

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.2.310.01,  
СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО  
БЮДЖЕТНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО  
ОБРАЗОВАНИЯ «КАЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ» МИНИСТЕРСТВА НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ, ПО ДИССЕРТАЦИИ  
НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № \_\_\_\_\_

решение диссертационного совета от 15 декабря 2023 г., № 11

О присуждении Манахову Валерию Александровичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Метод и прибор контроля возникновения эмульсии в нефтяных скважинах с применением спектрального анализа ваттметрограммы штанговой скважинной насосной установки» по специальности 2.2.8. Методы и приборы контроля и диагностики материалов, изделий, веществ и природной среды принята к защите 11 октября 2023 г. (протокол заседания № 7) диссертационным советом 24.2.310.01, созданным на базе Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования (ФГБОУ ВО) «Казанский государственный энергетический университет» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, 420066, г. Казань, ул. Красносельская, 51, приказ № 717/нк от 09.11.2012 г.

Соискатель Манахов Валерий Александрович, 09 июля 1995 года рождения,

В 2019 г. соискатель окончил магистратуру ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет»;

в 2023 году окончил аспирантуру ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет»,

работает в должности преподавателя кафедры «Электроснабжение промышленных предприятий» в ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Диссертация выполнена на кафедре «Электроснабжение промышленных предприятий» ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Научный руководитель – кандидат технических наук Цветков Алексей Николаевич, ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», кафедра «Электроснабжение промышленных предприятий», доцент.

Официальные оппоненты:

**1. Хакимьянов Марат Ильгизович**, доктор технических наук, доцент, ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет» г. Уфа, кафедра «Электротехника и электрооборудование предприятий», заведующий кафедрой;

**2. Сухачев Илья Сергеевич**, кандидат технических наук, доцент, ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный университет», г. Тюмень, кафедра «Электроэнергетика», доцент,

дали **положительные** отзывы на диссертацию.

Ведущая организация: ГБОУ ВО «Альметьевский государственный нефтяной институт», г. Альметьевск, в своем положительном отзыве, подписанном Сарачевой Дианой Азатовной, кандидатом технических наук, доцентом, кафедра «Электроэнергетика», и. о. заведующего кафедрой, указала, что представленные в диссертационной работе Манахова В.А. результаты вносят важный вклад в развитие методов контроля возникновения эмульсии, вынесенные на защиту научные положения в достаточной мере обоснованы и соответствуют поставленным целям и решаемым задачам. Учитывая новизну, теоретическую и экспериментальную обоснованность сформулированных



положений, научную и практическую значимость результатов, можно сделать заключение, что диссертация является завершенной научно-квалификационной работой, которая удовлетворяет требованиям Положения о присуждении ученых степеней Российской Федерации, предъявляемых к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.2.8. Методы и приборы контроля и диагностики материалов, изделий, веществ и природной среды.

Соискатель имеет 13 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации 13 работ общим объемом 3,984 п.л. и авторским вкладом 3,215 п.л.: работ, опубликованных в рецензируемых научных изданиях, индексируемых в международной базе данных SCOPUS (и приравненных к публикациям в рецензируемых научных изданиях, входящих в перечень ВАК) – 1, объемом 0,484 п.л. и авторским вкладом 0,387 п.л.; в рецензируемых научных изданиях, входящих в перечень ВАК – 2, общим объемом 1,74 п.л. и авторским вкладом 1,44 п.л.; свидетельств о государственной регистрации программ для ЭВМ – 2, общим объемом 0,22 п.л. и авторским вкладом 0,175 п.л.; работ, опубликованных в материалах докладов всероссийских и международных научных конференций – 8, общим объемом 1,54 п.л. и авторским вкладом 1,213 п.л.

В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем ученой степени работах, в которых изложены основные научные результаты диссертации.

Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:

1. Manakhov V.A., Tsvetkov. A.N. Determination of state of electrical equipment by spectra of wattmetrograms // E3S Web of Conferences. 2021. V. 288. paper № 01042 (статья в рецензируемом научном издании МБД SCOPUS, вклад соискателя 80%).

2. Манахов В.А., Цветков А.Н. Спектральный анализ механических дефектов по параметрам ваттметрограммы штанговых скважинных насосных



установок в процессе эксплуатации // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2022. Т.24. № 4. С. 50-62 (статья в рецензируемом научном издании ВАК К2, вклад соискателя 85%).

3. Манахов В.А., Цветков А.Н. Определение состояния и функционирования оборудования штанговых скважинных насосных установок в процессе эксплуатации по параметрам ваттметрограммы // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2021. Т. 23. № 3. С. 127-139 (статья в рецензируемом научном издании ВАК К2, вклад соискателя 80%).

На диссертацию и автореферат поступило 8 отзывов. Из них положительных – 8. С замечаниями и вопросами – 8. Отзывы прислали:

1. Доцент кафедры компьютерных систем ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева – КАИ, к.ф.-м.н. Белашова Е.С. Вопросы: 1) возможна ли интеграция разработанного метода контроля образования эмульсии в промышленные системы станций управления станками-качалками? 2) за счет чего снижается степень образования эмульсии при снижении частоты качания?

2. Профессор кафедры «Системы автоматизации, автоматизированного управления и проектирования» ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет», г. Красноярск, д.т.н. Довгун В.П. Вопросы и замечания: 1) из автореферата неясно, зависит ли глубина залежей нефтяной жидкости от времени образования эмульсии; 2) какой канал связи используется для передачи информации от ваттметра на персональный компьютер? 3) почему выбрана именно верхняя мертвая точка для начала отсчета периода качания при проведении экспериментов?

3. Доцент кафедры электроснабжения промышленных предприятий ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова» к.т.н., доц. Кондрашова Ю.Н. Вопрос: возможно ли применять разработанный прибор для других типов добычи нефти, например, при помощи установки электрического центробежного насоса, и каковы области ограничения для конкретных условий или режимов работы?



4. Заведующий кафедрой «Электропривод и автоматизации промышленных установок» ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный технический университет» к.т.н., доц. Котин Д.А. Вопросы: 1) с какой целью производится корректировка эталонного значения частоты спектра? 2) почему работа на пониженной частоте длится 30 мин., достаточно ли этого для избавления от образования эмульсии?

5. Доцент кафедры электротехнологий, электрооборудования и автоматизированных производств ФГБОУ ВО «Чувашский государственный университет им. И.Н. Ульянова», г. Чебоксары, к.т.н. Матюнин А.Н. Вопрос и замечание: 1) почему выбрана именно 26-я гармоническая составляющая для контроля возникновения эмульсии? 2) не до конца ясно, из-за чего снижается эмульсия при снижении скорости качания на 50%.

6. И.о. профессора Таджикского технического университета им. академика М.С. Осими, г. Душанбе, Таджикистан, к.т.н. Рахимов О.С. и и.о. доцента Таджикского технического университета им. академика М.С. Осими к.т.н. Тошходжаева М.И. Вопрос: контролируется ли степень образования эмульсии при переходе на пониженную частоту качания, каково условие возврата на заданную частоту?

7. Доцент кафедры электрооборудования судов и автоматизации производства ФГБОУ ВО «Керченский государственный морской технологический университет» к.т.н. Савенко А.Е. Вопрос и замечание: 1) не достаточно ли было определять возникновение эмульсии по форме самой ваттметрограммы? 2) из автореферата не ясно, какие ошибки и нелинейности учитывались для расчета погрешностей микроконтроллерного устройства.

8. Профессор ФГБОУ ВО «Удмуртский государственный аграрный университет», г. Ижевск, д.т.н., проф. Юран С.И. Замечания: 1) анализируя основные этапы реализации предложенного метода контроля образования эмульсия в ШСНУ, некорректно считать его работающим в режиме реального времени; 2) на ваш взгляд, сформулированный в работе предмет исследования достаточно узок; 3) абзац 2 на с. 7 излишен; 4) целесообразно было бы привести



в сравнении с рис. 2 спектр ваттметрограммы при наличии эмульсии; 5) в заключении не приведены численные значения полученных результатов.

**Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается** их известностью своими достижениями в данной отрасли науки, наличием публикаций в соответствующей сфере исследований и способностью определить научную и практическую ценность диссертации.

Оппонент Хакимьянов Марат Ильгизович является известным ученым в области автоматизации режимов работы электроприводов в нефтедобывающей промышленности, в том числе в системах динамометрирования и ваттметрирования штанговых глубинных насосов, оптимизации режимов работы электроприводов в нефтедобывающей промышленности, имеет соответствующие научные публикации и патенты.

Оппонент Сухачев Илья Сергеевич является специалистом в области надежности электротехнических комплексов добычи нефти, их технического обслуживания и ремонта с целью поддержания работоспособности добывающей установки, а также в области разработки технических устройств для установок электроприводных центробежных насосов, имеет соответствующие научные публикации.

Ведущая организация: ГБОУ ВО «Альметьевский государственный нефтяной институт», г. Альметьевск, является известным профильным техническим высшим учебным заведением Татарстана и Поволжья, осуществляющим подготовку специалистов для нефтедобывающей промышленности и смежных отраслей. Сотрудники кафедры «Электроэнергетика» ведут научные исследования и разработки по новым перспективным направлениям по заказам ПАО «Татнефть» им. В. Д. Шашина и других нефтедобывающих компаний, включая исследования в сфере изучения режимов работы, определения параметров, повышения эффективности и надежности нефтедобывающего оборудования, имеют соответствующие публикации.



**Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:**

**разработаны** метод контроля штанговой скважинной насосной установки по спектру ваттметрограммы, позволяющий определить возникновение критической эмульсии нефти в глубинном насосе, и прибор контроля с аппаратно-программным комплексом штанговой скважинной насосной установки (ШСНУ) с частотно-регулируемым электроприводом, для контроля возникновения критической эмульсии в цилиндре насоса и формирования управляющего воздействия на электропривод ШСНУ с целью недопущения аварийных остановок по перегрузке;

**предложены** методика, алгоритм и программное обеспечение для получения и обработки спектра ваттметрограммы для реализации метода контроля возникновения критической эмульсии и недопущения перегрузок электропривода станка-качалки нефти из-за образования критической эмульсии, поддержания максимального уровня добычи нефти;

**доказана** перспективность использования разработанного метода и прибора контроля возникновения критической эмульсии в ШСНУ с частотно-регулируемым электроприводом.

**Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:**

**доказано**, что существует зависимость между возникновением критической эмульсии в цилиндре насоса и значениями амплитуды конкретной гармонической составляющей спектра ваттметрограммы ШСНУ;

**применительно к проблематике диссертации результативно** (эффективно, то есть с получением обладающих новизной результатов) **использованы** теоретические основы электротехники и электромеханики; методы математического моделирования систем на ЭВМ, спектроскопии, систем автоматизации математических расчетов, а также программируемая электронная платформа с открытым исходным кодом;

**изложены** методические рекомендации по адаптации алгоритма работы программного обеспечения к любой скважине;

**развита** методика контроля и диагностики ШСНУ по параметрам ваттметрограммы с использованием спектрального анализа;

**раскрыты** закономерности изменения форм спектра ваттметрограммы ШСНУ;

**изучено** влияние появления критической эмульсии в скважине на спектр сигнала ваттметрограммы ШСНУ.

**Значение полученных соискателем результатов исследования для практики** подтверждается тем, что:

**разработаны и внедрены** (имеются соответствующие акты) в АО «Чебоксарский электроаппаратный завод» и в учебный процесс ФГБОУ ВО «КГЭУ» метод контроля штанговой скважинной насосной установки по спектру ваттметрограммы, экспериментальный образец ваттметрографа для реализации контроля образования эмульсии в ШСНУ и программы ЭВМ для реализации метода контроля образования эмульсии на базе аппаратно-программного комплекса;

**определены** технические требования к прибору контроля и перспективы практического применения разработанного прибора для контроля возникновения критической эмульсии;

**проверена** работоспособность и практическая пригодность метода и прибора контроля возникновения критической эмульсии в нефтяных скважинах с применением спектрального анализа ваттметрограммы штанговой скважинной насосной установки на практике;

**представлены** результаты натурных испытаний в ПАО «Татнефть» им. В.Д. Шашина разработанных метода, прибора и аппаратно-программного комплекса контроля, которые показали уменьшение среднего времени восстановления, среднего времени наработки на отказ и коэффициента готовности ШСНУ в среднем на 24,34% при образовании критической эмульсии в насосном оборудовании.

**Оценка достоверности результатов исследований выявила:**

**для экспериментальных работ** показана воспроизводимость результатов



измерений в различных условиях на различных скважинах;

**идея** разработанного метода контроля **базируется** на ваттметрической диагностике и спектральном анализе;

**установлена** непротиворечивость экспериментальных результатов и выводов известным теоретическим положениям и данным работ других исследователей в этой области;

**использованы** современные методики сбора и обработки исходной информации, измерительные приборы, прошедшие поверку.

**Личный вклад соискателя** состоит в непосредственном участии в разработке нового метода определения возникновения эмульсии в цилиндре насоса ШСНУ, в создании прибора для ваттметрирования, в получении ваттметрограмм скважин с осложненными условиями, проведении спектрального анализа ваттметрограмм, участии в обсуждении полученных результатов и их представлении в публикациях.

**Диссертационный совет рекомендует использование результатов** диссертационной работы нефтяным компаниям России, например, ПАО «НК «Роснефть», г. Москва, ПАО «Татнефть» им. В.Д. Шашина, г. Альметьевск, ПАО «Сургутнефтегаз», г. Сургут, а также научным коллективам, занимающимся разработкой и созданием методов и средств диагностирования ШСНУ, таким как Уфимский государственный нефтяной технический университет, г. Уфа, Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень, Альметьевский государственный нефтяной институт, г. Альметьевск, Российский государственный университет нефти и газа им. И.М. Губкина, г. Москва.

**В ходе защиты диссертации были высказаны следующие критические замечания:**

1. При появлении эмульсии увеличивается вязкость, а значит, нагрузка на электропривод. Почему вместо простого измерения средней потребляемой электроприводом мощности вы исследуете спектр ваттметрограммы? (*Член совета Гарифьянов Н.Н.*)

2. Вы все время говорите: «Определение появления эмульсии». Но на самом деле вы должны обнаруживать и формировать в этом случае сигнал управления электроприводом не просто эмульсию, которая как таковая всегда есть [в обводненных скважинах], а вязкую (критическую) эмульсию. *(Член совета Степанов А.Л.)*

3. Как вы ваттметрограммой можете характеризовать вязкость? Проводили ли вы градуировку ваших спектральных зависимостей по степени вязкости эмульсии? *(Член совета Степанов А.Л.)*

4. Можно ли считать эталон, созданный в случае нестабильной работы ШСНУ в течение длительного времени после запуска, основным критерием при дальнейшем контроле и управлении? *(Ведущая организация)*

5. По какой причине в период снижения частоты качания не осуществляется контроль величины амплитуды гармонической составляющей спектра, а осуществляется безусловный возврат на заданную частоту через определенный промежуток времени? *(Ведущая организация)*

6. Приведенная на рис. 2.22 ваттметрограмма автором классифицирована как соответствующая нормальной работе. Однако неравенство двух пиков мощности свидетельствует о неуравновешенности насосной установки. *(Оппонент Хакимьянов М.И.)*

7. Непонятно, как алгоритмы работы станции управления влияют на точность идентификации образования водонефтяной эмульсии по спектру ваттметрограммы. *(Оппонент Сухачев И.С.)*

8. Как согласуются рекомендация: «При появлении эмульсии необходимо снизить частоту качания ШСНУ, для недопущения появления мелкодисперсной устойчивой эмульсии» с технологическим процессом добычи нефти? *(Оппонент Сухачев И.С.)*

Соискатель Манахов В.А. **согласился** с замечанием №2, а на остальные замечания **ответил** следующим образом:

1. Действительно, при появлении эмульсии нагрузка на электропривод и средняя потребляемая мощность увеличиваются. Но форма графика



ваттметрограммы – потребления мощности станком-качалкой за один период – изменяется не пропорционально, и найти явную положительную корреляцию между переходом от эталонной работы к работе при критической эмульсии мы не смогли, поэтому прибегли к спектральному анализу ваттметрограммы, где конкретная гармоника говорит о росте процесса образования эмульсии. Также повышение потребляемой мощности можно спутать с очень многими механическими дефектами, такими как удар штанги и другие.

3. Вязкость добываемой жидкости может быть определена только при ее выходе на поверхность, но для этого ей необходимо преодолеть путь от насоса до поверхности. Задача же ваттметрирования состоит в недопущении увеличения вязкости жидкости, то есть в том, чтобы не дать ей перейти в устойчивую фазу непосредственно в цилиндре насоса.

4. Да можно, так как в алгоритме управления заложена корректировка эталона через 3 часа после запуска, в том случае, если произошла стабилизация работы ШСНУ.

5. Эталон создается для каждой ШСНУ, работающей на своей штатной частоте качания (и создается заново в случае ее изменения), в период снижения частоты качания при срабатывании защиты значение амплитуды сигнала может сильно отличаться от эталонного значения, что не позволит алгоритму вернуться на заданную частоту качания, поэтому выполняется безусловный возврат на заданную частоту через 30 минут.

6. С замечанием согласен. На станках-качалках с интенсивным образованием эмульсии, как показала практика опытной эксплуатации, происходит постоянное изменение нагрузки на шток и, соответственно, разбалансировка, поэтому я обозначил данную ваттметрограмму как соответствующую нормальной работе без образования эмульсии.

7. Алгоритмы работы станции управления предназначены не для повышения точности идентификации эмульсии, а для предотвращения аварийной остановки процесса добычи из-за перегрузки приводного двигателя.

8. Данная рекомендация снижения скорости качания позволяет избежать образования устойчивой эмульсии и, как правило, избежать аварийной остановки качалки из-за перегрузки приводного механизма. То есть получается снижение объема добычи на короткое время вместо аварийной остановки добычи на длительное время.

На заседании 15 декабря 2023 года **диссертационный совет принял решение** за решение научной задачи, имеющей значение для развития соответствующей отрасли знаний, присудить Манахову Валерию Александровичу ученую степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 14 человек, из них 7 докторов наук по специальности рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 18 человек, входящего в состав совета, дополнительно введены на разовую защиту 0 человек, проголосовали: за 14, против 0, недействительных бюллетеней 0.

Председатель

диссертационного совета

Голенищев-Кутузов

Вадим Алексеевич

Ученый секретарь

диссертационного совета



Калимуллин Рустем Ирекович

15 декабря 2023 г.



Голенищев-Кутузов В.А., Калимуллин Р.И.  
Подпись: \_\_\_\_\_  
Специалист ОК \_\_\_\_\_