



Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«КАЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(ФГБОУ ВО «КГЭУ»)

УТВЕРЖДАЮ

Ректор

Абдуллазянов Э.Ю.

«20» сентября 2023 г.



ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения
высшего образования
«Казанский государственный энергетический университет»
(ФГБОУ ВО «КГЭУ»)

Диссертация «Метод и прибор контроля возникновения эмульсии в нефтяных скважинах с применением спектрального анализа ваттметрограммы штанговой скважинной насосной установки» выполнена на кафедре «Электроснабжение промышленных предприятий».

В период подготовки диссертации соискатель Манахов Валерий Александрович работал в ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет» в должностях ассистента (с сентября 2019 – по сентябрь 2022) и преподавателя кафедры «Электроснабжение промышленных предприятий».

В 2019 г. Манахов В.А. с отличием окончил ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет» с присуждением степени магистра по направлению подготовки «Электроэнергетика и электротехника», диплом № 101624 4662332 от 05 июля 2019 года.

С 2019 г. по 2023 г. Манахов В.А. обучался в аспирантуре ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет».

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

По итогам обсуждения диссертации работа «Метод и прибор контроля возникновения эмульсии в нефтяных скважинах с применением

спектрального анализа ваттметрограммы штанговой скважинной насосной установки», выполненной на кафедре «Электроснабжение промышленных предприятий» принято следующее заключение.

1. Актуальность

Одной из ведущих отраслей промышленности Российской Федерации является нефтегазодобыча. По оценкам экспертов, это 35% от всех доходов Федерального бюджета. От мировых цен на нефть во многом зависит стоимость российского рубля, следовательно, и состояние экономики России в целом. В нашей стране более 38% нефтяных скважин эксплуатируется со штанговыми скважинными насосными установками (ШСНУ). В качестве приводов ШСНУ используют станки-качалки (СК), которые преобразуют вращательное движение вала двигателя в возвратно-поступательное движение штанг, приводящих глубинный насос. Для предотвращения возникновения аварийных ситуаций в процессе добычи, вызванных изменением состояния нефти, необходимо осуществлять непрерывный контроль состояния оборудования ШСНУ. В настоящее время в Республике Татарстан большая часть фонда нефтяных скважин находится в состоянии труднодобываемых.

Ваттметрирование (измерение профиля мощности) позволяет осуществлять контроль и диагностику состояния ШСНУ и добываемой жидкости. Ваттметрограмма отражает мощность, потребляемую электродвигателем во времени, для ШСНУ это, как правило, время одного качания насоса. Достоинствами метода ваттметрирования является простое в установке и обслуживании оборудование, интегрируемое в электрическую часть электропривода, отсутствие необходимости внедрения датчиков в механическую часть, как например, в случае с динамографированием, возможность интеграции в автоматизированные системы контроля и управления.

В процессе нефтедобычи возникает большое количество факторов, влияющих на работу оборудования. Изменение многих параметров выше критического предела, как правило, приводит к остановке оборудования из-за срабатывания средств защиты.

Одним из наиболее частых дефектов, приводящих к аварийной остановке процесса добычи, является образование эмульсии в глубинном насосе. Предлагаемый в работе метод спектрального анализа ваттметрограммы позволяет диагностировать состояние добываемой ШСНУ жидкости и избежать незапланированных остановок из-за пенообразования. В настоящее время отсутствуют работы по неразрушающему контролю образования эмульсии путем спектрального анализа массива ваттметрограммы.

Существует несколько методов предотвращения образования эмульсии, в основном связанных с введением вынужденных перерывов в работе станка-качалки в совокупности с максимально возможной скоростью качания, что

приводит к снижению объема добычи. Алгоритм диагностирования ШСНУ благодаря применению аппаратно-программного комплекса (АПК) позволит контролировать состояние оборудования в реальном времени и избежать вынужденных простоев за счет правильного выбора скорости работы электродвигателя станка-качалки нефти. Предотвращение образования эмульсии заключается в переходе на пониженную частоту качания с последующим возвратом на заданную по команде АПК системы ваттметрирования. Это в свою очередь позволяет сохранить объемы добычи нефти за счет отсутствия простоев в работе станков-качалок.

2. Научная новизна результатов работы

1. Впервые разработан метод контроля образования эмульсии в насосном оборудовании ШСНУ на основе спектрального анализа ваттметрограммы и алгоритм ухода от аварийной ситуации.

2. Разработан алгоритм и программное обеспечение для построения и анализа спектров ваттметрограмм с целью обеспечения безаварийности работы ШСНУ.

3. Разработан прибор с АПК для реализации метода контроля образования эмульсии в насосном оборудовании ШСНУ.

4. Получены результаты натурных испытаний, показавшие работоспособность разработанных метода, прибора, алгоритма и программного обеспечения, позволившие улучшить характеристику надежности – время безаварийной работы ШСНУ при образовании эмульсии в насосном оборудовании.

3. Научная и практическая значимость результатов

Теоретическая значимость работы заключается в развитии теории контроля и диагностики ШСНУ по параметрам ваттметрограммы, в том числе с использованием спектрального анализа, что позволяет обеспечить безаварийность работы ШСНУ и повысить объем добываемой нефти. Выявлены и исследованы закономерности изменения форм спектра профиля потребляемой электроприводом ШСНУ электрической мощности.

Практическая значимость работы заключается в разработке экспериментального образца ваттметрографа для реализации контроля механических дефектов, а также программного обеспечения для реализации метода контроля образования эмульсии на базе аппаратно-программного комплекса.

4. Личное участие автора в получении результатов научных исследований, изложенных в диссертации

Соискателем построен прибор для ваттметрирования, получены ваттметрограммы скважин с осложненными условиями, разработан метод определения степени образования эмульсии в глубинном насосе ШСНУ на основе спектрального анализа ваттметрограмм, получены основные

результаты исследований, которые отражены в научных статьях и диссертации, под руководством к.т.н., доцента Цветкова Алексея Николаевича.

5. Степень достоверности результатов проведенных исследований

Достоверность и обоснованность результатов исследования подтверждается корректностью поставленных задач, обоснованностью принятых допущений, корректным применением апробированных математических методов, а также экспериментальным подтверждением основных теоретических выводов при достаточном для инженерной практики совпадении результатов теории и физического эксперимента. Полученные результаты не противоречат известным решениям других исследователей.

6. Соответствие диссертации научной специальности

Диссертация соответствует научной специальности 2.2.8. «Методы и приборы контроля и диагностики материалов, изделий, веществ и природной среды». Научные результаты, полученные в работе, соответствуют п. 1. «Научное обоснование новых и совершенствование существующих методов, аппаратных средств и технологий контроля, диагностики материалов, изделий, веществ и природной среды, способствующее повышению надёжности изделий и экологической безопасности окружающей среды», п. 3. «Разработка, внедрение, испытания методов и приборов контроля, диагностики материалов, изделий, веществ и природной среды, способствующих повышению надёжности изделий и экологической безопасности окружающей среды» и п. 4. «Разработка методического, математического, программного, технического, приборного обеспечения для систем технического контроля и диагностирования материалов, изделий, веществ и природной среды, экологического мониторинга природных и техногенных объектов, способствующих увеличению эксплуатационного ресурса изделий и повышению экологической безопасности окружающей среды» паспорта специальности.

7. Полнота изложения результатов диссертации в работах, опубликованных автором

По теме диссертации опубликованы 13 печатных работ в журналах и сборниках, в том числе в 2 статьях в изданиях, рекомендованных ВАК РФ, 1 статье в издании, индексируемом в международной базе данных SCOPUS, 2 свидетельства на программу для ЭВМ.

Статья в рецензируемом научном издании, индексируемом в международной базе данных SCOPUS

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%).

Статьи в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК по группе научных специальностей диссертации:

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%).

Свидетельства о государственной регистрации программы для ЭВМ

4. Свидетельство №2023611551 Рос. Федерация. Спектральный анализ массива ваттметрограммы / А.Н. Цветков (RU), В.А. Манахов (RU) - заявл.11.01.2023; опубл. 23.01.2023 (вклад соискателя – 85%).

5. Свидетельство №2023613640 Рос. Федерация. Программа управления работой прибора для формирования ваттметрограмм электрической нагрузки / А.Н. Цветков (RU), В.А. Манахов (RU) - заявл.03.02.2023; опубл. 17.03.2023 (вклад соискателя – 75%).

Статьи в рецензируемых научных изданиях РИНЦ

6. Манахов В.А., Цветков А.Н. Диагностика штанговой скважинной насосной установки методом спектрального анализа по параметрам ваттметрограммы // Материалы XVII конференции Всероссийской открытой молодежной научно-практической конференции «Диспетчеризация и управление в электроэнергетике». – Казань: ООО "Издательство Фолиант", 2022. – С. 184-187 (вклад соискателя – 90%).

7. Манахов В.А., Басенко В.Р., Цветков А.Н. Диагностирование штанговых скважинных насосных установок по параметрам ваттметрограммы // Материалы XIX всероссийской конференции-конкурса студентов и аспирантов «Актуальные проблемы недропользования». – Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский горный университет, 2021. – С. 202-204 (вклад соискателя – 70%).

8. Манахов В.А., Цветков А.Н. Использование датчиков на эффекте холла для измерения параметров ваттметрограммы // Материалы докладов всероссийского XXIV аспирантско-магистерского семинара, посвященного Дню энергетика. – Казань: КГЭУ, 2020. – С. 78-80 (вклад соискателя – 75%).

9. Манахов В.А., Цветков А.Н. Диагностика состояния нефтяного оборудования по параметрам ваттметрограммы // Материалы докладов VI Национальной науч.-практ. конф. «Приборостроение и автоматизированный электропривод в топливно-энергетическом комплексе и жилищно-коммунальном хозяйстве». – Казань: КГЭУ, 2020. – Т.2. С-63-65 (вклад соискателя – 70%).

10. Манахов В.А. Диагностирование штанговых скважинных насосных установок по параметрам динамограммы // Материалы IV Международной науч.-практ. конференции «Энергия молодежи для нефтегазовой индустрии». – Альметьевск: АГНИ, 2019. – С. 403-407 (вклад соискателя – 80%).

11. Манахов В.А., Цветков А.Н. Диагностирование состояния штанговых скважинных насосных установок средствами станции управления ваттметрограммы // Материалы V Национальной науч.-практ. конф. «Приборостроение и автоматизированный электропривод в ТЭК и ЖКХ». – Казань: КГЭУ, 2019. – Т. 1. С. 210 -213 (вклад соискателя – 70%).

12. Манахов В.А. Цветков А.Н // Диагностирование штанговых скважинных насосных установок по параметрам ваттметрограммы Материалы IV Международной научно-практической конференции «Достижения, проблемы и перспективы развития нефтегазовой отрасли» - Альметьевск: АГНИ. - 2019 - С. 411-414. (вклад соискателя – 85%).

13. Манахов В.А., Цветков А.Н. Обзор оборудования и механизмов штанговых скважинных насосных установок // Материалы докладов всероссийского XXIII аспирантско-магистерского семинара, посвященного Дню энергетика. – Казань: КГЭУ, 2019 – С. 86-88 (вклад соискателя – 90%).

В диссертационной работе не выявлено использования материалов или отдельных результатов без ссылок на автора или источник заимствования, включая работы, выполненных соискателем лично и/или в соавторстве.

8. Апробация работы

Результаты работы докладывались и обсуждались на следующих всероссийских и международных конференциях: "SUSE-2021" (Kazan, Russia, 18-20 February, 2021 г.), XIX Всероссийской конференции-конкурсе студентов и аспирантов «Актуальные проблемы недропользования» (Санкт-Петербург, 14-16 апреля 2021 г.), V Национальной научно-практической конференции «Приборостроение и автоматизированный электропривод в ТЭК и ЖКХ» (Казань, 9-10 декабря 2019 г.), IV Международной научно-практической конференции «Достижения, проблемы и перспективы развития нефтегазовой отрасли» (Альметьевск, 16-18 октября 2019 г.), XVII Всероссийской открытой молодежной научно-практической конференции «Диспетчеризация и управление в электроэнергетике» (Казань, 20-22 октября 2022 г.).

9. Ценность научных работ соискателя

В рецензируемых научных изданиях опубликованы следующие научные результаты диссертации.

1. Проведены анализ работоспособности ШСНУ в осложненных условиях работы нефтяных скважин, исследование и анализ основных существующих методов диагностики неисправностей ШСНУ

2. Разработан алгоритм и метод контроля образования эмульсии в ШСНУ на основе спектрального анализа ваттметрограммы и алгоритм ухода от возникновения аварийных остановок.

3. Разработан прибор контроля и диагностики для определения момента образования эмульсии в цилиндре насоса и формирования управляющего воздействия на электропривод ШСНУ с целью недопущения аварийных остановок по перегрузке.

4. Получены результаты полевых испытаний прибора, метода контроля и алгоритма ухода от эмульсии, показавшие повышение характеристики надежности – времени безотказной работы ШСНУ.

В свидетельстве о государственной регистрации программы для ЭВМ «Программа для формирования ваттметрограмм электрической нагрузки» описано программное обеспечение для формирования ваттметрограмм электрической нагрузки, выполняющее функции чтения значения аналогового напряжения с входных контактов АЦП, расчета мощности и передачи данных на ПК в виде массива значений ваттметрограммы.

В свидетельстве о государственной регистрации программы для ЭВМ «Спектральный анализ массива ваттметрограммы» описано программное обеспечение для формирования спектра ваттметрограмм, выделения амплитуды частоты спектра при возникновении эмульсии, сравнения её с эталонным значением и формирования команды на снижение скорости вращения двигателя.

10. Характер результатов

Характер результатов диссертации соответствует п. 9 Положения о присуждении ученых степеней ВАК Министерства образования и науки РФ.

11. Выводы

Диссертация Манахова В.А. «Метод и прибор контроля возникновения эмульсии в нефтяных скважинах с применением спектрального анализа ваттметрограммы штанговой скважинной насосной установки» является завершённой научно-квалификационной работой, выполненной на актуальную тему, в которой содержится решение задачи разработки и испытания методов и приборов контроля и диагностики штанговых скважинных насосных установок в процессе их эксплуатации на нефтяных скважинах с образованием эмульсии, способствующих повышению их надёжности и безаварийной работы.

Решение данной задачи имеет значение для развития области науки и техники, занимающейся созданием научных основ методов аналитического и неразрушающего контроля и диагностики изделий, разработкой и внедрением приборов, средств и систем аналитического и неразрушающего контроля и диагностики изделий с улучшенными характеристиками.

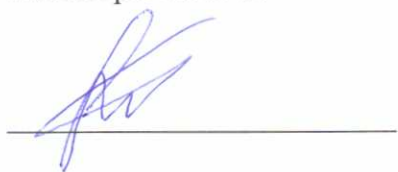
Диссертация обобщает самостоятельные исследования автора, обладает внутренним единством, содержит новые научные результаты и положения, выдвигаемые на защиту, свидетельствует о личном вкладе автора в науку. При выполнении диссертационной работы Манахов В.А. проявил себя зрелым научным работником, способным ставить и решать сложные теоретические и практические задачи.

Работа соответствует критериям п. 9 – 14 Положения о присуждении ученых степеней Российской Федерации, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук.

Диссертация «Метод и прибор контроля возникновения эмульсии в нефтяных скважинах с применением спектрального анализа ваттметрограммы штанговой скважинной насосной установки» Манахова Валерия Александровича рекомендуется к защите на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.2.8 «Методы и приборы контроля и диагностики материалов, изделий, веществ и природной среды».

Заключение принято на расширенном заседании кафедры «Электроснабжение промышленных предприятий» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Казанский государственный энергетический университет».

Присутствовало на заседании 25 чел. Результаты голосования: «за» – 25 чел., «против» – 0 чел., «воздержалось» – 0 чел., протокол № 04 от «20» сентября 2023 г.



Сафин Альфред Робертович,
доктор технических наук, доцент, заведующий
кафедрой «Электроснабжение промышленных
предприятий» ФГБОУ ВО «КГЭУ»

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Казанский государственный энергетический университет»,
420066, Республика Татарстан, г. Казань, ул. Красносельская, 51.
Тел. (843)519-42-73, e-mail: epp.kgeu@mail.ru

Сведения о лице, утвердившем заключение:

Абдуллазянов Эдвард Юнусович: кандидат технических наук, доцент
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Казанский государственный энергетический университет», ректор,
420066, Республика Татарстан, г. Казань, ул. Красносельская, 51.
Тел. (843)519-42-02, e-mail: rector@kgeu.ru