

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ НАВИГАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И ОБОРУДОВАНИЯ ГП «ОРИЗОН-НАВИГАЦИЯ»

Условия применения и развития ГНСС требует непрерывного совершенствования навигационной аппаратуры потребителей СНС.

Повышение требований к НАП СНС идёт по трём основным направлениям:

- а) развитие существующих и создание новых видов НАП СНС;
- б) повышение требований к точности определения навигационных параметров;
- в) повышение требований к помехозащищенности НАП СНС.

Рассмотрим методы повышения помехозащищенности навигационной аппаратуры.

1. Мультисистемность и многочастотность – применение НАП (РПУ), обладающей возможностью приема и обработки сигналов от различных СНС (GPS, ГЛОНАСС, GALILEO, SBAS (WAAS, EGNOS, MSAS)) в нескольких рабочих диапазонах. Это тот путь который зарекомендовал себя, как наиболее эффективный. Следует отметить, что принципы мультисистемности и многочастотности, в своё время были приняты как основополагающие в концепции проектирования навигационной аппаратуры ГП «Оризон-Навигация».

2. Пространственная селекция сигналов и подавление сигнала помех:

а) цифровая антенная решётка (ЦАР) с «максимумами» в направлениях на навигационные космические аппараты;

б) цифровая антенная решётка с «нулями» в направлениях на источники помех;

в) компенсация помех с помощью одной или нескольких вспомогательных антенн.

3. Предкорреляционная обработка смеси сигналов и помех:

а) обработка спектра смеси сигналов и помех с целью подавления сосредоточенных спектральных составляющих на основе прямого и обратного дискретного преобразования Фурье;

б) обработка спектра смеси сигналов и помех с целью подавления сосредоточенных спектральных составляющих методом компенсации;

в) обработка смеси сигналов и помех во временной области.

4. Алгоритмическая посткорреляционная обработка сигнала:

а) некогерентный приём сигналов;

б) алгоритмические (программные) способы помехоустойчивого выделения эфемеридной информации (ЭИ);

в) использование в приёмнике избыточной информации, заложенной в структуре сигнала: связь между частотой несущей и тактовой частотой кода; связь между сигналами одного спутника, передаваемыми на разных несущих частотах;

г) использование в приёмнике избыточной информации, заложенной в составе сигналов СНС (контроль целостности системы по одному или нескольким алгоритмам).

5. Комплексирование с внешними источниками навигационной информации:

а) использование информации о скоростях и / или ускорениях по осям объекта, о высоте и др., поступающих от дополнительных датчиков;

б) комплексирование с инерциальной навигационной системой.

6. Формирование навигационных полей (собственных) средствами локальных радионавигационных систем.

Показатели эффективности методов помехозащищенности приведены в таблице 1.

Таким образом, при реализации вышеозначенных методов помехозащищенности, можно говорить, по крайней мере, о повышении уровня помехоустойчивости в режиме наведения каналов на 30, а в режиме сопровождения на 40 дБ, что конечно не является окончательным решением вопроса, но значительно повышает эффективность применения

средств спутниковой навигационной аппаратуры даже в условиях активного противодействия.

Таблица 1

№ пп	Метод	Достижимый уровень помехозащищенности, дБ		Тип помехи
		режим сопровождения	режим наведения каналов	
1	Контроль целостности СНС	до 6	0	Гармоническая; полигармоническая; импульсная; шумоподобная; имитационная; сложная имитационная.
2	Пространственная селекция сигналов и подавление помех	от 10 до 40	от 10 до 40	Гармоническая; полигармоническая; импульсная; шумоподобная.
3	Посткорреляционная обработка сигнала (уменьшение порога чувствительности колец слежения к воздействию помех).	5 – 7	5 – 7	Гармоническая; полигармоническая; импульсная; шумоподобная.
4	Алгоритмическая посткорреляционная обработка сигнала (алгоритмические (программные) способы помехоустойчивого выделения эфемеридной информации).	до 6	0	Гармоническая; полигармоническая; импульсная; шумоподобная.
5	Предкорреляционная обработка смеси сигналов и помех	15—30 15—20 до 20	15—30 15—20 до 20	Гармоническая; полигармоническая; импульсная.

Принимая во внимание вышеизложенное, предлагается рассмотреть такой подход к решению вопросов топогеодезического обеспечения, который бы позволил гарантированно их решать даже в условиях активно противодействия.

С этой целью введем понятие «Локальная радионавигационная система».

Локальная радионавигационная система (ЛРНС) предназначена для обеспечения высокоточной навигации в условиях затруднения приема сигналов ГНСС GPS/ГЛОНАСС, вследствие непреднамеренных либо преднамеренных помех, а также в закрытых пространствах и в условиях высоких широт и т.д.

Хочу обратить внимание на следующие факты, а именно на некоторые тенденции в технической политике ведущих стран мира, в том числе и собственно владельцев систем глобального позиционирования.

Рассмотрим некоторые аспекты технической политики РФ в области функциональных дополнений системы ГЛОНАСС.

Так в Предложениях от 28 апреля 2004г. Межгосударственного совета «Радионавигация» говорится.

«Совет считает необходимым уделить особое внимание решению проблемы обеспечения гарантированной работы спутниковых средств навигации в условиях непреднамеренных и организованных помех, для чего продолжить работы по комплексному использованию спутниковой информации и данных других радиотехнических навигационных систем.

Совету представляется необходимым создание комплекса мер, среди которых комплексное использование информации СРНС и автономного оборудования (инерциальные и другие средства определения координат). Интегрирование радионавигационных систем (спутниковых и наземных) является одним из перспективных направлений развития систем радионавигации».

Межгосударственный совет «Радионавигация» постановил рекомендовать потребителям спутниковой информации транспортного комплекса РФ обратить внимание на необходимость усиления внимания к вопросам комплексного использования спутниковой информации и данных автономных и других радиотехнических навигационных систем.

Аналогичные тенденции имеют место и в США.

В соответствии с нормативным документом США в отрасли политики развития ГНСС GPS – «Federal Radionavigation System» (в 2001г.) в качестве наиболее приоритетной задачи определено:

«...обеспечение стойкости навигационных систем в условиях подавления ГНСС, в т.ч. – подавления ГНСС средствами РЕП противника на театре военных действий».

Средствами обеспечения стойкости к подавлению ГНСС определены локальные дополнения.

В документе предусматривается развитие аэродромных псевдоспутников (APL) в качестве подсистемы LAAS.

8 декабря 2004 года Президент США утвердил новую национальную политику, которая определяет основные направления и пути реализации программ создания систем координатно-временного и навигационного обеспечения.

«Политика» предусматривает необходимость координатно-временного обеспечения гражданских потребителей и вооруженных сил США в условиях подавления сигналов GPS вероятным противником.

В этом смысле очень интересно заявление Начальника Главного штаба ВВС США генерала Нортон Шварца от 20.01.2010 года, в части национальной политики США в области функциональных дополнений системы GPS: «Повседневная зависимость военных от GPS хорошо известна. GPS полностью изменила все, что касается ведения боевых действий: от планирования операций до применения боеприпасов. Поскольку эта наша зависимость от GPS только возрастает, физики исследовательской лаборатории ВВС изучают новые многообещающие технологии типа холодного атома, псевдоспутников, а также инерциальных систем на основе цифровых карт рельефа местности и лазерных радаров, которые ведут к созданию сверхточных, менее зависимых от орбитальных GPS систем. Мне представляется необычайно важным сокращение зависимости вооруженных сил от орбитальных GPS в пользу достижения еще более высокой точности и меньшей уязвимости для помех противника».

Следует отметить, что развитие в этом направлении уже начато и наиболее значительный успех достигнут в части создания, с использованием псевдоспутников, современных систем посадки летательных аппаратов.

Американская версия GBAS в качестве одной из подсистем включает в себя аэродромные псевдоспутники (APL).

По сообщениям в открытой печати, в США к 2020 году планируется обеспечить возможность беспилотного ведения боевых действий (включая полностью автоматическую посадку) для 30% боевых самолетов.

В 2000 году на экспериментальном самолёте X-31 фирм BOEING/EADS, в рамках программы «VECTOR», проводилась отработка системы автоматической посадки с использованием навигационной подсистемы на базе псевдоспутников – IBLIS (Integrity Beacon Landing System).

Как перспективу дальнейшего развития функциональных дополнений системы GPS, в США видят в размещении элементов локальной навигационной системы на аэростатах.

Компанией Raytheon уже проводятся исследования этого направления.

По оценкам специалистов, при таком подходе можно будет создавать навигационное поле с радиусом (ориентировочно) до 200-500 км.

Рассмотрим также перспективы развития морских радионавигационные системы (МРНС).

МРНС используют для передачи данных средневолновые радиомаяки (РМ) с дальностью действия до 300 км. Такие маяки размещены практически по всему побережью США, по побережью Италии, по периметру о. Исландия и в других странах Европы.

Радиомаяки размещены также вдоль побережья Австралии, имеются в Китае, Индии, Южной Африке, Великобритании, Канаде, России, Украине и в ряде других стран.

Наше предприятие, в своё время, разработало ККС, которая сопрягается с радиомаячным оборудованием и целый ряд портов в РФ, был оснащён такими станциями. Три ККС были установлены в украинских портах – в Одессе, в Керчи и на о. Змеином.

Морские РНС в Норвегии, отдельных районах Финляндии, в Исландии в своем составе имеют псевдоспутники.

Использование псевдоспутников в составе морских локальных РНС планируется и в США.

Ещё одним направлением развития функциональных дополнений ГНСС является создание и развитие дифференциальной подсистемы ГНСС на базе радиомаяков для морского и речного транспорта. Работы проводятся в рамках Федеральной целевой программы, утвержденной Постановлением Правительства РФ от 15.11.97г. № 1435.

Проведение работ определено также Российским радионавигационным планом, проектом Федеральной целевой программы «Мировой океан» и Решением Координационного совета по использованию системы ГЛОНАСС.

Сеть локальных функциональных дополнений, работающих по системам ГЛОНАСС и GPS, будет охватывать также все побережье России и акватории прилегающих морей.

Рассмотрим некоторые особенности так называемых наземных дополнений к ГНСС.

Сеть наземных псевдоспутников излучает сигнал, схожий по параметрам с сигналом GPS/ГЛОНАСС, который может быть принят обычным приемником GPS/ГЛОНАСС, с минимальными программными модификациями (в частности это может быть приемник СН-3003М «Базальт-М»).

Наземные дополнения к ГНСС позволяют:

а) увеличить точность позиционирования до единиц метров за счет отсутствия у наземных станций эфемеридных и ионосферных погрешностей, а также за счёт геометрически оптимального размещения псевдоспутников;

б) увеличить мощность сигнала, за счет чего повысить устойчивость к РЭП;

в) обеспечить навигацию внутри помещений;

г) обеспечить возможность работы с «длинными кодами» типа ВТ.

Рассмотрим, каким образом может быть построена система локальной навигации на базе ПС.

Во первых, создаётся сеть ПС, степень насыщенности сети зависит от характера, решаемых задач. Псевдоспутники могут устанавливаться в точках с известными координатами, например на пунктах ГГС и объединяются в сети. Наиболее перспективными являются MESH-сети, способные работать не только по схеме точка-точка, но и самоорганизовываться в интеллектуальную структуру, использующую каждый элемент сети для адресной ретрансляции данных. Таким образом, появляется возможность оперативного

воздействия на все элементы системы, позволяющая реализовывать огромное разнообразие алгоритмов управления.

Для контроля целостности навигационного поля и повышения показателей автономности в состав системы может быть включена контрольно-корректирующая станция. Это позволит еще большей степени повысить потребительские свойства системы, в части точности определения местоположения и достоверности навигационной информации, постольку кроме обеспечения дифференциального режима работы, ККС может осуществлять мониторинг элементов как локального, так и глобального навигационного поля.

При условии синхронизации шкал времени ПС от высокостабильного, например рубидиевого, стандарта частоты и времени, локальная система становится полностью автономной и способной самостоятельно обеспечивать решение вопросов топогеодезического и временного обеспечения, практически для всего спектра прикладных задач, даже при полной изоляции или уничтожении средств глобального позиционирования космического базирования.

Кратко рассмотрим составные части системы.

Псевдоспутник, по своей сути – это формирователь навигационного сигнала, дополненный усилителем мощности и антенно-фидерным трактом. В части проектирования и практической реализации мы не видим здесь не разрешимых проблем. На предприятии есть достаточно серьезные наработки, в части создания имитаторов сигналов практически всех, существующих на сегодняшний день СНС и гипотетически возможных, при условии существования интерфейсного контрольного документа с описанием структуры навигационного и сигнала и частотного плана. Более того специалистам ГП «Оризон-Навигация» удалось создать универсальный канал формирования сигнала, что в свою очередь позволит дистанционно (по команде с пункта управления) переводить ПС в режим формирования сигнала любой СНС.

По результатам проведенного исследования сформирован ряд предложений по использованию существующего частотного плана, позволяющих уже сегодня создавать и использовать ЛРНС для решения различных задач. Позвольте озвучить основные подходы, к этому вопросу, которые по нашему мнению могут быть использованы наиболее эффективно и учтены при формировании тактико-технических требований к системе.

Для передачи навигационного сигнала (НС) может быть использован существующий частотный план ГЛОНАСС и GPS:

а) передача НС может осуществляться в диапазонах L1, L2 ГЛОНАСС на литерях 8-12, не используемых в данное время спутниками ГЛОНАСС;

б) передача НС может осуществляться на военной частоте GPS (L2) с использованием кодовой модуляции с кодами L1 или с собственными кодами.

При подключении к системе внешнего конвертора частот, передача НС может осуществляться на любой другой частоте.

В качестве прототипа формирователя навигационного сигнала может рассматриваться серийно изготавливаемый ГП «Оризон-Навигация» имитатор сигналов GPS/ГЛОНАСС.

Контрольно-корректирующая станция.

Обратная связь между псевдоспутниками и контрольно-корректирующей станцией обеспечивает их мониторинг, а при необходимости оперативную корректировку данных, что в свою очередь обеспечивает краткосрочную (до 48 часов) полную автономность.

Наличие в составе базовой станции собственного высокоточного рубидиевого стандарта частоты и времени обеспечивает возможность долгосрочной автономной работы системы.

Включение ККС в MESH-сеть позволяет использовать этот канал связи и для передачи корректирующей информации.

В качестве прототипа ККС может рассматриваться серийно изготавливаемый ГП «Оризон-Навигация» комплект оборудования – СН-3500.

Остановимся на преимуществах предлагаемой системы.

1. Относительно дешёвые псевдоспутники.

2. Относительно низкая стоимость обеспечивает возможность установки большого числа псевдоспутников по всей траектории движения, например по всей протяженности захода на посадку воздушных судов.

3. Наличие собственного высокоточного рубидиевого генератора базовой станции обеспечивает возможность автономной работы системы.

4. Обратная связь между псевдоспутниками и контрольно-корректирующей станцией обеспечивает подстройку псевдоспутников и обеспечивает их мониторинг.

Рассмотрим некоторые, по мнению автора, наиболее перспективные, варианты формирования локальных навигационных полей.

Используя сеть ПС, назовём её опорной, можно создавать новую либо расширять существующую сеть, то есть осуществлять развитие и сгущение сети. ККС, в данном случае, могут быть общими как для существующей – опорной сети, так и для вновь создаваемой.

Такие сети рекомендуется создавать для решения задач навигационного обеспечения в локальных зонах, районах.

Таким образом, появляется возможность достаточно оперативно создавать системы для региональных применений на базе ПС, устанавливаемых на аэростатах, БПЛА, вертолетах и других объектах воздушного базирования.

Позиционирование псевдоспутников, установленных на такого рода объектах, осуществляется по наземной сети ПС, например, по сигналам ЛРНС, построенной по рассмотренной ранее структуре либо посредством лазерного локатора.

Остановимся на рассмотрении возможных сфер применения локальных радионавигационных систем на базе псевдоспутников.

Одной из наиболее перспективных и очевидных сфер применения ЛРНС является обеспечение посадки воздушных судов в условиях сложной помеховой обстановки, в том числе и в условиях активного противодействия.

Следует отметить факторы повышения помехоустойчивости:

а) повышенная мощность передатчиков ПС локальной радионавигационной системы значительно снижает возможность их подавления:

б) динамическое изменение мощности передатчика в зависимости от внешних условий;

в) динамическое изменение кода;

г) скачки по частоте.

д) управление лучом передатчика с помощью коммутируемых антенн или направленных антенн с механическим сканированием.

е) увеличение длины псевдослучайной последовательности.

Благодаря реализации такого комплекса мероприятий, даже в условиях активного противодействия, точность позиционирования может быть обеспечена на субсантиметровом уровне.

Еще одной перспективной сферой применения ЛРНС может стать задача формирования сверхточных навигационных полей.

Формирование сверхточных навигационных полей в районах нефтегазовых месторождений, на шельфах, в удалённых районах в области высоких широт позволяет осуществлять:

а) мониторинг смещения удалённых инженерных сооружений;

б) обеспечение посадки вертолетов на нефтяные и газовые платформы в сложных метеоусловиях и др.

Очевидна высокая эффективность применения ЛРНС в качестве функционального дополнения ГНСС в районах, где прием сигналов глобальных систем позиционирования затруднен либо погрешность определения координат недопустимо велика.

Так общеизвестно, что в областях высоких широт, особенно в приполярных районах существующие системы глобального позиционирования GPS и ГЛОНАСС работают с погрешностями более 100м.

Для решения проблемы навигационного обеспечения в акваториях приполярных портов целесообразно применять локальные радионавигационные поля на базе псевдоспутников. И в ряде скандинавских стран, осознавая это, уже сегодня проводятся работы по созданию и развёртыванию таких локальных систем.

В настоящее время, когда значительно возросли транспортные потоки, а в системы управления транспортом все интенсивнее внедряются перспективные космические технологии глобального позиционирования, очень остро встаёт проблема использования подобного рода технологий в мегаполисах, где городская застройка зачастую делает невозможным их использование. Применение ЛРНС в качестве функциональных дополнений ГНСС позволяет повысить эффективность, а иногда в принципе реализовать потенциальную возможность, применения автомобильных навигаторов и тахиографов (черных ящиков) в условиях высотной городской застройки.

Использование подобного рода систем позволяет проводить:

- а) документирование работы водителя;
- б) сбор информации для страховых компаний;
- в) передачу информации о дорожной обстановке, например о пробках.

Получать точную и оперативную информацию о местоположении объектов и сотрудников спецслужб, в том числе в метро и внутри других закрытых помещений.

Одним из перспективных направлений, по нашему мнению, может стать применение локальных навигационных полей для навигации БПЛА и боевых роботов, что позволит решать задачи как дистанционного управления этими объектами, так и автоматизировать процесс выполнения поставленной задачи.

По нашему мнению, создание собственной ЛРНС на базе ПС в сочетании с другими известными методами повышения помехоустойчивости может решить данную проблему. При этом для формирования навигационного поля могут быть использованы ПС, устанавливаемые как на поверхности Земли, с учетом рельефа местности, так и доставляемые средствами БПЛА в заданный район.

В заключении следует подвести некоторый итог и еще раз акцентировать внимание на преимуществах применения ЛРНС.

1. Высокая мощность.
2. Высокая точность (до 10 см при использовании фазовых измерений).
3. Пространственное разделение передающих антенны и ПС.
4. Относительно невысокая стоимость ПС дает возможность размещения большого их количества в заданном районе.
5. Мерцающая работа ПС.
6. Создание ПС ложных навигационных полей.

Таким образом являясь хозяином ЛРНС, ВС Украины смогут реализовать широкое разнообразие и гибкость конфигурации системы. При этом вариативность системы может быть заложена как её неотъемлемый атрибут еще на этапе формирования тактико-технических требований и собственно проектирования.

Следует также отметить, что такая система достаточно легко может быть интегрирована в системы глобального позиционирования и вместе с тем сможет гарантированно обеспечивать технологическую и информационную независимость в части решения вопросов топогеодезического обеспечения как в стране в целом, так и для решения специальных задач.