

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 212.291.02, СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «УХТИНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ» МИНИСТЕРСТВА НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ, ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЁНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 04 сентября 2020 г. № 12

О присуждении Шичёву Павлу Сергеевичу, гражданину Российской Федерации, учёной степени кандидата технических наук.

Диссертация «Определение предельных состояний ресурсопределяющих узлов промысловых консольных центробежных насосных агрегатов методом анализа спектров тока их электродвигателей» по специальности 05.02.13 – «Машины, агрегаты и процессы (нефтегазовая отрасль)» принята к защите 03.07.2020 (протокол заседания № 06) диссертационным советом Д 212.291.02, созданным на базе Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Ухтинский государственный технический университет» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, 169300, Республика Коми, г. Ухта, ул. Первомайская, д. 13, приказ 446/нк от 12.08.2013 г.

Соискатель Шичёв Павел Сергеевич, 1991 года рождения. В 2014 году окончил Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Ухтинский государственный технический университет» по направлению 140400 «Электроэнергетика и электротехника».

Соискатель Шичёв Павел Сергеевич обучался в аспирантуре Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Ухтинский государственный технический университет» с 21.10.2014 по

18.10.2018, а также был прикреплен для сдачи кандидатских экзаменов к Федеральному государственному бюджетному образовательному учреждению высшего образования «Ухтинский государственный технический университет» (приказ от 30.11.2018 № 2204-с). Справка о сдаче кандидатских экзаменов выдана Федеральным государственным бюджетным образовательным учреждением высшего образования «Ухтинский государственный технический университет» в 2020 году.

В настоящее время работает старшим преподавателем кафедры «Электрификация и автоматизация технологических процессов» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Ухтинский государственный технический университет».

Диссертация выполнена на кафедре «Машины и оборудование нефтяной и газовой промышленности» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Ухтинский государственный технический университет».

Научный руководитель – доктор технических наук, профессор, профессор кафедры «Машины и оборудование нефтяной и газовой промышленности» Быков Игорь Юрьевич.

Официальные оппоненты:

Кунина Полина Семёновна, доктор технических наук, профессор, ведущий научный сотрудник, профессор кафедры «Нефтегазовое дело и землеустройство» филиала ФГБОУ ВО «Майкопский государственный технологический университет» в пгт. Яблоновском;

Практ Владимир Алексеевич, кандидат технических наук, доцент кафедры «Электротехника и электротехнологические системы» ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина»,
дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Пермский национальный исследовательский политехнический университет» в своём положительном

заклучении, подписанном Трифановым Геннадием Дмитриевичем, доктором технических наук, профессором, заведующим кафедрой «Горная электромеханика» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Пермский национальный исследовательский политехнический университет» и Шишлянниковым Дмитрием Игоревичем, кандидатом технических наук, доцентом, доцентом кафедры «Горная электромеханика» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Пермский национальный исследовательский политехнический университет» и утверждённом Коротаевым Владимиром Николаевичем, доктором технических наук, профессором, проректором по науке и инновациям Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Пермский национальный исследовательский политехнический университет» (отзыв на диссертацию и автореферат одобрен на заседании кафедры «Горная электромеханика» 07.07.2020 г., протокол № 13) указала, что диссертационная работа соответствует требованиям п. 9-14 «Положения о присуждении учёных степеней» (утверждённого постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 года № 842), характеризуется актуальностью темы, научной новизной, существенной значимостью для науки и практики в области технического обслуживания и диагностики машин и агрегатов нефтегазовых промыслов.

Соискатель имеет 28 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации опубликовано 11 работ, из них в рецензируемых научных изданиях опубликовано 4 работы. Общий объем опубликованных работ 6,5 печатных листов с авторским вкладом не менее 3,9 печатных листов.

В опубликованных работах отражены основные результаты проведённого соискателем исследования. Недостоверные сведения об опубликованных соискателем учёной степени работах отсутствуют.

Наиболее значительные работы:

1. Ягубов З. Х. Устройство технической диагностики электроприводного насосно-компрессорного оборудования : пат. 165733 Рос. Федерация: МПК G01R

31/34 / 3. Х. Ягубов, Э. З. Ягубов, К. Г. Игнатъев, П. С. Шичёв; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО «Ухтинский государственный технический университет». – №2015152678/28; заявл. 08.12.2015; опубл. 10.11.2016, Бюл. №31. – 2 с. (0,23 п.л./0,06 п.л.).

2. Ягубов З. Х., Тетеревлева Е. В., Дементьев И. А., Шичёв П. С. Об исследовании процесса обнаружения дефектов насосно-компрессорного оборудования по гармоническому составу тока статора электродвигателя // Электронный научный журнал «Нефтегазовое дело». – 2015. № 4. С. 473-496 (1,15 п.л./0,29 п.л.).

3. Ягубов З. Х., Шичёв П. С. Определение диагностических признаков неисправного состояния центробежного насосного агрегата в спектре тока электродвигателя // «Контроль. Диагностика». – 2017. №6. С. 50-57 (0,44 п.л./0,21 п.л.).

4. Шичёв П. С. Моделирование неисправного состояния центробежного насосного агрегата и оценка электромагнитных диагностических признаков // «Известия высших учебных заведений. Нефть и газ». – 2018. №2(128). С. 100-106 (0,35 п.л.).

5. Быков И. Ю., Ягубов З. Х., Шичёв П. С. Диагностический параметр контроля дефектов подшипников качения центробежного насосного агрегата // Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море. – 2019. №8. С. 37-43 (0,52 п.л./0,17 п.л.).

На диссертацию и автореферат поступило 11 отзывов. В них отмечается, что работа содержит новые знания в области контроля технического состояния нефтегазопромысловых консольных центробежных насосных агрегатов. Все отзывы положительные, однако, в них содержатся следующие замечания и предложения:

– Хакимьянов Марат Ильгизович, доктор технических наук, доцент, заведующий кафедрой электротехники и электрооборудования предприятий Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Уфимский государственный нефтяной технический

университет», Хазиева Регина Тагировна, кандидат технических наук, доцент кафедры электротехники и электрооборудования предприятий Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Уфимский государственный нефтяной технический университет» (замечания по автореферату: 1. В представленных на рисунке 7 спектрах тока электродвигателя консольного ЦНА К 20/30 частота сверху ограничивается значениями 150...200 Гц. Непонятно, почему не анализируются более высокие частоты? 2. Из автореферата непонятно, какие требования по частотному диапазону предъявляются к элементам и блокам диагностического комплекса (главным образом, к АЦП). Какова допустимая погрешность первичного измерительного преобразователя (ПИП)?).

– Юшин Евгений Сергеевич, кандидат технических наук, доцент, научный сотрудник сектора ресурса фонтанной и трубопроводной арматуры лаборатории специальных труб и соединений корпоративного научно-технического центра развития трубной продукции ООО «Газпром ВНИИГАЗ» (замечание по автореферату: в автореферате отсутствуют пояснения к структурным схемам измерительных систем в части обозначений контактных соединений устройств и включаемых элементов сопротивлений).

– Мелюков Валерий Васильевич, доктор технических наук, профессор, директор ООО «Вятский аттестационный центр» (замечания по автореферату: 1. В амплитудных спектрах тока, во множестве частотных составляющих, в том числе шумов, не вполне наглядно представлены информативные компоненты, в особенности по оценке состояния подшипников, чего можно избежать применением частотной фильтрации. 2. Нет пояснения по выбору нормативного документа, по которому установлены пороговые значения вибрационного и диагностического параметров.)

– Паранук Арамбий Асланович, кандидат технических наук, доцент кафедры оборудования нефтяных и газовых промыслов Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Кубанский государственный технологический университет» (замечание по автореферату:

отсутствие в автореферате количественных данных по корректировочным коэффициентам регрессии и показателей сходимости результатов моделирования с существующими экспериментальными данными).

– Сафин Наиль Рамазанович, кандидат технических наук, ведущий инженер-конструктор Публичного акционерного общества «Машиностроительный завод имени М. И. Калинина» (замечания по автореферату: 1. При описании измерительного комплекса для анализа диагностических параметров в спектре тока не объясняется, почему достаточно анализировать только в одной фазе ток электродвигателя, т. е. не во всех фазах. 2. По имитационной модели ЦНА не отмечаются принятые допущения. 3. В тексте автореферата встречаются редакционные опечатки, например, на стр. 4 «... Р. Н. Сафина...» (правильно «... Н. Р. Сафина...»), на стр. 7 и 8 совпадают номера рисунков).

– Першин Владимир Фёдорович, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры «Техника и технологии производства нанопродуктов» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Тамбовский государственный технический университет» (замечание по автореферату: отсутствие обоснований выбора относительной амплитуды составляющих спектра тока и среднего квадратического значения виброскорости в качестве информативных параметров оценки состояний узлов агрегата).

– Шаммазов Ильдар Айратович, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры «Транспорт и хранение нефти и газа» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет» (замечание по автореферату: недостаточное описание методики определения состояния узлов насосных агрегатов, что не позволяет понять сущности всех разработанных мероприятий).

– Карякин Александр Ливиевич, доктор технических наук, старший научный сотрудник, заведующий кафедрой электрификации горных предприятий Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Уральский государственный горный университет»

(замечания по автореферату: 1. В автореферате отсутствует количественная оценка достоверности математической модели насосного агрегата, представленной на рис. 1.2, выполненная путем сравнения результатов моделирования и экспериментов проведённых автором на стенде описанном в автореферате. Оценка адекватности, представленная на с. 16, 17 автореферата, является косвенной, так как сделана на основе данных ранее выполненного исследования и не содержит значений погрешности результатов моделирования по сравнению с данными эксперимента. 2. В табл. 1.2 формулы для информационных составляющих частот биений подшипников насоса и электродвигателя имеют одинаковый вид. Как производится диагностирование подшипников с отнесением подшипникового узла к насосу, или электродвигателю? 3. В модели асинхронного электродвигателя не учтены параметры питающей сети, в значительной степени оказывающие влияние на форму тока статора электродвигателя, что требует уточнения первого научного положения, а именно (по тексту первого абзаца на с.5 автореферата): «... устанавливать первоначальные пороговые значения диагностических параметров при реализации процедур определения состояния узлов агрегатов при питании электродвигателя от идеального источника трёхфазного синусоидального напряжения»).

– официальный оппонент Кунина Полина Семёновна, доктор технических наук, профессор, ведущий научный сотрудник, профессор кафедры «Нефтегазовое дело и землеустройство» филиала Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Майкопский государственный технологический университет» в пгт. Яблоновском (замечания по автореферату и диссертации: 1. В четвертой главе не рассматривается сопоставление существующих в практике экспериментальных выводов и теоретических зависимостей диагностических параметров от показателя неисправности, полученных при задании характеристик ряда моделей консольных ЦНА. 2. В процессе эксперимента при введении повреждений сепаратора подшипников насоса оценка их состояния производится по частотным составляющим спектра тока, рассматриваемым также при других повреждениях

подшипников, при этом возможные закономерные изменения других составляющих не анализируются. 3. Для выявления возможных искажений в спектре тока под влиянием частотных составляющих напряжения сети автором выполнен анализ спектров тока на выключенном двигателе непосредственно перед проведением экспериментальных измерений, однако отсутствие искажений спектра на работающем агрегате не подтверждено. 4. Насос ЦНА консольного типа К 20/30 не является промышленным, а относится к типу «вспомогательное оборудование». 5. Использование понятия «сопряжение валов» некорректно, в литературе по деталям машин используют понятие «соединение валов». 6. В научной работе не следовало излагать такие тривиальные описания устройства, принципа работы и материалы подшипников качения (см. любой справочник машиностроителя). 7. Понятия «кинематическая сила» (стр.9 диссертационной работы) в классической теоретической механике не существует. 8. В том диапазоне вибраций, который взят для анализа технического состояния исследуемого объекта (до 1000 Гц) целесообразно было бы измерять не виброскорость, вибросмещение, как более информативный параметр и более пригодный для анализа виброспектра. 9. В представленной работе нигде не сказано, на какой среде проходили испытания насоса ЦНА консольного типа К 20/30. 10. Так как в работе в основном исследуется техническое состояние опорных узлов насоса, автору следовало бы представить гистограмму повреждений подшипниковых элементов и определить наиболее уязвимый).

– официальный оппонент Прахт Владимир Алексеевич, кандидат технических наук, доцент кафедры электротехники и электротехнологических систем Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина» (замечания по автореферату и диссертации: 1. В первой главе не рассмотрена статистика отказов консольных ЦНА, вызванных повреждениями отдельных элементов конструкции подшипников качения, в связи с чем, не вполне понятен объем экспериментально решаемой задачи по определению состояния подшипников в общей совокупности возможных

причин их выхода из строя. 2. При экспериментальном исследовании диагностических параметров оценки состояния сопряжения валов и подшипников качения консольного ЦНА анализу подвергались спектральные составляющие тока статора двигателя в частотном диапазоне от нуля до 200 Гц. При этом известно, что повреждения элементов подшипников качения могут определять механические колебания, проявляющиеся в спектре тока, с более высокими частотами. 3. В третьей главе автором определен критерий локализации повреждения подшипника в электродвигателе, выражающийся сравнением значения установленного диагностического параметра в амплитудном спектре тока с коэффициентом, равным 0,7. При этом отсутствует обоснование принятого значения коэффициента. 4. Необходимо проверить методику диагностики на двигателях с разными номинальными мощностями и скоростями).

– ведущая организация Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Пермский национальный исследовательский политехнический университет» (замечания по автореферату и диссертации: 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).

Тем не менее, отмеченные замечания не снижают научной и практической значимости, а также общей положительной оценки, представленной к защите диссертационной работы.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается соответствием утверждённых кандидатур требованиям пп. 22-24 «Положения о присуждении учёных степеней». Официальные оппоненты являются учёными, компетентными в сфере эксплуатации машин и агрегатов нефтяной и газовой промышленности, а также имеют публикации по теме исследований. Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Пермский национальный исследовательский политехнический университет» является профильной организацией, диссертационная работа заслушивалась на заседании кафедры «Горная электромеханика» при участии учёных, компетентных в вопросах эксплуатации машин и агрегатов на объектах нефтегазовой промышленности.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

– разработана новая научная идея, состоящая в определении составляющих амплитудного спектра тока асинхронного электродвигателя и среднего квадратического значения виброскорости в качестве информативных параметров оценки предельных состояний узлов консольных центробежных насосных агрегатов.

– предложены оригинальные суждения о соответствии параметров составляющих амплитудного спектра тока двигателя значениям вибрации насосного агрегата при разных видах состояний подшипников качения и соединения валов.

– доказано наличие закономерностей определения составляющих спектра тока двигателя в соответствии с величиной общего уровня вибрации в практике контроля технического состояния консольных центробежных насосных агрегатов, эксплуатируемых на нефтегазовых промыслах.

– введены изменённые трактовки старых понятий «границы видов состояний» узлов и «пороговые значения» диагностических параметров для метода диагностики по анализу спектров тока двигателя, дополнительно предполагающие учёт, нормируемых для насосных агрегатов, предельных значений виброскорости.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

– доказаны положения о зависимостях диагностических параметров в спектрах тока двигателя и значения общего уровня вибрации от степени износа подшипников качения и уровня несоосности валов консольного центробежного насосного агрегата, вносящие вклад в расширение представлений об изучаемом явлении;

– применительно к проблематике диссертации результативно использован комплекс существующих базовых методов исследования, в том числе численных методов и экспериментальных методик;

– изложены факты, доказывающие возможность присвоения видам состояний узлов агрегатов пороговых значений диагностических параметров, соответствующих уровню вибрации, и выполнения их уточнения при изменении рабочих характеристик агрегатов;

– раскрыты существенные проявления теории: выявление проблем, связанных с определением составляющих спектра тока двигателя и величины общего уровня вибрации в качестве информативных параметров оценки предельных состояний узлов консольных центробежных насосных агрегатов;

– изучены факторы, определяющие величину диагностических параметров в спектре тока для оценки состояний подшипников качения и соединения валов электродвигателя и насосного агрегата;

– проведена модернизация алгоритма присвоения видам технического состояния узлов граничных значений диагностических параметров и их уточнения для консольных центробежных насосных агрегатов, что обеспечивает получение новых результатов по теме диссертации.

Значения полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:

– разработаны и внедрены результаты, полученные в ходе выполнения диссертационного исследования, в образовательный процесс, реализуемый Федеральным государственным бюджетным образовательным учреждением высшего образования «Ухтинский государственный технический университет» по направлениям подготовки 15.04.02 «Технологические машины и оборудование», 21.04.01 «Нефтегазовое дело» в рамках дисциплин «Диагностика нефтегазопромыслового оборудования», «Проблемы диагностики в области эксплуатации технологических комплексов нефтяных и газовых промыслов»;

– определены пределы и перспективы практического использования разработанной методики определения состояний узлов консольных центробежных насосных агрегатов при их эксплуатации на нефтегазовых промыслах;

– создана система практических рекомендаций по выполнению процедур подготовки к диагностической оценке и её проведения, выбора и наладки измерительной аппаратуры;

– представлены предложения по дальнейшему совершенствованию методик контроля технического состояния консольных центробежных насосных агрегатов анализом спектров тока электродвигателей агрегатов.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

– для экспериментальных работ результаты получены на сертифицированном оборудовании для измерения и анализа электрического тока в линии и вибрации;

– теория построена на известных, проверяемых данных и фактах, и согласуется с опубликованными экспериментальными данными по теме диссертации;

– идея базируется на анализе практики, а также обобщении передового опыта в области технической диагностики электроприводного насосного оборудования;

– использовано сравнение авторских данных и данных, полученных ранее исследователями по рассматриваемой тематике;

– установлено качественное совпадение авторских результатов с результатами, представленными в независимых источниках по рассматриваемой тематике;

– использованы современные методики сбора и обработки исходной информации, представительные выборочные совокупности с обоснованием подбора объектов наблюдения и измерения.

Личный вклад соискателя состоит в:

постановке цели и задач исследования, разработке методики экспериментальных работ, непосредственном участии соискателя в получении исходных данных и научных экспериментах; личном участии в апробации результатов исследования; разработке экспериментальной установки с консольным центробежным насосным агрегатом и комплектом измерительной аппаратуры; обработке и интерпретации полученных экспериментальных данных; разработке практических рекомендаций по использованию полученных в работе результатов в практике контроля технического состояния насосного оборудования на нефтегазовых промыслах; подготовке публикаций по выполненной работе.

В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем учёной степени работах, в которых изложены основные научные результаты диссертации. Заимствованного материала без ссылки на автора или источник заимствования не обнаружено.

Диссертация охватывает основные вопросы поставленной научной проблемы и соответствует критерию внутреннего единства, что подтверждается наличием последовательного плана исследования, непротиворечивой методологической платформы, основной идейной линии, концептуальности и взаимосвязи выводов.

Тема и содержание работы соответствуют паспорту научной специальности 05.02.13 – «Машины, агрегаты и процессы (нефтегазовая отрасль)» в области исследований, а именно по пункту 7 «Разработка и повышение эффективности методов технического обслуживания, диагностики, ремонтпригодности и технологии ремонта машин и агрегатов в целях обеспечения надёжной и безопасной эксплуатации и продления ресурса».

Разработанные автором теоретические положения, а также методические и практические рекомендации являются результатом самостоятельного исследования соискателя и представляют собой законченную научно-квалификационную работу,

в которой изложено научно обоснованное техническое решение по диагностической оценке состояний узлов консольных центробежных насосных агрегатов по параметрам спектра тока электродвигателя, имеющее существенное значение для нефтегазовой отрасли.

На заседании 04 сентября 2020 года диссертационный совет принял решение присудить Шичёву Павлу Сергеевичу учёную степень кандидата технических наук по специальности 05.02.13 – «Машины, агрегаты и процессы (нефтегазовая отрасль)».

При проведении открытого голосования диссертационный совет в количестве 16 человек, из них 8 докторов наук по профилю защищаемой диссертации, участвовавших в заседании, из 23 человек, входящих в состав совета, проголосовали: «За» – 16, «Против» – нет. Не участвовавших в голосовании членов совета – нет.

Заместитель председателя

диссертационного совета Д 212.291.02

Агинеи Руслан Викторович

Учёный секретарь

диссертационного совета Д-212.291.02

Борейко Дмитрий Андреевич

«04» сентября 2020 г.