Утверждаю
Проректор по научной
и инновационной работе
ФГБОУ ВО УГНТУ
_____ Гулин Д.А.
«15» 10 2026 г.

ОТЗЫВ

ведущей организации – федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Уфимский государственный нефтяной технический университет» на диссертационную работу Сальникова Савелия Витальевича «Разработка методов диагностирования штанговой скважинной насосной установки при изменении режимов нагрузок электропривода», представленную на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.4.2 – «Электротехнические комплексы и системы».

1. Актуальность темы диссертации

Диссертационная работа Сальникова Савелия Витальевича посвящена актуальной научно-технической задаче разработке диагностирования штанговой скважинной насосной установки (ШСНУ). На сегодняшний день в Пермском крае значительная часть нефтедобывающих скважин эксплуатируется ШСНУ, поэтому актуальна оценка технического состояния нефтедобывающего оборудования: своевременный контроль и оперативная диагностика позволяют предотвратить дорогостоящие ремонты и сократить потери нефти. Широко применяемый метод диагностики ШСНУ по динамограмме, несмотря на наглядность и накопленную предприятиями базу результатов динамометрирования, требует монтажа динамографа, что увеличивает капитальные и трудозатраты, а альтернативная оценка динамограммы по электрическим переменным двигателя с использованием моделей станка-качалки (СК) и электропривода осложняется необходимостью непрерывного и точного определения углового положения кривошипа СК для преобразования нагрузочного момента двигателя в усилие на полированном штоке, что требует комплексной оценки кинематических переменных СК и механических величин. Дополнительно эффективность эксплуатации ШСНУ снижает принятый на предприятиях анализ сохранённых динамограмм «постфактум», сопряжённый с временными затратами на сбор, передачу и ручную интерпретацию данных и приводящий к задержке решений, росту операционных затрат и риску преждевременного выхода оборудования из строя, что противоречит «Энергетической стратегии РФ на период до 2050» о необходимости цифрового мониторинга и прогнозирования в ТЭК. Следовательно, необходима система непрерывной автоматизированной диагностики в режиме реального времени без участия оператора на основе анализа динамограмм, что позволит отказаться от монтажа, калибровки и обслуживания устьевых датчиков и

рационализировать использование штатных электрических измерительных преобразователей станции управления.

2. Научная и практическая значимость результатов диссертационного исследования

В ходе выполнения диссертационной работы соискателем получены следующие основные научные результаты:

1) концептуальная структура системы диагностики ШСНУ, отличающаяся от существующих реализацией принципа косвенной непрерывной оценки усилия в точке подвеса колонны штанг на основе анализа переменных состояний электропривода, без применения датчиков прямого измерения нагрузки;

2) классификатор технических состояний ШСНУ, отличающийся от существующих использованием комбинации сверточной нейронной сети и метода k-ближайших соседей, без повторного обучения модели при дополнении базы диагностических данных новыми образцами неисправностей;

3) метод и алгоритм косвенной оценки динамограммы ШСНУ, отличающиеся от существующих использованием оценки электромеханических переменных электропривода, а также классификатора на основе сверточной нейронной сети для определения углового положения роторного противовеса;

4) полунатурная физическая модель ШСНУ с нагрузочным и приводным агрегатами, отличающаяся от существующих наличием информационно-управляющего устройства формирования нагрузочного момента, имитирующего в реальном времени различные режимы работы установки на основе математических моделей.

Научная ценность работы состоит в решении актуальной научной задачи, заключающейся в разработке методов и алгоритмов диагностирования ШСНУ с использованием косвенной оценку усилия на полированном штоке.

Практическая значимость работы заключается в разработке комплексной математической и цифровой имитационной модели ШСНУ; разработке метода косвенной оценки динамограммы на основе анализа электромеханических переменных электропривода; разработке классификатора технических состояний ШСНУ.

Разработанный метод диагностики ШСНУ на основе косвенной и непрерывной оценки усилия в точке подвеса колонны штанг был использован при создании интеллектуальных станций управления в рамках НИОКТР по соглашению № 075-11-2021-052 от 24.06.2021 г. «Создание высокотехнологичного производства автономных энергосберегающих цифровых систем распределенного управления добывающим фондом скважин на основе элементов машинного обучения и искусственного интеллекта» (Постановление № 218 Правительства РФ от 09.04.2010 г., 2021–2024 гг.). Разработанные метод и алгоритм получения диагностической информации ШСНУ внедрены в учебный процесс ФГАОУ ВО «ПНИПУ».

3. Апробация положений диссертационной работы

Основные научные положения докладывались и обсуждались на научно-технических конференциях всероссийского и международного уровней.

По теме диссертационной работы опубликовано 9 печатных работ (из них 6 в изданиях, входящих в международные системы цитирования *SCOPUS* и *Web of Science*) получены 2 свидетельства о государственной регистрации программы для ЭВМ.

4. Рекомендации по использованию результатов и выводов диссертационной работы

Представленные в работе методы диагностирования ШСНУ могут быть использованы при эксплуатации нефтедобывающих скважин с целью уменьшения затрат на ремонт и обслуживание оборудования, потерь нефти из-за простоев, операционных и капитальных затрат на сбор и интерпретацию данных и обслуживание устьевых датчиков, а также снижения риска преждевременного выхода оборудования из строя и влияния человеческого фактора за счёт внедрения непрерывной автоматизированной диагностики в режиме реального времени.

5. Содержание автореферата

Автореферат полностью отражает содержание диссертации, методы исследования и результаты работы.

6. Замечания по диссертационной работе

К диссертационной работе имеются следующие вопросы и замечания:

1. В выносимых на защиту положениях и в научной новизне работы отмечается, что разработанный классификатор обеспечивает расширение базы новыми образцами неисправностей. ШСНУ применяются для добычи нефти уже более 100 лет, все их неисправности давно известны и никаких новых неисправностей появиться не может.

2. Автор выделяет 6 характерных форм динамограмм, соответствующих нормальной работе насоса и 5 ненормальным режимам. Однако список неисправностей, определяемых методом динамометрирования, значительно шире. В классификатор не вошли такие характерные неисправности, как низкая и высокая посадки плунжера, изгиб цилиндра, выход плунжера из насоса и другие, которые достаточно отчетливо отображаются на динамограммах.

3. В работе не совсем правильно называются и характеризуются некоторые динамограммы. Так, несколько раз упоминается режим "низкая или малая подача насоса". На самом деле динамограмма в форме «пистолета» соответствует неполному заполнению цилиндра насоса жидкостью. Такой режим появляется, если скорость откачки жидкости насосом превышает приток в скважину из пласта, либо из-за влияния высокого газового фактора. Приведенная внизу рисунка 1.7 динамограмма не является плунжерной. Это

теоретическая устьевая динамограмма. Плунжерная динамограмма имеет вид прямоугольника, а не параллелограмма.

4. При описании результатов эксперимента оценки работоспособности алгоритма восстановления динамограммы автор указывает, что средняя абсолютная ошибка при оценке не превышает 700 Н. Непонятно, это много или мало? Погрешность следовало бы указать в процентах.

5. В таблице 4.10 диссертации приведены точность и время работы алгоритмов классификации неисправностей ШСНУ. Требуется пояснить, как оценивалась точность тестируемых алгоритмов. Время выполнения вычислений будет зависеть от производительности применяемой микропроцессорной системы.

6. На рисунках 14 и 16 автореферата фактически приведены три динамограммы, соответствующие нормальному режиму работы насоса. Это излишне, можно было привести один график динамограммы нормальной работы.

7. При описании процесса формирования графика динамограммы на странице 60 диссертации автор пишет, что отрезок CD соответствует «релаксации» колонны штанг. На самом деле отрезок CD соответствует сжатию колонны, и, соответственно, повышению внутреннего напряжения штанг.

8. Необходимо пояснить, как связаны с темой диссертации публикации 8 и 9 из списка основных работ, опубликованных по теме диссертации.

Следует отметить, что приведенные замечания не снижают теоретической и практической ценности проведенного исследования.

Заключение

Диссертационная работа Сальникова Савелия Витальевича выполнена на высоком теоретическом и экспериментальном уровне, полученные результаты являются новыми и имеют научную и практическую значимость. Достоверность результатов подтверждается их согласованностью с результатами экспериментов.

Диссертационная работа соответствует п.14 Положения о присуждении ученых степеней: соискатель в тексте диссертации корректно ссылается на авторов и/или источники заимствования материалов или отдельных результатов; используя результаты научных работ, выполненных лично и/или в соавторстве, соискатель отмечает это обстоятельство в диссертации.

Диссертационная работа соответствует паспорту специальности 2.4.2 – Электротехнические комплексы и системы.

Диссертационная работа Сальникова Савелия Витальевича «Разработка методов диагностирования штанговой скважинной насосной установки при изменении режимов нагрузок электропривода», представленная на соискание ученой степени кандидата технических наук, соответствует требованиям «Положения о порядке присуждения ученых степеней в НИТУ МИСИС».

Автор диссертации Сальников Савелий Витальевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.4.2 – Электротехнические комплексы и системы.

Диссертационной работа Сальникова Савелия Витальевича «Разработка методов диагностирования штанговой скважинной насосной установки при изменении режимов нагрузок электропривода», автореферат и отзыв обсуждены на заседании кафедры «Электротехники и электрооборудования предприятий» ФГБОУ ВО «УГНТУ», протокол №4 от «15» 10 2026 г.

Председатель заседания
Заведующий кафедрой «Электротехники
и электрооборудования предприятий»,
доктор технический наук, доцент

15.10.2026
Хакимьянов
Марат Ильгизович

Отзыв составил
Доцент кафедры «Электротехники
и электрооборудования предприятий»,
кандидат технический наук, доцент

Хазиева
Регина Тагировна

Подписи Хакимьянова М.И. и Хазиевой Р.Т.
заверяю, начальник ОРП

О.А. Дадаян

Сведения об организации:

Федеральное государственное бюджетное образовательной учреждение высшего образования «Уфимский государственный нефтяной технический университет» (УГНТУ).
Почтовый адрес: 450064, г. Уфа, ул. Космонавтов, д. 1.
Телефон: 8 (347) 242-03-70
Адрес электронной почты: info@rusoil.net

Докторская диссертация Хакимьянова М. И. защищена по специальности 05.09.03 – Электротехнические комплексы и системы.

Кандидатская диссертация Хазиевой Р. Т. защищена по специальности 05.09.03 – Электротехнические комплексы и системы.