

«УТВЕРЖДАЮ»



Первый проректор – проректор по научной работе ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет», д.т.н, профессор

М.В. Ненашев

« 6 » *сентября* 2022 г.

## ОТЗЫВ

### ведущей организации

Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Самарский государственный технический университет» на диссертационную работу Саубанова Оскара Маратовича на тему: «Совершенствование удаленной диагностики газоперекачивающих агрегатов на базе штатного оборудования», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.8.5. – «Строительство и эксплуатация нефтегазопроводов, баз и хранилищ (технические науки)»

#### 1. Актуальность темы выполненной работы

Кандидатская диссертация Оскара Маратовича Саубанова содержит исследования, направленные на повышение надежности газоперекачивающих агрегатов путем разработки и внедрения системы удаленного мониторинга и диагностики вибрационных сигналов в режиме реального времени.

Актуальность темы диссертации подтверждается включением этих проблем в виде соответствующих тематик Программы инновационного развития ПАО «Газпром».

Обеспечение высокой надежности нагнетательного оборудования, в особенности газотурбинных двигателей и центробежных компрессоров, возможно только при комплексном подходе к проблеме, путем сочетания различных методик, способов и подходов, обеспечивающих эффективное определение технического состояния диагностируемого оборудования, самой диагностики, своевременного выявления и предвосхищения нештатных ситуаций с аварийными остановами и потерей работоспособности.

Соискатель реализовал удаленный вибрационный мониторинг газотурбинных двигателей и центробежных компрессоров в составе ГПА на базовом оборудовании компрессорных станций, что соответствует

выводу об актуальности темы выполненных им диссертационных исследований.

## **2. Научная значимость результатов диссертации**

В ходе выполненных соискателем исследований получены следующие новые научные результаты:

1. Прежде всего, это разработанные методики удаленного полосового анализа корпусной вибрации газотурбинных двигателей в реальном масштабе времени по уровню известных нормативных значений и статистически определенных для конкретного ГТД величин вибрации в заданных полосах частот, позволяющие оценить техническое состояние узлов, определить изменения вибрации в выделенных полосах частот и выполнить оценку вибросостояния по приближению к предупредительным уровням, свидетельствующим об ухудшении технического состояния узла двигателя.

2. Для практической реализации предложена методика технической организации удаленного контроля уровня вибрации ГПА (ЦБК и ГТД) с использованием штатного оборудования КС.

3. Для обеспечения большей эффективности разработанных автором методик диагностирования вибрации газотурбинных приводных двигателей установлены закономерности изменения величин вибрации в полосах частот в зависимости от изменения состояния узлов ГТД, что позволило получить пороговые значения виброскорости в 23 узкополосных составляющих спектра вибрации, соответствующие дефектному состоянию подконтрольного узла газотурбинного двигателя АЛ-31СТ с известной вероятностью пропуска опасного состояния.

4. Разработана методика удаленного мониторинга вибрации подшипниковых опор центробежных компрессоров ГПА, основанный на контроле за отклонением их вибрационных характеристик, зависящих от частоты вращения вала относительно эталонной базовой линии. По данным отклонениям составлен перечень возможных дефектов ЦБК, вызвавших рост вибрации.

## **3. Практическая значимость результатов диссертации**

Сама тема диссертационной работы О.М. Саубанова обуславливает ее практическую значимость. Из-за вибрации газоперекачивающих агрегатов и как следствие нештатных аварийных остановов ежегодно тратятся огромные денежные, материальные и трудовые ресурсы, при-

чем в большинстве случаев по причине несовершенства методов, позволяющих своевременно обнаружить причины и источники вибрации. Поэтому практическую значимость имеет сама разработка новых более эффективных методов решения этой задачи, но еще в большей степени - производственная апробация этих методов и их внедрение в практику.

Следует отметить, что результаты научных исследований соискателя реализованные в виде системы вибромониторинга ГТД типа АЛ-31СТ внедрены на ГПА-16Р «Уфа» КС ООО «Газпром трансгаз Уфа».

В ходе опытно-промышленной эксплуатации, система позволила интерпретировать дефект типа «расцентровка роторов компрессора и турбины низкого давления (КНД и ТНД)» на ГПА ст. № 12 КС-5 «Москово» до момента разрушения узлов газотурбинного двигателя.

В диссертации приводятся доказательства, что в результате интеграции в штатную систему виброконтроля разработанного блока спектрального анализа реализован удаленный полосовой анализа вибросигналов ГПА без внедрения аналогичных дорогостоящих и сложных коммерческих систем вибромониторинга и диагностики. За счет данного внедрения расширены функциональные диагностические возможности штатной системы вибромониторинга, при этом ее полнота диагностирования увеличена в 3,5 раза. Также снижены средние значения вероятностей ложной тревоги в полосах контроля до 5,8 %, пропуска дефекта до 0,2 %, и риска (ожидаемой величины потери) до 6 % по сравнению с действующими подходами диагностического обслуживания ГПА.

Все это позволяет утверждать, что результаты диссертационной работы О. М. Саубанова имеют промышленную апробацию.

#### **4. Конкретные рекомендации по использованию результатов и выводов диссертации**

Результаты диссертационной работы рекомендуется использовать:

— для практической реализации и разработки аналогичных систем удаленной вибрационной диагностики газотурбинных двигателей судовых, авиационных типов, эксплуатируемых на компрессорных станциях газотранспортных Обществ ПАО «Газпром»;

— для реализации предложенных полосовых норм вибрации в виде отраслевых стандартов по контролю вибрации ГТД типа ДР59Л и АЛ-31СТ в ПАО «Газпром»;

— для разработки технического задания на разработку систем предиктивной аналитики технического состояния ГПА для специализи-

руемых предприятий диагностического профиля (по заказу ПАО «Газпром»);

— для более эффективной и оперативной диагностики ключевых узлов ГПА, позволяющей оперативно выявлять дефекты и оценивать степень их опасности во всех действующих газотранспортных предприятиях.

## 5. Замечания по диссертационной работе

В процессе изучения и обсуждения работы в организации были сформулированы следующие замечания:

1. В тексте диссертационной работы в блоке спектрального анализа подразумевается использование фильтров со строго прямоугольными амплитудно-частотными характеристиками (АЧХ) фильтров. При этом в физически реализуемой АЧХ не учтено наличие боковых лепестков, находящихся в зоне смежных частотных диапазонов полос.

2. Не приведена оценка влияния смежных полос на частотные характеристики анализируемой частотной полосы в указанном выше контексте.

3. Не представлено влияния фазо-частотной характеристики фильтра на результат декомпозиции общего спектра на совокупность полосовых спектров.

4. Не в полной мере обосновано применение параметра виброскорости в полосовом мониторинге как единственного (необходимого и достаточного) параметра для оценки технического состояния исследуемых объектов при решении поставленных в диссертационной работе задач.

5. В тексте диссертационной работы встречаются неточности в формулировках применяемых терминов;

6. Не указано, каким образом выявленные разработанной системой удаленного вибромониторинга дефекты скажутся на реализации планов технического обслуживания и ремонта ГПА, какие инженерные решения по результатам мониторинга необходимо принимать, и каким отраслевым стандартам данные решения должны соответствовать.

7. Экономический эффект носит по большей части заявительный характер, т.к. отсутствуют расчеты по существующим руководящим документам для конкретного своевременного выявленного дефекта узла ГТД.

Замечания по автореферату. Несмотря на то, что автореферат

диссертации дает представления о выполненных исследованиях и полученных результатах, в нем имеются неточности. Например, не раскрыт принцип действия разработанной структурной схемы системы удаленного вибромониторинга ДР59Л (рисунок 1 на стр.15), неясно, что изображено на рисунке 3 стр.17 (без дополнительных пояснений диаграмма неинформативна); некоторые рисунки не читаются (например, рисунок 4); заключения и выводы имеют излишнюю детализацию полученных результатов. В тексте автореферата встречаются неточности в формулировках и понятиях (вибрационная модель, исправное и неисправное состояние ГТД).

Сделанные замечания могут служить предметом дискуссии на совете, однако принципиально не изменяют общей положительной оценки, научной и практической значимости диссертационной работы в целом.

## **6. Общая оценка диссертационной работы**

Диссертационная работа Саубанова Оскара Маратовича посвящена актуальной теме повышения надежности и долговечности газоперекачивающего оборудования компрессорных станций.

Работа изложена грамотным научным языком. По каждой главе и диссертационной работе в целом подведены итоги исследований. Автореферат отражает основные положения диссертации. Полученные результаты соответствуют поставленным целям и задачам. Достоверность результатов обеспечивается применением поверенных средств измерений, качественным планированием экспериментальных исследований.

Основные положения диссертационного исследования опубликованы в 22 публикациях, в том числе 1 ученом пособии, 4 публикациях в изданиях, входящих в перечень ВАК, 2 публикациях в изданиях, индексируемые в Scopus и/или Web of Science, 1 патенте РФ на полезную модель.

Приведенные выше замечания и дискуссионные моменты не влияют на общую положительную оценку и не снижают научную и практическую значимость диссертационной работы.

Диссертационная работа Саубанова О.М. отвечает критериям, которые утверждены Постановлением Правительства от 24 сентября 2013 года №842 (п. 9-14), Постановлением Правительства от 21 апреля 2016 года № 335 (п. 9-14, п. 32) «Положения о порядке присуждения ученых степеней» ВАК Минобрнауки РФ, предъявляемым к кандидатским диссертациям.

Представленная автором диссертация является завершенной научно-квалификационной работой, в которой изложены новые научно обоснованные технические решения по организации удаленного мониторинга и диагностики технического состояния узлов газотурбинных двигателей и центробежных компрессоров с использованием штатного оборудования, которые имеют существенное значение для развития газотранспортной системы страны.


Соискатель Саубанов Оскар Маратович **заслуживает** присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.8.5. – «Строительство и эксплуатация нефтегазопроводов, баз и хранилищ».

Диссертационная работа, автореферат на диссертацию Саубанова О.М. рассмотрены и обсуждены, а отзыв утвержден на расширенном заседании кафедры «Трубопроводный транспорт» Института нефтегазовых технологий ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет»

Присутствовало 12 человек, с правом решающего голоса – 12 человек. Результаты голосования: «за» – 12 чел., «против» - 0 чел., «воздержалось» – 0 чел.

Протокол № 1 от 06.09.2022 г.

Заведующий кафедрой «Трубопроводный транспорт», д.т.н. по специальности 05.13.18 «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ», профессор

 Стефанюк Екатерина Васильевна

Подпись Е.В.Стефанюк заверяю.

Ученый секретарь ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет»

 Малиновская Юлия Александровна  
«6» 09 2022 г.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Самарский государственный технический университет», кафедра «Трубопроводный транспорт».

Адрес: 441000, г. Самара, ул. Ново-Садовая, дом 10 корпус 9.

Контактный телефон 8(846) 334-62-20. E-mail: tt@samgtu.ru.

Официальный сайт: www.samgtu.ru