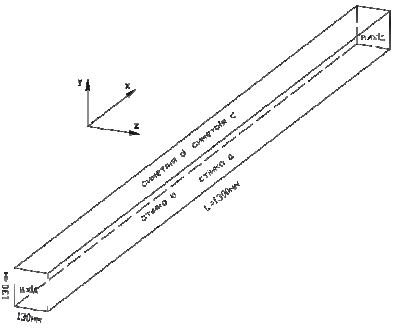


Рис. 2. Граничні умови

Задача вирішується у тривимірній постановці з наступним граничними умовами: одна із торцевих поверхонь являється входом повітря зі швидкістю Vx=20 м/с, а протилежна являється виходом повітря, грані ***a*** та ***b*** являються непроникними стінками, які і імітують спрощену задачу обтікання зони зчеплення крила з фюзеляжем, та грані ***c*** і ***d*** на які накладається гранична умова симетрії (рис.3).

Розрахункова область була описана структурованою кінцевоелементною сіткою за об’ємом в 5,6 млн. кінцевих об'ємів (рис.3). Товщина примежового елементу сітки становить 0,01мм.

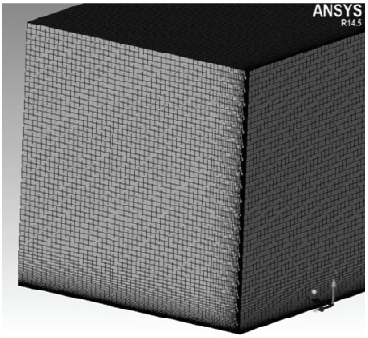


Рис. 3. Розрахункова сітка

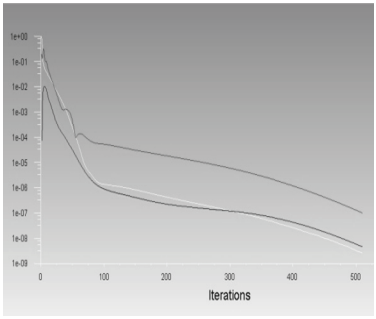


Рис. 4. Ітераційний процес обрахунку

Задача вирішувалась в програмному модулі Fluent розрахункового комплексу Ansys на комп’ютері з наступними технічними характеристиками: процесор Intel Xeon 3.30GHz 6-ти ядерний з задіяними двома ядрами, ОЗУ 32.0 Гб зі задіяними 7Гб пам’яті, об’єм сітки склав 563Mb пам’яті та об’єм файлу обрахованих даних склав 1350Mb. Крок за часом обрахунку складав 1 с, час

обрахунку тривав 6 годин, досягнута збіжність нев'язок у степені 1e-7 на 510-й обрахунковій ітерації (рис.4).

На рис.5 представлені результати обрахунку обтікання у вигляді проекції векторів швидкості на грань виходу потоку. За результатами представленими на рис.5 можна судити про наявність розвинутої симетричної системи вторинних вихрових структур (рис. 6) які направлені до центру двогранного кута. Також отримано картину розвитку примежового шару по непроникних стінках двогранного кута у вигляді розфарбованої шкали векторі швидкостей відповідно до їх величині.

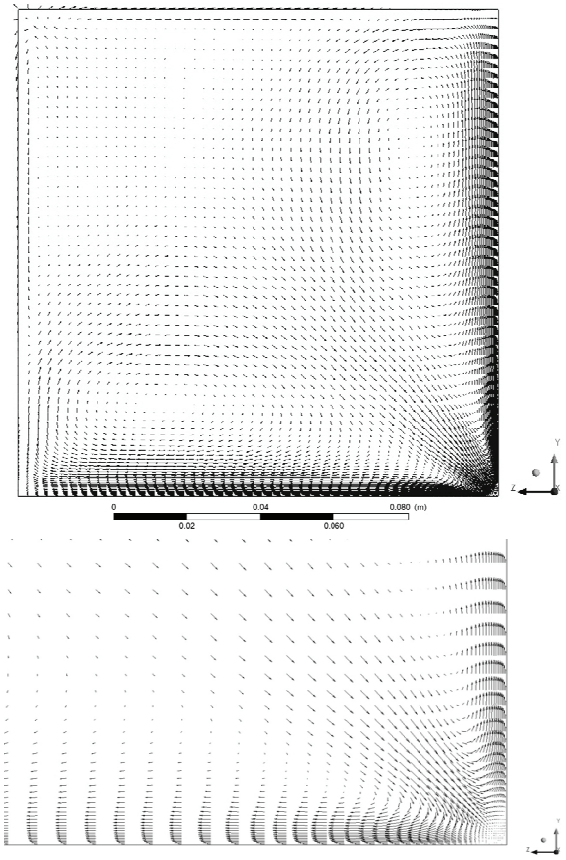


Рис. 5. Проекція векторів швидкості на площину OYZ у вихідному перетині

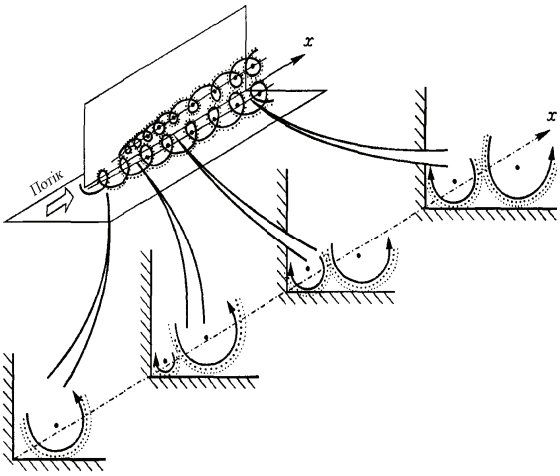


Рис. 6. Схематизована картина розвитку вторинних течій вздовж кутової конфігурації

Висновки

1. Здійснено математичне моделювання формування турбулентної течії у двогранному куті, яке дозволило адекватно відтворити систему вторинних вихорів, властивості яких якісно не суперечать фізиці процесу генерації та розвитку просторової турбулентної течії даного типу, характеристики яких експериментально досліджено багатьма дослідниками. Для того щоб кількісно порівняти подібність фізичного експерименту з проведеним чисельним моделюванням, необхідно здійснити ряд додаткових обрахунків та провести ідентифікацію отриманих даних, що буде метою подальших досліджень у цьому напрямку.

2. Для моделювання подібного роду течій можна також використовувати підходи прямого чисельного моделювання (DNS), а також напівемпіричні моделі переносу рейнольдсових напружень (RSM), що згідно структури побудови можуть забезпечити фізично коректне вирішення нестаціонарної тривимірної задачі. Однак ресурсовитратність метода DNS вкрай велика, щоб розглядати його засобом вирішення прикладних задач, а використання RSM моделей потребує їх ретельного калібрування та адаптації під кожний клас досліджуваних течій, тому на даному етапі використання методу LES представляється виваженою альтернативою як по відношенню до DNS, так і RSM. Накопичений світовий досвід застосування розглянутих методів, у тому числі й LES до моделювання течій в кутових конфігураціях досить малий, що визначає необхідність подальших досліджень у цьому напрямку.

УДК 532.526.4

В.В. Кравченко, старший викладач,
Є.О. Шквар., доктор технічних наук
(Національний авіаційний університет, Київ)

ОРЕБРЕНІ ПОВЕРХНІ, ПРОБЛЕМИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ЇХ ЗАСТОСУВАННЯ В АЕРОГІДРОДИНАМІЦІ

Висвітлені результати ряду експериментальних досліджень профільованої обтічної поверхні. Проаналізовано ряд підходів до побудови математичних моделей, що враховують профілювання поверхні, та обґрунтовано актуальність досліджуваної тематики.

Успішний розвиток теорії опису турбулентного руху і відповідних чисельних методів неможливий без їх верифікації шляхом співставлення з експериментальними результатами. Така взаємодія, зокрема, забезпечує теоретичну основу розвитку інженерних методів розрахунку ламінарно-турбулентного переходу. Розглядаючи прикладну значущість досліджень проблеми виникнення турбулентності, необхідно виділити завдання конструювання авіаційної та космічної техніки. Управління турбулентними примежовими шарами, зокрема, представляє інтерес з причини наявності значних потенційних переваг. Опір поверхневого тертя складає близько половини повного опору для транспортної авіації, тому будь-яке зниження опору спричиняє істотну економію експлуатаційних витрат, а також очевидні переваги в збільшенні швидкості та ефективності. **Ріблети** (регулярні поздовжні борозенки малих розмірів), реалізовані на обтічній поверхні ковзного крила, здатні зменшити опір тертя на 4-8%, та в окремих випадках навіть 15%. Мікропрофілювання має безпосереднє природне підґрунтя (луска риб, рельєф зовнішніх поверхонь раковин та покровів шкіри молюскоподібних). Але, незважаючи на низьку вартість і порівняну легкість обслуговування, збільшення продуктивності ріблетів є актуальним. До того ж, на даний час залишаються до кінця не вивченими аспекти впливу ріблетів на стійкість та структурні особливості течії. В роботі [1] було запропоновано декілька концепцій можливого механізму зниження опору за рахунок ріблетів. В [2] розглянуто взаємодію поздовжніх вихорів, що обертаються в протилежних напрямках, з маленькими вихорами, що утворюються біля вершин ріблет, доводячи, що вторинні вихори будуть послаблювати поздовжні вихори, привносячи високошвидкісну рідину до стінки в процесі турбулентного переносу, так само, як і утримуючи низкошвидкістну рідину в борозенках. Поздовжні вихори переміщуються від стінки, а турбулентний обмін імпульсами в поздовжньому напрямку зменшується. А оскільки цей обмін відповідає за високе локальне напруження (дотичне) біля стінки [3], то його зниження призводить до зниження поверхневого тертя. У [4] показано, що гострі гребені ріблетів ускладнюють пересічні потоки, що викликані розташованими вище поздовжніми вихорами у в'язкому підшарі та те, що наявність ріблетів знижує інтенсивність імпульсного обміну в примежовому шарі, зменшуючи таким чином турбулентну енергію та дотичні напруження. В цьому випадку, поблизу до стінки будь-яка рідина поводить себе як високов'язка

рідина. Тому припустимо розраховувати течію поблизу малих ребер за допомогою теорії в'язкої рідини. Ріблети працюють подібно до маленьких огорож, обмежуючи рух в боковому напрямку, або звивання поздовжніх вихорів. Коливання низькошвидкісних смуг досить мале та потік між ріблетами є повільним і спокійним, що знижує інтенсивність турбулентних спалахів, які є відповідальними за переважаючу долю турбулентного поверхневого тертя. Зниження опору за допомогою мікропрофілювання поверхні має сенс лише там, де турбулентне пристінне тертя вносить істотний внесок в аерогідродинамічні втрати. Однак в інших випадках, в таких як аеродинаміка автомобілів, в якій привалює розподілений потік та опір форми, використання ріблетів вже не буде доцільним [5].

У роботі [1] висвітлені результати одного з останніх (2011) відомих авторам експериментальних досліджень характеристик поля турбулентної течії над поверхнею моделей у вигляді пластин із ріблетами та виконано порівняння отриманих результатів з властивостями течії над гладкою поверхнею. Тести були проведені у низькошвидкісній аеродинамічній трубі при сталій швидкості потоку в 20 м/с та числі Рейнольдса $\mathrm{Re} = 4{,}9 \cdot 10^5$ по довжині пластини. Дослідження зниження опору тертя в турбулентному потоці над оребреною поверхнею представлені для двох моделей: прямі ріблети і синусоїдальні ріблети із співвідношенням а/λ=0.01 (а-відстань між сусідніми хвилями, λ-довжина хвилі). Пристінний профіль осередненої швидкості над оребреною поверхнею «зсувається» вниз по відношенню до гладкої поверхні, що означає зниження градієнту швидкості для потоку над ріблетами. Властивості турбулентного потоку, так само, як і характеристики примежового шару, змінюються із зміною типу профілювання обтічної поверхні. Це ілюструє наявність зниження товщин витіснення та втрати імпульса. Коефіцієнт поверхневого тертя над оребреною поверхнею є меншим, ніж у випадку гладкої поверхні. Зниження дотичного напруження спостерігалося для більшості випадків ріблетів, та ілюструє менше поверхневе тертя для оребрених поверхонь. Параметричні дослідження показали, що форма ріблетів, висота(h), ширина(w) і поперечна відстань між ними (s)- є основними визначальними факторами, що впливають на зниження опору. У випадку моделі із ріблетами прямокутного профілю було отримано зниження опору поверхневого тертя в діапазоні 10-14%, а кращі розміри (h=0.25мм, s=1мм, w=1мм). Результати також довели, що більш значуще зниження опору досягається за рахунок синусоїдальних ріблетів завдяки набуття поперечною компонентою швидкості поблизу обтічної поверхні осцилюючої властивості, що є сприятливою по відношенню до основного потоку. Також було з'ясовано, що зниження опору сильно залежить від співвідношення (**a**/λ). Синусоїдальне мікропрофілювання поверхні знижує коефіцієнт опору на 19%, а кращими розмірами для цієї моделі ріблетів, яка дає найбільше зниження опору, є такі (h=0.125 & 0.25мм, s=2мм, w=2мм). Незважаючи на інтенсивний розвиток обчислювальної техніки і вражаючі успіхи, досягнуті в останні роки в області побудови ефективних чисельних алгоритмів, призначених для вирішення завдань гідромеханіки і тепломасопереносу, а також в розробці супутнього математичного забезпечення (генератори сіток, інтерактивні системи введення даних і системи візуалізації результатів розрахунків), проблема чисе-

льного моделювання турбулентності, як і впродовж багатьох попередніх десятиліть, залишається однією з найбільш складних і актуальних проблем механіки рідин. Особливо гостро ця проблема стоїть при необхідності моделювати ефекти від особливостей на кшталт ріблетів, що мають вкрай малі розміри у порівнянні з характерними лінійними розмірами зсувної течії. Розглянемо базові підходи, що застосовуються для розрахунку турбулентних течій. **Пряме чисельне моделювання (DNS).** Суть цього підходу полягає в безпосередньому розв'язанні тривимірних нестаціонарних рівнянь Нав'є-Стокса з використанням просторових сіток і кроків інтегрування за часом, достатніх для вирішення всіх істотних для розглянутої течії, в тому числі, і короткохвильових просторово-часових неоднорідностей. Оскільки DNS вимагає тривимірного нестаціонарного розрахунку, його вартість пропорційна загальній кількості вузлів сітки і кількості кроків за часом, а також числу Рейнольдса Re. Це означає, що при збільшенні числа Рейнольдса в два рази витрати збільшуються приблизно на порядок. Ці жорсткі вимоги частково пом'якшуються при використанні високоточних спектральних методів чисельного інтегрування рівнянь Нав'є-Стокса, які часто використовуються для DNS. Однак ці методи незастосовні до розрахунку течій зі складною геометрією. Зазначені обставини призводять до того, що на практиці DNS застосовується тільки для розрахунку простих турбулентних течій при низьких (порядку 10^3 і нижче) числах Рейнольдса. Очевидно, що в найближчій перспективі застосування прямого чисельного моделювання для розв'язання прикладних задач не є можливим. **Метод осереднення за Рейнольсом рівнянь Нав'є-Стокса (RANS).** Система рівнянь Рейнольдса може бути отримана шляхом осереднення за часом нестаціонарних тривимірних рівнянь Нав'є-Стокса. При цьому мається на увазі, що часовий інтервал, за яким здійснюється осереднення, набагато більше характерних часових масштабів турбулентності з одного боку і набагато менше характерного макромасштабу часу досліджуваної течії з іншого. Метод не є дуже трудомістким, але ефекти впливу ріблет на цьому рівні можуть лише бути апроксимовані. **Метод моделювання великих вихорів (LES).** Підхід LES формувався на початку 80-х років. Ідея LES полягає в тому, що на відміну від «глобального» осереднення рівнянь Нав'є-Стокса проводиться їх "фільтрація" тільки від короткохвильових турбулентних неоднорідностей з довжинами хвиль, сумірних з розмірами використовуваної розрахункової сітки.

Принципова перевага LES полягає в тому, що, завдяки відносній однорідності і ізотропності дрібномасштабної турбулентності опис її характеристик за допомогою підсідкової моделі виявляється набагато більш точним та універсальним, ніж напівемпіричне моделювання впливу всього спектру турбулентних пульсацій. Основною причиною цього є те, що великомасштабні структури часто виявляються недостатньо випадковими, в цьому випадку не до кінця виправданим є використання статистичних моментів для опису їх властивостей, а саме ці величини моделюються відповідними апроксимаціями в рамках напівемпіричних підходів. Природною платою за вказані важливі переваги LES є значне збільшення обчислювальних витрат, пов'язане з необхідністю, як і в випадку DNS, проведення тривимірних нестаціонарних розрахунків на досить дрібних сітках навіть у тих випадках, коли представляє безпосередній

інтерес для практики лише двовимірна і стаціонарна осереднена течія. З іншого боку оскільки дрібномасштабна частина спектру моделюється, а не розраховується точно, обчислювальні ресурси, необхідні для реалізації метода LES виявляються набагато меншими, ніж у випадку використання DNS.

Гібридні підходи. Ці підходи поєднують в собі ті чи інші елементи RANS, LES і DNS. Найбільш широке поширення одержали підходи, що поєднують RANS і LES. При використанні LES переважна більшість вузлів сітки (до 90%) припадає на пристінні ділянки течії (тобто на примежові шари), оскільки при наближенні до стінки характерний масштаб вихорів суттєво зменшується. В той же час, основні переваги LES перед RANS проявляються на деякому віддаленні від стінки, а саме в тих областях де існують впорядковані вихрові когерентні структури.

Порівняння LES і DNS методів для моделей прямолінійних та синусоїдальних ріблетів. В [6] реалізовано LES (з класичною підсітковою моделлю Смагоринського, з модифікованою і динамічною моделлю з локальним осередненням) для прямолінійних ріблетів та результати порівняно з результатами DNS з роботи [7] для тієї ж конфігурації. Класичні моделі Смагоринського забезпечують кращі результати в цьому випадку і використовуються для синусоїдальних ріблетів. Турбулентна статистика показує збільшення поздовжніх і зменшення вертикальних коливань для випадку синусоїдальних ріблетів у порівнянні з прямолінійними. Відповідно зменшення інтенсивності турбулентності спричиняє зменшення турбулентного внеску в опір поверхневого тертя.

Висновки. Найперспективнішими методом моделювання з точки зору передбачення характеристик турбулентних течій над мікропрофільованими поверхнями автори вважають метод LES. Ресурсовимогливість LES долається завдяки використанню методів обчислень, що об'єднують декілька рівнів модельних представлень турбулентності підсіткових масштабів, ефективних для різних областей досліджуваної течії, а також розробкою паралельних алгоритмів розрахунку, на що і спрямовані зусилля авторів на даному етапі.

Список літератури

1. *Imad S. Ali, Noor H. Al-Fatlawie,* "Drag Reduction In Turbulent Flow using Different Kinds of Riblets", Int. Conf. on Sunrise Techn. 13th – 15th Jan 2011, pp. 457-469.

2. *E. V. Bacher, C. R. Smith,* "Turbulent boundary layer modification by surface riblets", AIAA Journal, Vol. 24, pp.1382–1385, 1986.

3. *P. Orlandi, J. Jiménez,* "On the generation of turbulent wall friction", Phys. Fluids, Vol. 6, pp. 634–641, 1994.

4. *D. W. Bechert, M. Bartenwerfer,* "The viscous flow on surfaces with longitudinal ribs", Fluid Mech. 206, pp.105–129, 1989.

5. *D. W. Bechert, M. Bruse, W. Hage, R. Meyer,* "Fluid mechanics of biological surfaces and their technological application", Springer – Verlag, Vol. 87, pp. 157–171, 2000.

6. *Yulia Peet, Pierre Sagauty* Turbulent Drag Reduction using Sinusoidal Riblets with Triangular Cross-Section// 38th AIAA Fluid Dynamics Conf. and Exhibit, June 23-26 2008, Seattle, WA

7. *H. C. Choi, P. Moin, J. Kim* DNS of turbulent flow over riblets, Fluid Mech. Vol. 255, pp.503–539,1993.

УДК 629.78

І.А. Макаров,
Є.О. Шквар., доктор технічних наук
(Національний Авіаційний Університет, м. Київ)

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ЗАПУСКУ РАКЕТИ-НОСІЯ З БОРТУ ЛІТАКА

Розглянуто перспективний метод запуску ракети-носія з борту літака. Розроблено математичну модель, що відтворює у першому наближенні визначальні характеристики запуску ракети-носія та її подальшої динаміки.

Україна є авіаційною і космічною державою, адже в нашій країні функціонують такі гіганти космічної індустрії як КБ «Південне» та «Південмаш», що займаються не тільки проектуванням ракет-носіїв та супутників, але й мають можливість виробляти їх на своїх виробничих потужностях. Саме завдяки таким підприємствам Україна бере участь у міжнародних проектах, таких як проект нового типу двигунів «Вега» (під егідою Європейського космічного агентства); «Sea launch» (запуск ракети носія з морської платформи у Тихому океані) - де українська ракета Zenit-3SL використовується як основний носій супутників; переробка міжконтинентальних балістичних ракет «Днепр» для запуску малих супутників; проект «Циклон-4» разом з космічним агентством Бразилії для запусків з космодрому «Алькантара» та інші.

Головним завданням даної роботи було розроблення математичної моделі, яка буде спроможна відтворити визначальні характеристики польоту ракети носія після її відокремлення від літака та набору висоти задля підтвердження або спростування правильності концептуальних рішень щодо запуску ракети з літака Ан-225 «Мрія» та оптимізації режимів її старту.

При створенні математичної моделі необхідно було врахувати наступні умови, які в моделі закладалися як початкові: старт передбачалося проводити з висоти 10000 метрів; для того, щоб ракета після відстрілу від літака змогла зробити маневр «гірка», було запропоновано овалоподібне крило з засобами керування (рулі висоти та елевони); задля забезпечення необхідної тяги для маневру «гірка» передбачалося використовувати ракетні прискорювачі.

Дана робота наданому етапі є скоріше постановочною та пошуковою, але немає сумнівів щодо перспектив і необхідності її продовження, що цілком може у майбутньому в решті решт вилитися у реальний проект. Крім того, робота повинна пройти додаткову проробку та проведення ретельного аналізу її позитивних і негативних сторін, задля чого на даному етапі й було закладено початки розробки математичної моделі.

Сама ідея запуску ракети-носія з борту літака не є новою, адже вона розроблялася ще за часів Радянського Союзу на основі літака Ан-225, але використання ракети «Циклон-4» та запропонованих у роботі несучих поверхонь до ракети цілком є новим концептуальним рішенням. В роботі пропонується один вид несучих поверхонь – овалоподібне крило, адже запуск буде проводитися з зовнішньої підвіски літака, тому ракета-носій перед тим, як запустити двигуни та стати у відповідне положення для набору висоти, повинна відлетіти від лі-

така та за допомогою органів керування зробити маневр «гірка». Такий проект в даній постановці є новим і раніше не розглядався. Несучі поверхні ракети – овалоподібне крило. Це найновіший вид крила, який був втілений на початку XXI сторіччя на експериментальному літаку мінського авіазаводу «Камертон». Овалоподібне крило було використано у даному проекті, оскільки цей вид несучої поверхні має найменшу вагу. Проаналізовано матеріали, з яких можливо зробити несучі поверхні – композитні матеріали: бороалюміній, склопластик, вуглепластик.

Пропонується наступна стратегія виконання старту ракети-носія: перед виконанням маневру літак летить горизонтально, при цьому усі сили, які діють на літак врівноважуються. Для створення найбільш сприятливих умов для старту ракети літак виводиться з горизонтального польоту і виконує маневр "гірка". Система диференціальних рівнянь, що описують рух ракети під час старту і після нього в проекціях на горизонтальну x і вертикальну y осі зв'язаної з Землею системи координат має наступний вид:

$$m\frac{dV_y}{dt} = (P - X_a)\sin\theta + Y_a\cos\theta - mg;$$

$$m\frac{dV_x}{dt} = (P - X_a)\cos\theta;\quad \frac{d\theta}{dt} = \omega;\quad \frac{d\omega}{dt} = \frac{M}{I},$$

де m – маса ракети-носія, V_x, V_y – горизонтальна та вертикальна проекції вектору швидкості V – швидкість польоту, $V = \sqrt{V_x^2 + V_y^2}$, P – сила тяги, $X_a = c_{xa}S_m\frac{\rho V^2}{2}$ – сила лобового опору ракети, $Y_a = c_{ya}S\frac{\rho V^2}{2}$ – підйомна сила, S_m – площа міделевого перерізу корпусу, ρ – густина повітря, S – площа несучої поверхні ракети, c_{xa}, c_{ya} – аеродинамічні коефіцієнти лобового опору та підйомної сили, θ – кут тангажа ракети, ω – кутова швидкість обертання ракети навколо центра мас у вертикальній площині, M – момент сили, що виникає в результаті повороту рулів управління ракети з метою її розгортання, I – момент інерції ракети.

Враховуючи те, що ракету-носій буде відстрілено з борту літака за допомогою ракетних прискорювачів, виникає необхідність у тепловому захисті фюзеляжу, а також панелей верхньої та передньої частини кілів. Основний матеріал жаростійкої обшивки літака – це титан. Крім того титан має відносно невелику вагу у порівнянні з керамічними плитами, які використовуються на кораблях серії «Шатлл» , також титан надто широко використовується в авіабудуванні для польотів літаків на надзвукових швидкостях. Для забезпечення безпеки при відстрілі ракети-носія замки кріплення, які будуть відпускати ракету-носій, передбачається забезпечити системою заклинювання-відкриття (на випадок неправильного положення ракети-носія). Для керування ракетою-носієм є необхідним розробити відповідне програмне

забезпечення, призначене для автоматичного управління ракетою-носієм за допомогою показників швидкості, тиску та місцезнаходження у просторі. Крім того, у літаку передбачається збільшити кількість членів екіпажу на 1 особу, на яку будуть покладено обов'язки спостереження за роботою автоматичної системи керування.

При обробці результатів, отриманих за допомогою математичної моделі, отримано коливальність по тангажу безпосередньо після від'єднання, що потребують подальшого аналізу та розробки методики їх якнайскорішого гальмування. У майбутньому для усунення цього негативного явища передбачається розробити та використовувати демпфер коливань.

На рис.1 представлені результати відтворення на основі наведеної вище математичної моделі, реалізованої в середовищі "Mathcad", траєкторію польоту ракети-носія після її відділення від літака, а рис. 2, рис. 3 ілюструють схематичні особливості ракети-носія та її розміщення на підвісці літака.

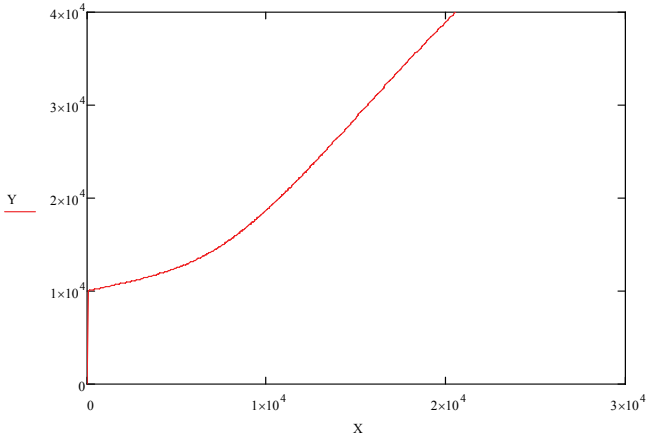


Рис.1. Траєкторія ракети-носія після старту з літака

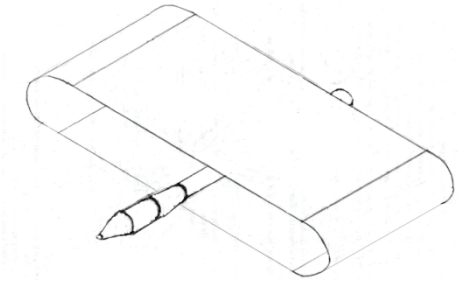


Рис2. Загальний вигляд ракети-носія з овалоподібним крилом

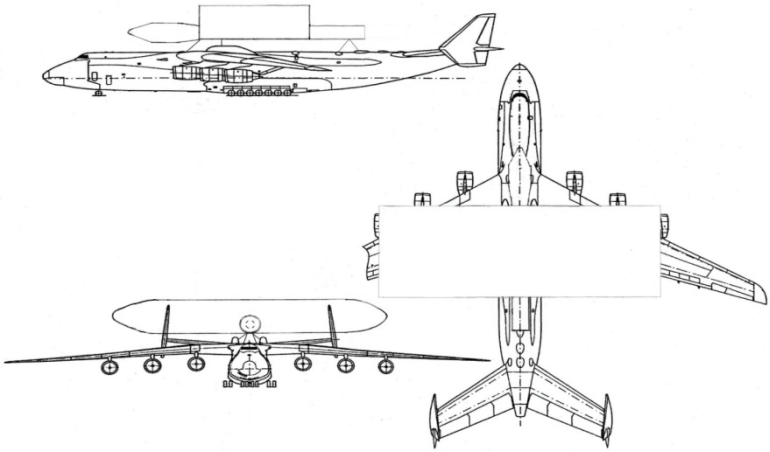


Рис. 3. Схема розміщення ракети-носія «Циклон-4»
на зовнішній підвісці літака Ан-225

Висновки

1. Побудована математична модель старту ще не є повною мірою досконалою, але навіть на даному етапі її рівня завершеності вона дозволяє отримати інформацію про траєкторні характеристики ракети і визначити ті нагальні проблеми проекту, які потребують привертання першочергової уваги в процесі удосконалення як моделі, так і проекту в цілому.

2. Результати проведеної роботи переконливо доводять, що запуск ракети-носія з борту літака є цілком реальною і вартою подальшої уваги альтернативою наземним космодромам та проекту «Морський старт».

3. За допомогою проекту «Повітряний старт» Україна зможе ефективно проводити запуски ракет-носіїв.

Список літератури

1. Шульженко М. Н. Конструкція літаків Видавн. 3-є, переоб. І. доп. – М.: Машинобудування, 1971.-416с.
2. Коровін А. Е. Новіков Ю.Ф. Практична аеродинаміка та динаміка польоту літаків Як-52 та Як-55.- М. ДОСААФ, 1989. – 357с., іл.
3. Технічний університет Чікаго. Велика енциклопедія. Чікаго 2002. 480с.
4. Зайцев В. Н., Рудаков В. Л. Конструкція та міцність літаків. Видавн 2-е, -К. Вища школа, 1978.-488с.
5. Т.М. Мелькумов, Н.И. Мелик-Пашаев, П. Г. Чистяков, А. Г. Шиуков. Ракетні двигуни М. Машинобудування, 1976,-400с.
6. В. Л. Бєльський, І. П. Власов, В. Н. Зайцев, С. Н. Кан, В. П. Карножицький, В. М. Коц, Д. В. Ліповський. «Конструкція літальних апаратів»М. «Оборонгіз»,1963, -710с.

УДК 517.95:519.86:539.3

К. В. Двірничук, аспірант, В. А. Стоян, д. ф.-м. н., проф.
(Київський національний університет
імені Тараса Шевченка, Україна, м. Київ)
Я. В. Крисак, доц.
(Національний авіаційний університет, Україна, м. Київ)

ПРО МАТЕМАТИЧНІ ОСНОВИ КОМП'ЮТЕРНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ДИНАМІКИ ТОВСТИХ ПРУЖНИХ ПЛИТ

Розглядаються проблеми побудови математичної моделі поля поперечних динамічних зміщень товстих пружних плит скінченних розмірів. Розв'язуються задачі еластодинаміки таких плит за умов некоректності та неповноти постановки початково-крайових задач про їх динаміку. Доповідь ґрунтується на попередніх публікаціях авторів.

Математична модель динаміки товстої пружної плити. Розглядається задача по знаходженню поля поперечних динамічних зміщень товстої пружної плити, обмеженої циліндром $\Gamma(x,y)$ та поверхнями $z=\pm h$, які знаходяться під дією нормальних $(k=1)$ та дотичних $(k=2)$ зовнішньо-динамічних (t – час) зусиль $q_k^{\pm}(x,y,t)$ $(k=\overline{1,2})$.

Через

$$w(x,y,z,t)=\sum_{k,l=1}^{2} w_k^{(l)}(x,y,z,t) \tag{1}$$

позначимо функцію поперечних динамічних зміщень точок розглядуваної плити. Показано [1], що складові $w_k^{(l)}(\cdot)$ $(k,l=\overline{1,2})$ функції $w(\cdot)$ задовольняють диференціальному рівнянню

$$Q^{(l)}(\partial_x,\partial_y,\partial_t)w_k^{(l)}(x,y,z,t)=d_k^{(l)}(\partial_x,\partial_y,z,\partial_t)q_k^{(l)}(x,y,t)\ \ (k,l=\overline{1,2}) \tag{2}$$

за наведених в [1] диференціальних операторів $Q^{(l)}(\partial_x,\partial_y,\partial_t)$, $d_k^{(l)}(\partial_x,\partial_y,z,\partial_t)$ та функцій $q_k^{(l)}(x,y,t)$ $(k,l=\overline{1,2})$, які визначаються через поверхнево визначені зовнішньо-динамічні зусилля $q_k^{\pm}(x,y,t)$ $(k=\overline{1,2})$.

Мається на увазі, що початково-крайовий стан плити визначається співвідношеннями

$$L_r^0(\partial_t)w(\sigma,t)\Big|_{\substack{t=0\\ \sigma=\sigma_j^0\in S_0}} = W_{rj}^0 \ \ (j=\overline{1,J_r},\ r=\overline{1,R_0}), \tag{3}$$

$$L_\rho^\Gamma(\partial_\sigma)w(\sigma,t)\Big|_{\substack{t_j\in[0,T]\\ \sigma=\sigma_j^\Gamma\in S_\Gamma}} = W_{\rho j}^\Gamma \ \ (j=\overline{1,J_\rho},\ \rho=\overline{1,R_\Gamma}), \tag{4}$$

де S_0 – просторова область плити, $S_\Gamma = \Gamma(x,y)\times[-h,h]$, $\sigma = (x,y,z)$, ∂_t і $\partial_\sigma = (\partial_x, \partial_y, \partial_z)$ – похідні за часом t та просторовими координатами x, y, z, а $L_r^0(\partial_t)$ $(r=\overline{1,R_0})$ і $L_\rho^\Gamma(\partial_\sigma)$ $(\rho=\overline{1,R_\Gamma})$ – лінійні диференціальні оператори. Зауважимо, що на кількість R_0 початкових та R_Γ крайових спостережень за станом плити, як і на структуру лінійних диференціальних операторів $L_r^0(\partial_t)$ $(r=\overline{1,R_0})$, $L_\rho^\Gamma(\partial_\sigma)$ $(\rho=\overline{1,R_\Gamma})$, ніяких обмежень накладати не будемо. Останнє, розв'язання поставленої задачі робить проблематичним в рамках класичних математичних та чисельних методик.

Математична основа розв'язання задачі. Задача (1)–(4) по побудові складових $w_k^{(l)}(\sigma,t)$ $(k,l=\overline{1,2})$ функції $w(\sigma,t)$ в загальному випадку є некоректною за кількістю та якістю початково-крайових умов (3), (4). З врахуванням цього в основу досліджень динаміки розглядуваної плити покладемо методику математичного моделювання не сповна спостережуваних розподілених просторово-часових процесів, запропоновану нами в [2]. Для цього складові $w_k^{(l)}(\sigma,t)$ $(k,l=\overline{1,2})$ функції поперечних динамічних зміщень $w(\sigma,t)$ представимо сумою

$$w_k^{(l)}(\sigma,t) = w_{\infty k}^{(l)}(\sigma,t) + w_{0k}^{(l)}(\sigma,t) + w_{\Gamma k}^{(l)}(\sigma,t) \quad (k,l=\overline{1,2}), \tag{5}$$

в якій

$$w_{\infty k}^{(l)}(\sigma,t) = \int_S G_k^{(l)}(\xi-\xi',z) q_k^{(l)}(\xi')d\xi', \quad w_{0k}^{(l)}(\sigma,t) = \sum_{m=1}^{M_{0k}^{(l)}} G_k^{(l)}(\xi-\xi_{km}^{0(l)},z) q_{0km}^{(l)},$$

$$w_{\Gamma k}^{(l)}(\sigma,t) = \sum_{m=1}^{M_{\Gamma k}^{(l)}} G_k^{(l)}(\xi-\xi_{km}^{\Gamma(l)},z) q_{\Gamma km}^{(l)} \quad (k,l=\overline{1,2}) \tag{6}$$

за $\xi_{km}^{0(l)} \in S^0$ $(m=\overline{1,M_{0k}^{(l)}})$, $\xi_{km}^{\Gamma(l)} \in S^\Gamma$ $(m=\overline{1,M_{\Gamma k}^{(l)}})$ $(k,l=\overline{1,2})$ та

$$\xi = (x,y,t), \quad S = (S_0 \cap (z=\pm h))\times[0,\mathrm{T}],$$

$$S^0 = (S_0 \cap (z=\pm h))\times(-\infty,0], \quad S^\Gamma = ((R^3 \setminus S_0)\cap(z=\pm h))\times[0,T],$$

а $G_k^{(l)}(\cdot)$ $(k,l=\overline{1,2})$ – функції Гріна розглядуваної плити в необмеженій просторово-часовій області.

Як показано в [3], функції ці визначатимуться співвідношеннями

$$G_k^{(l)}(\xi-\xi',z) = \frac{1}{(2\pi i)^3} \int_{-i\infty}^{+i\infty} \frac{d_k^{(l)}(p_1,p_2,z,q)}{Q^{(l)}(p_1,p_2,q)} e^{p_1(x-x')+p_2(y-y')+q(t-t')} dp_1 dp_2 dq \tag{7}$$

(тут i – уявна одиниця), на практичній реалізації яких ми зупинилися в [4].

Представлення (5)–(7) функцій $w_k^{(l)}(\sigma,t)$ $(k,l=\overline{1,2})$ задовольнятиме [2] рівнянням (2) за довільних $q_{0km}^{(l)}$ $(m=\overline{1,M_{0k}^{(l)}})$, $q_{\Gamma km}^{(l)}$ $(m=\overline{1,M_{\Gamma k}^{(l)}})$ $(k,l=\overline{1,2})$, які фігурують в (6).

Вектори $q_{0k}^{(l)}=col(q_{0km}^{(l)},\ m=\overline{1,M_{0k}^{(l)}})$, $q_{\Gamma k}^{(l)}=col(q_{\Gamma km}^{(l)},\ m=\overline{1,M_{\Gamma k}^{(l)}})$ $(k,l=\overline{1,2})$ значень $q_{0km}^{(l)}$ $(m=\overline{1,M_{0k}^{(l)}})$ та $q_{\Gamma km}^{(l)}$ $(m=\overline{1,M_{\Gamma k}^{(l)}})$ знайдемо з умов середньоквадратичного виконання умов (3), (4). Для цього функцію $w(\sigma,t)$, складові $w_k^{(l)}(\sigma,t)$ $(k,l=\overline{1,2})$ якої визначені згідно (5), (6), підставимо в початково-крайові умови (3), (4). Після чого задача по знаходженню вектора $\overline{q}=col(((q_{0k}^{(l)},\ q_{\Gamma k}^{(l)}),\ k=\overline{1,2}),\ l=\overline{1,2})$ зведеться до розв'язання (середньоквадратичного обернення) системи лінійних алгебраїчних рівнянь

$$C\overline{q}=\overline{W},$$

матриця C та вектор $\overline{W}$ якої будуються з врахуванням початково-крайових спостережень (3), (4).

Математичний розв'язок задачі та аналіз проблем його комп'ютерної реалізації. При побудові та аналізу функції (1), (5), (6) поперечних динамічних зміщень точок плити в рамках розглядуваної згідно (1)–(4) математичної моделі процесу будемо виходити з того, що визначений в точках $\xi_{km}^{0(l)}$ $(m=\overline{1,M_{0k}^{(l)}})$, $\xi_{km}^{\Gamma(l)}$ $(m=\overline{1,M_{\Gamma k}^{(l)}})$ $(k,l=\overline{1,2})$ вектор $\overline{q}$ такий, що

$$\overline{q}=\arg\min_{q\in R^M}\left\|Cq-\overline{W}\right\|^2,$$

може бути поданий [2] співвідношенням

$$\overline{q}\in\Omega=\{q:\ \ q=C^TP^+\overline{W}+\overline{v}-C^TP^+C\overline{v}\} \tag{8}$$

за довільного M-вимірного вектора $\overline{v}$, тотожньо рівного нулю, якщо $\det C^TC>0$, матриці P^+ – псевдообернений [2] до $P=CC^T$ та

$$M=\sum_{k,l=1}^{2}(M_{0k}^{(l)}+M_{\Gamma k}^{(l)}).$$

Середньоквадратична точність, з якою знайдена таким чином функція $w(\cdot)$ задовольнятиме співвідношенням (3), (4), визначатиметься [2] величиною

$$\varepsilon^2=\min_{w(\sigma,t)}\Phi=\min_{q\in\Omega}\left\|Cq-\overline{W}\right\|^2=\overline{W}^T\overline{W}-\overline{W}^TPP^+\overline{W}$$

при

$$\Phi = \sum_{r=1}^{R_0}\sum_{j=1}^{J_r}(L_r^0(\partial_t)w(\sigma,t)\Big|_{\substack{t=0\\ \sigma=\sigma_j^0\in S_0}} - W_{rj}^0)^2 + \sum_{\rho=1}^{R_\Gamma}\sum_{j=1}^{J_\rho}(L_\rho^\Gamma(\partial_\sigma)w(\sigma,t)\Big|_{s=s_j^\Gamma\in S_\Gamma} - W_{\rho j}^\Gamma)^2.$$

Комп'ютерна реалізація співвідношення (8), як і формул (5), (6), не викликає особливих проблем за відомих функцій $G_k^{(l)}(\cdot)$ $(k,l=\overline{1,2})$. Наведений же в [4] алгоритм обчислення контурних інтегралів (7) спрощується для осесиметричної динаміки розглядуваної плити. Якщо врахувати особливості підінтегральних функцій $d_k^{(l)}(\cdot)$ та $Q^{(l)}(\cdot)$ $(k,l=\overline{1,2})$, то для цього випадку

$$d_k^{(l)}(\cdot) = \overline{d}_k^{(l)}(\partial_x^2,\partial_y^2,z,\partial_t^2)\,,\ Q^{(l)}(\cdot) = \overline{Q}^{(l)}(\partial_x^2,\partial_y^2,\partial_t^2)\quad (k,l=\overline{1,2})\,,\text{a}$$

$$G_k^{(l)}(\xi-\xi',z) = \frac{1}{\pi^3}\times$$
$$\times\int_0^{+\infty}\frac{\overline{d}_k^{(l)}(-p_1^2,-p_2^2,z,-q^2)}{\overline{Q}^{(l)}(-p_1^2,-p_2^2,-q^2)}\cos(p_1(x-x'))\cos(p_2(y-y'))\cos(q(t-t'))dqdp_1dp_2. \qquad (9)$$

Зауважимо, що реалізація функції (9) ще більше спроститься, якщо в степеневих рядах функцій $d_k^{(l)}(\cdot)$ та $Q^{(l)}(\cdot)$ $(k,l=\overline{1,2})$ обмежитися скінченним числом членів, які відповідають класичній та конкретним уточненим теоріям динаміки товстих пружних плит.

Висновки. Розв'язана математично та механічно складна задача еластодинаміки товстої пружної плити скінченних розмірів, яка знаходиться в умовах невизначеності за початково-крайовими спостереженнями. Запропонований алгоритм її комп'ютерної реалізації.

Список літератури

1. Стоян В. А., Двирничук К. В. К построению дифференциальной модели поперечных динамических смещений толстого упругого слоя // Проблемы управления и информатики. – 2012. – № 4. – С. 74-83.
2. Стоян В. А. Математичне моделювання лінійних, квазілінійних і нелінійних динамічних систем. – К.: ВПЦ «Київський університет», 2011. – 310 с.
3. Стоян В. А., Двирничук К. В. Об интегральной модели поперечных динамических смещений толстого упругого слоя // Проблемы управления и информатики. – 2013. – №1. – С. 52-61.
4. Стоян В. А., Двірничук К. В. До побудови інтегрального еквіваленту лінійних диференціальних моделей // Доповіді НАН України. – 2012. – № 9. – С. 36-43.