

*В.П. Квасников, д.т.н.  
(Национальный авиационный университет, Украина),  
С.А. Сапрыкин, к.т.н.  
(Украинский научно-исследовательский институт природных газов, Украина)*

## **ВЫБОР И ОБОСНОВАНИЕ ВИБРОДИАГНОСТИЧЕСКИХ ПРИЗНАКОВ ГАЗОПЕРЕКАЧИВАЮЩЕГО ОБОРУДОВАНИЯ**

*Трансформируясь в газовую промышленность ГТУ и ГТД претерпели существенные изменения. Существующие системы виброконтроля, устанавливаемые на ГПА с газотурбинным и электроприводом часто реагируют на кратковременные всплески вибрации и формируют аварийные сигналы для остановки ГПА в случаях, не представляющих для агрегатов опасности.*

Газотурбинные установки (ГТУ) и газотурбинные двигатели (ГТД), используемые в качестве приводов центробежных нагнетателей природного газа, представляют собой основной и постоянно совершенствующийся тип привода нагнетателя природного газа в газотранспортной системе отрасли.

Начиная с 1994 г. в Украине осуществляется программа реконструкции КС с использованием украинских газовых турбин и компрессоров с высоким (32-37%) коэффициентом полезного действия (КПД) производства АО "Мотор Сич" г. Запорожье, НПО "Машпроект" и ПО "заря" г. Николаев и Сумское НПО им. М.В. Фрунзе.

Трансформируясь в газовую промышленность ГТУ и ГТД претерпели существенные изменения. В этих агрегатах воплощены накопленный опыт и современные достижения газотурбостроения в авиационной, судостроительной, транспортной и энергетической промышленности на смену агрегатам первых поколений приходят более совершенные, с высокими технико-экономическими и качественными экологическими показателями, агрегаты блочной конструкции.

Однако недопустимо часто газоперекачивающие агрегаты (ГПА) выводятся в ремонт после аварий с очень большими повреждениями основных узлов.

В большинстве случаев доводка конструкций до требуемой надежности ГПА производится в эксплуатационных условиях, непосредственно на КС.

Существующие системы виброконтроля, устанавливаемые на ГПА с газотурбинным и электроприводом часто реагируют на кратковременные всплески вибрации и формируют аварийные сигналы для остановки ГПА в случаях, не представляющих для агрегатов опасности. Остановленные по причине высокой вибрации, агрегаты в условиях эксплуатации вынужденно подвергают пробным пускам для проведения вибрационного диагностирования, несмотря на их аварийное состояние.

Газотранспортные, добывающие предприятия несут большие потери вследствие неэффективности существующих систем виброконтроля и вибродиагностирования.

Обнаружение на работающей машине дефектного узла является особенно важной проблемой для ГПА большой мощности и габаритов. решение этой проблемы существенно сокращает время на устранение неисправностей в ГПА.

Для основных узлов не установлены вибродиагностические параметры для создания специализированной вибродиагностической и виброконтрольной аппаратуры, недостаточно изучен механизм возникновения вибрации основных узлов, что обусловило актуальность проблемы. Возникла необходимость исследования вибрационных процессов в ГПА, определения причин, из-за которых стандартные подходы не обеспечивают надежного контроля технического состояния основных узлов.

Практически для всех типов ГПА отсутствуют исследования по определению технических характеристик приборов и систем непрерывного контроля вибрации,

обеспечивающих надежное формирование аварийных сигналов при минимальном количестве "ложных" срабатываний защиты от вибрационных перегрузок.

В отличие от регламентированных в большинстве случаев параметров вибрации, используемых для виброконтроля, диагностические параметры являются неизвестными и уникальными для каждого из типов машин и агрегатов. Поэтому, кроме определения пороговых значений виброконтроля следует установить вибрационные параметры, которые необходимо использовать в качестве диагностических признаков для каждого конкретного типа ГПА, разработать технические и программные средства, методы диагностирования.

Важнейшей задачей вибрационной диагностики является поиск и формирование диагностических признаков неисправностей. Поиск диагностических параметров не может быть эффективным без проведения и анализа результатов большого количества экспериментальных исследований. Именно поэтому количество разработок в области вибродиагностики растет.

Анализ литературных источников и патентных исследований, связанных с вибродиагностикой и виброконтролем ГПА в условиях эксплуатации показал, что методы определения их технического состояния не достигли еще уровня надежности, который необходим для эксплуатации, что эта проблема до последнего времени оставалась нерешенной.

Недостаточное внимание уделено поиску диагностических признаков для определения дефектов основных узлов различных типов газоперекачивающего оборудования, а именно:

расцентровке валов; зубчатых зацеплений; соединительных муфт; жесткости подшипниковых узлов; выкрашиванию и разрушению антифрикционного слоя подшипников; износу цилиндропоршневой группы; основных узлов турбокомпрессора газомоторного компрессора (ГМК) и др.

Для подтверждения и обоснования диагностических признаков разработаны методики и проведены комплексные экспериментальные исследования в эксплуатационных условиях: с установкой вибропреобразователей непосредственно на подшипниковые опоры внутри ГТН-25, а для ГПА-16 и СТД-400 – в районе подшипниковых опор снаружи с глубоким анализом при проведении ремонта; с последовательной установкой препарированных вкладышей на шейки коленчатого вала ГМК 10ГКН и МК8 с имитацией различных дефектов подшипников скольжения; на одноцилиндровом отсеке ГМК с идеальным техническим состоянием; с установкой заведомых дефектов, которые позволили получить зависимости уровней вибрации от наработки, мощности и технического состояния, установить допустимые уровни вибрации по частотным полосам для формирования предупредительных и аварийных сигналов с выделением диагностических признаков.

В качестве новых дополнительных диагностических признаков впервые предложены: частоты собственных и вынужденных колебаний узлов в зависимости от изменения режима работы; амплитуды поступательных и малых угловых колебаний в выбранном направлении и фазовые сдвиги; измерение в едином масштабе времени вибрационных перемещений всех подшипников ротора; жесткость подшипниковых опор; четко фиксированный на временной оси импульсный сигнал при стабильной частоте вращения для определения разрушения антифрикционного слоя вкладыша подшипника, характерного для роторных машин; вибрационные параметры для определения расцентровок между валами нагнетателя, редуктора и зубчатых муфт; вибрационные сигналы, исходящие от двух подшипников, расположенных на одной шатунной шейке коленчатого вала; величины углов между плоскостью движения шатуна и векторами максимальной амплитуды вибрации; выделение уровней вибрации в полосе частот, связанных с процессом горения, которые применены при разработке технологий, аппаратных и программных средств виброконтроля и вибродиагностирования ГПА.

## Выводы

Создание новых методов и средств технического обслуживания ГПА с использованием современных средств вибрационной диагностики позволит с высокой точностью и надежностью без остановки и разборки оценивать техническое состояние основных узлов и агрегатов в целом, сократить эксплуатационные затраты, прогнозировать остаточный ресурс [1-15].

## Литература

1. Дослідження коливань конструктивних елементів газоперекачувальних агрегатів / Соляник В. Г., Груздь В.Я., Шлапак Л.С., Саприкін С.О., Бойко М.В. //Нафтова і газова промисловість.- 1999.-№4.-С.38-39.
2. Пат.16384 Україна, МКІ G01M 7/00. Спосіб вібраційного контролю машин/ Бойко М.В., Поліщук О.Ф., Саприкін С.О., Божко О.Е. (Україна) – А11727013: Заявлено 15.06.87; опубл. 20.08.97. Бюл.№4 – 3с.
3. Пат. России заявка 4262817/28 заявлен 15.06.1987, опубл. 15.04.92. Бюл.14.-3 с.
4. Пат.19897 Україна, МКІ G01M 7/00. Пристрій для вимірювання параметрів вібрації машин/ Бойко М.В., Саприкін С.О., Божко О.Е., Поліщук О.Ф., (Україна) – 4116722/SU; заявлено 12.09.86; опубл. 25.12.97. Бюл.№6 – 4с.
5. Пат.16558 Україна, МКІ G01M 13/02. Спосіб вібродіагностування дефектів в кінематичних ланцюгах машин/ Бойко М.В., Саприкін С.О. (Україна) – 4601320/SU; заявлено 03.10.88; опубл. 29.08.97. Бюл.№4 – 3с.
6. Пат.54696 Україна, МКІ G01H 1/08. Пристрій для контролю вібрацій об'єктів / Бойко М.В., Козак Р. В., Саприкін С.О., Гарагуль А.А. (Україна) – 2002010109: заявлено 03.01.2002; опубл. 17.03.2003. Бюл.№3 – 2с.
7. Декларативний Пат. Україна, МКІ G01M 15/00. Спосіб діагностування газотурбінної установки/ С.О. Саприкін , І.В. Сухоруков, М.А. Зарубін (Україна) – №20040605148; заявлено 29.06.2004; опубл. 15.06.2005. Бюл.№6-3с.
8. Пат. 16557 Україна, МКІ G01M 13/04. Спосіб визначення жорсткості підшипникових опор/ Бойко М.В., Саприкін С.О., Поліщук О.Ф., Нефедов А.А. (Україна) – А1 1296890, 3920542/SU; заявлено 01.07.85; опубл. 29.08.97. Бюл.№4 – 3с.
9. Пат.26494 Україна, МКІ G01M 13/04. Спосіб контролю технічного стану підшипників колінчатого валу/ Саприкін С.О., Поліщук О.Ф., Бойко М.В., Таргонський В. О.(Україна) – 93007711; заявлено 05.11.1993; опубл. 11.10.1999. Бюл.№6 – 6с.
10. Оценка технического состояния шатунных подшипников ГМК МК 8 / Игуменцев Е.А., Сапрыкин С.А., Полищук О.Ф., Сапрыкин А.С. // Прогресивні технології і системи машинобудування: Міжнародний зб. наукових праць; Донецьк: Дон-НТУ, 2006.-Вип.31.-С. 146-152.
11. Пат.1741007А1. Россия, МКІ G01M 15/00. Способ диагностирования цилиндропоршневой группы газомотокомпрессора/ Бойко М.В., Делюсго С.Л., Козак В.Р., Сапрыкин С.А. (Україна) – 4863563/06; заявлено 12.06.1990; опубл. 15.06.1992. Бюл.№22 – С.3.
12. Пат.32585 Україна, МКІ F02M 65/00. Спосіб діагностування газовпускних клапанів силових циліндрів/ Бойко М.В., Саприкін С.О., Козак Р. В., Гарагуль А.А. (Україна) – 96010370: заявлено 30.01.1996; опубл. 15.02.2001. Бюл.№1 – 2с.
13. Сапрыкин С.А. Методы и технические средства вибрационной диагностики газоперекачивающего оборудования / С.А. Сапрыкин - X: Прапор, 2009.-368 с.
14. Саприкін С.О. Прилади та методи віброконтролю і вібродіагностування газоперекачувальних агрегатів та компресорних установок газотранспортної системи України / Саприкін С.О. //Техническая диагностика и неразрушающий контроль.-2006.№2.-С.33-38.
15. Саприкін С.О. Оптимальне планування ремонтів газоперекачувального обладнання за комплексними результатами вібраційного та параметричного діагностування / Саприкін С.О., Сімкіна Р.А. // Нафтова і газова промисловість.- 2006.-№3.-С.44-49.