

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по науке и инновациям  
ФГБОУ ВО «Пермский  
национальный исследовательский  
политехнический университет»,  
д-р техн. наук, профессор



В. Н. Коротаев

« 17 » июля 2020 г.

## ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Пермский национальный исследовательский политехнический университет»

на диссертационную работу **Шичёва Павла Сергеевича**

на тему: «Определение предельных состояний ресурсопределяющих узлов промышленных консольных центробежных насосных агрегатов методом анализа спектров тока их электродвигателей», представленную на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.02.13 – Машины, агрегаты и процессы (нефтегазовая отрасль).

### 1. Актуальность темы диссертационного исследования

На нефтяных и газовых промыслах центробежные насосные агрегаты (ЦНА) консольного типа часто используются как основные и вспомогательные агрегаты систем водоснабжения, отопления и пожаротушения на комплексах добычи, перекачки, подготовки нефти и газа и водозаборных станциях. Важная роль консольных ЦНА в обеспечении устойчивой работы систем нефтегазовых промыслов определяет высокую значимость поддержания надежности агрегатов на протяжении всего срока их эксплуатации.

Надежность ЦНА в процессе функционирования обеспечивается проведением процедур технического обслуживания и ремонта, в состав которых входит контроль текущего технического состояния (КТС) на работающих агрегатах, который может основываться на использовании различных методов диагностики.

Основной целью проведения КТС является оценка вида технического состояния агрегата в целом и в отдельности его конструктивных узлов. При определении состояния узлов консольных ЦНА крайне важно установить текущий вид состояния подшипников агрегата и его сопряжения валов, выражающийся в показателе соосности валов, поскольку показатели работоспособности отмеченных узлов в значительной степени определяют общую ди-

намику ЦНА, характеризуют надежность и, в конечном счете, определяют ресурс агрегата.

В современных трудах отечественных и зарубежных авторов применительно к оценке состояний узлов в рамках КТС консольных ЦНА отмечается высокая эффективность электромагнитного метода, основанного на анализе параметров амплитудных спектров сигналов статорного тока, потребляемого электродвигателем агрегата из сети. Метод позволяет организовать КТС без непосредственного доступа к агрегату, сократить количество точек контроля, объем измерений и затраты на аппаратуру, что выгодно отличает его от паритетных по информативности и глубине диагностики методов, например, вибрационной диагностики. Однако полноценное использование анализа спектров токов двигателя для оценки состояний узлов консольных ЦНА требует проведения исследований, в связи с отсутствием в существующих методических и нормативных документах количественных критериев для установления граничных значений диагностических параметров, которые можно применить на первоначальных этапах контроля. Требуется изучить подходы к уточнению граничных значений для агрегатов разных мощностей с учетом текущих характеристик производительности насосов.

Диссертационная работа Шичёва П. С. направлена на решение актуальной задачи обеспечения надежной эксплуатации промышленных консольных центробежных насосных агрегатов.

## **2. Научная новизна результатов диссертационного исследования**

Научная новизна диссертации заключается в нижеследующем.

1. Экспериментально установлены значения амплитуд информативных частотных составляющих в спектре тока и средних квадратических значений (СКЗ) виброскорости на корпусе агрегата при разных величинах зазоров в подшипниках качения и уровнях расцентровки валов консольного ЦНА. Получены функциональные зависимости параметров спектра тока и вибрации от показателей состояния узлов, сопоставление которых позволило определить граничные значения токовых диагностических параметров для оценки видов состояний подшипников и сопряжения валов консольного ЦНА.

2. Посредством имитационного моделирования для ряда консольных ЦНА разной мощности при изменении напора и производительности насосов установлены зависимости диагностических параметров оценки состояний подшипников и сопряжения валов в спектре тока электродвигателя агрегатов от амплитуды колебаний крутящего момента на валу, характеризующей уровень неисправности рассматриваемых узлов. Получены относительные коэффициенты регрессии, которые позволяют уточнить пороговые значения

диагностических параметров в условиях варьирования рабочих характеристик насоса и скорректировать пороговые значения при определении состояний узлов агрегатов других мощностей.

### **3. Теоретическая и практическая значимость работы**

Теоретическая значимость работы заключается в установлении зависимости показателей технического состояния сопряжения валов и подшипников качения насосного агрегата от диагностических параметров в спектре тока электродвигателя.

Практическая значимость работы заключается в разработке методики определения текущих технических состояний подшипников и сопряжений валов консольных насосных агрегатов, содержащей алгоритм реализации мониторинга, включающий подготовку к проведению оценки, подбор и отладку аппаратуры, выполнение оценки и обработки данных, оформление результатов.

Техническое решение по принципу построения аппаратурной части измерительных систем разработанной методики запатентовано в форме полезной модели: патент № 165733 «Устройство технической диагностики электроприводного насосно-компрессорного оборудования».

**4. Достоверность результатов работы** подтверждается сходимостью результатов экспериментальных исследований с данными компьютерного моделирования динамических процессов в консольных центробежных насосных агрегатов. В целом полученные результаты качественно совпадают с результатами, представленными в независимых источниках по тематике диссертационной работы.

### **5. Рекомендации по использованию результатов и выводов диссертации**

В дальнейшем рекомендуется провести научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы по адаптации и внедрению методики в интересах предприятий на производственных объектах нефтегазовых промыслов. Важно учесть возможную необходимость создания сертифицированного аппаратно-программного измерительного комплекса, отвечающего требованиям взрывозащищенности и электромагнитной совместимости.

Кроме того рекомендуется проведение обширных обследований насосного оборудования по принципам разработанной методики с целью дополнения нормативных документов (руководящих документов, отраслевых стандартов, стандартов организации) в части требований к выполнению контро-

лей технического состояния насосных агрегатов по параметрам спектров сигналов токов двигателя.

### **7. Соответствие диссертации научной специальности**

Содержание диссертационной работы соответствует паспорту специальности 05.02.13 – Машины, агрегаты и процессы (нефтегазовая отрасль), а именно области исследования: «Разработка и повышение эффективности методов технического обслуживания, диагностики, ремонтпригодности и технологии ремонта машин и агрегатов в целях обеспечения надежной и безопасной эксплуатации и продления ресурса» (п. 7).

### **8. Замечания по диссертационной работе**

1. Известно, что более точно нагруженность электрических приводов машин и механизмов, равно как и динамические процессы в них, определяются потребляемой активной мощностью. В работе отсутствует обоснование ориентации на значение величины тока двигателей при исследовании механических процессов в консольных центробежных насосных агрегатах.

2. В рамках описания подготовки к экспериментальному исследованию недостаточно подробно представлена процедура предварительного обеспечения и измерений заданного уровня поврежденности подшипников качения в форме абразивного износа.

3. Для выявления наличия, либо отсутствия изменения состояния подшипников электродвигателя при неисправности подшипников насоса в процессе диагностических контролей ЦНА автором предложено граничное значение соотношения диагностических параметров, при этом отдельная количественная оценка состояния подшипников двигателя не рассматривается.

4. При имитационном моделировании и в рамках разработанной методики проанализировано и предложено малое количество моделей из ряда консольных ЦНА разных мощностей.

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

### **9. Заключение по диссертации**

Диссертационная работа Шичёва Павла Сергеевича на тему «Определение предельных состояний ресурсопределяющих узлов промышленных консольных центробежных насосных агрегатов методом анализа спектров тока их электродвигателей» представляет собой законченную научно-квалификационную работу, содержащую решение актуальной задачи обеспечения эффективного мониторинга технического состояния особо ответствен-

ных узлов консольных ЦНА по методу анализа спектра тока двигателя, обладающей существенной значимостью для нефтегазовой отрасли.

Анализ работы показывает, что соискателем представлено к защите завершенное диссертационное исследование, имеющее должный научный уровень, характеризующееся актуальностью темы, научной новизной, теоретической и практической значимостью для развития отрасли науки 05.02.13 – Машины, агрегаты и процессы (нефтегазовая отрасль).

Диссертация Шичёва Павла Сергеевича в полной мере соответствует требованиям п. 9-14 «Положения о присуждении учёных степеней», утвержденного постановлением Правительства РФ №842 от 24.09.2013 г., предъявляемым к кандидатским диссертациям. Автор работы заслуживает присуждения искомой учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.02.13 – Машины, агрегаты и процессы (нефтегазовая отрасль).

Диссертационная работы рассмотрена на заседании кафедры «Горная электромеханика» в ФГБОУ ВО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет» 07 июля 2020 г. (протокол № 13). Результаты голосования: «за» – 21 «против» – нет; «воздержался» – нет.

Председатель заседания,  
заведующий кафедрой  
«Горная электромеханика»,  
д-р техн. наук, профессор

Трифанов  
Геннадий Дмитриевич

Доцент кафедры  
«Горная электромеханика»,  
канд. техн. наук, доцент

Шишлянников  
Дмитрий Игоревич

Секретарь заседания кафедры  
«Горная электромеханика»

Иванченко  
Анна Анатольевна

Подписи заверяю:

Зам. начальника УК  
Н.В. Колчина



Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Пермский национальный исследовательский политехнический университет».

614990, Пермский край, г. Пермь, Комсомольский проспект, д. 29.

Тел.: 8 (342) 219-80-67.

Факс: 8 (342) 219-89-27.

e-mail: rector@pstu.ru.