

ОТЗЫВ

официального оппонента, доктора технических наук,
профессора Дроздова Александра Николаевича
на диссертационную работу Рукина Михаила Валерьевича
«Обоснование потокоотклоняющего устройства при периодической
кратковременной эксплуатации установки скважинного электроприводного
лопастного насоса», представленную на соискание учёной степени кандидата
технических наук по специальности
2.5.21 – Машины, агрегаты и технологические процессы
(Технические науки)

Диссертационная работа Рукина Михаила Валерьевича на тему
«Обоснование потокоотклоняющего устройства при периодической
кратковременной эксплуатации установки скважинного электроприводного
лопастного насоса», выполнена на кафедре «Машины и оборудование
нефтегазовых промыслов» Федерального государственного бюджетного
образовательного учреждения высшего образования «Уфимский
государственный нефтяной технический университет», а также на кафедре
«Нефтегазовое дело» Федерального государственного бюджетного
образовательного учреждения высшего образования «Нижневартровский
государственный университет». Диссертационная работа состоит из введения,
четырёх глав, основных выводов и списка источников из 104 наименований.
Работа содержит 149 страниц, 41 рисунок, 2 таблицы, 7 приложений.

Актуальность темы диссертационного исследования

Современный этап развития нефтегазовой отрасли в Российской Федерации характеризуется увеличением доли трудноизвлекаемых запасов и переходом значительной части добывающих скважин в категорию низкодебитных. В этих условиях широкое распространение получают установки скважинных электроприводных лопастных насосов (УЭЛН), эксплуатируемые в периодическом кратковременном режиме (ПКР). Данный режим позволяет использовать стандартное высокопроизводительное оборудование при низком притоке пластовой жидкости, однако сопровождается рядом осложняющих

факторов, среди которых ключевым является недостаточное охлаждение погружного электродвигателя (ПЭД) из-за низкой скорости омывающего потока. Перегрев ПЭД ведёт к снижению надёжности, сокращению наработки на отказ и преждевременным выходам оборудования. Таким образом решения, направленные на повышение надежности эксплуатации УЭЛН в условиях ПКР, является актуальной научно-технической задачей, имеющей важное значение для повышения эффективности добычи нефти.

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций

Диссертационная работа базируется на корректном использовании фундаментальных законов тепло- и гидродинамики, методов математического моделирования, численных методов решения нелинейных уравнений, а также современных методов статистической обработки промысловых данных. Достоверность полученных результатов подтверждается сходимостью теоретических расчётов с экспериментальными данными, полученными в ходе опытно-промысловых испытаний на месторождениях АО «Газпромнефть-Ноябрьскнефтегаз». Погрешность расчёта максимальной температуры ПЭД не превышает 3%, что свидетельствует о высокой адекватности разработанных моделей.

Научная новизна диссертации

1. Научная новизна исследования, выполненного Рукиным М.В., заключается в разработке новых методических и алгоритмических решений для мониторинга и диагностики технической системы «погружной электродвигатель».

2. Установлена закономерность формирования теплового режима ПЭД в ПКР, выражающаяся в асимметрии скоростей нагрева и охлаждения двигателя: скорость роста температуры в полуцикле откачки превышает скорость её снижения в полуцикле накопления, что приводит к увеличению максимальной

температуры при возрастании длительности цикла (нагрев возрастает до 30% при увеличении периода откачки с 5 до 10 минут).

3. Выявлено, что применение разработанного потокоотклоняющего устройства интенсифицирует теплообмен за счёт принудительного перенаправления потока из затрубного пространства, что обеспечивает рост чисел Рейнольдса и Нуссельта в 3–5 раз и снижение нагрева двигателя в 2–3 раза (на 20–40 °С). Дополнительное оснащение устройства пластинами оребрения позволяет снизить температуру ПЭД ещё на 20%.

4. На основе статистического анализа данных по эксплуатации более 500 скважин в ПКР впервые выявлены, количественно оценены и проранжированы по степени влияния ключевые факторы, определяющие наработку до отказа УЭЛН: газовый фактор, давление насыщения и концентрация механических примесей (отрицательная корреляция 0,4–0,8), плотность нефти (положительная корреляция 0,6), длительность периода откачки и дебит жидкости (корреляция ~0,3). Получены эмпирические зависимости для прогнозирования наработки до отказа с множественным коэффициентом корреляции более 0,8.

Практическая значимость работы

1. Разработан способ периодической эксплуатации скважины погружной насосной установкой с электроприводом (патент РФ на изобретение №2814706). На основе разработанного подхода выполнены опытно-промысловые исследования (ОПИ) по оптимизации технологического режима электроцентробежных установок, работающих в режиме периодической откачки, для пяти добывающих скважин АО «Газпромнефть – Ноябрьскнефтегаз». Спроектирован и реализован на скважинах альтернативный технологический режим скважин, обеспечивающей снижение максимальной температуры погружного двигателя по скважинам на величину от 6 до 12 °С при сохранении дебита скважины по жидкости.

2. Разработано потокоотклоняющее устройство для интенсификации охлаждения ПЭД (патент РФ № 2830533), эффективность которого подтверждена опытно-промышленными испытаниями: снижение максимальной температуры ПЭД на 13 °С при сохранении режима работы.

3. Создан и внедрён в производственный процесс АО «НЕГУСНЕФТЬ» стандарт организации «Методика расчета теплового режима погружного электродвигателя установки электроприводного центробежного насоса в периодическом режиме эксплуатации», используемый при подборе оборудования для ПКР.

4. Результаты исследований внедрены в учебный процесс ФГБОУ ВО «Нижевартовский государственный университет» при подготовке магистров по направлению «Нефтегазовое дело».

Рекомендации по использованию результатов и выводов диссертации

Результаты диссертации могут быть использованы в качестве методических и технологических рекомендаций нефтегазодобывающим предприятиям при определении оптимального режима работы периодических скважин, оборудованных УЭЛН.

Отдельные положения диссертации могут быть рекомендованы для выполнения учебных работ студентов ВУЗов по направлению нефтегазовое дело.

Оценка содержания диссертации, её завершенность

Во введении обоснована актуальность, сформулированы цель и задачи, научная новизна и практическая значимость.

В первой главе выполнен анализ опыта эксплуатации УЭЛН в периодическом режиме, выявлены основные причины отказов, проведён статистический анализ и установлены наиболее значимые факторы, влияющие на наработку до отказа.

Во второй главе разработана математическая модель нестационарного теплообмена в системе «ПЭД – скважинный флюид», выполнена её верификация, исследовано влияние параметров работы УЭЛН и свойств жидкости на тепловое поле ПЭД.

В третьей главе представлена конструкция потокоотклоняющего устройства, проведено численное моделирование его работы, исследовано влияние конструктивных параметров (диаметра корпуса, оребрения) на эффективность охлаждения ПЭД.

В четвёртой главе приведены результаты опытно-промышленных испытаний разработанного устройства, подтверждена эффективность предложенного подхода к управлению режимом ПКР с контролем температуры.

Заключение содержит основные выводы, полностью соответствующие поставленным задачам.

Приложения содержат патенты, акты внедрения и листинг программы математического моделирования.

Работа написана технически грамотно, логически завершена, оформление соответствует требованиям.

Апробация и публикация результатов исследований

Основные результаты, полученные при исследованиях, докладывались в 2022 – 2025 гг. на семи международных и региональных научно-технических конференциях. По результатам опубликовано 14 научных трудов, в том числе 5 статей в российских периодических изданиях, три из которых включены в перечень ВАК Минобрнауки РФ. Получено 2 патента РФ на изобретение. Опубликованные работы в полной мере отражают основное содержание диссертации.

В автореферате диссертации изложены актуальность темы, цель и задачи работы, научные положения, выносимые на защиту, показана достоверность результатов, их научная новизна, теоретическая и практическая значимость.

Автореферат полностью отражает основное содержание диссертационной работы.

Основные замечания по диссертации и автореферату:

1. В статистическом анализе наработки на отказ УЭЛН (глава 1) использованы данные за период 2015–2024 гг. За это время происходило совершенствование систем управления и телеметрии. Учитывался ли этот фактор при построении регрессионных зависимостей?

2. Насколько построенные зависимости применимы к другим месторождениям с различными осложнениями данного региона, иных нефтяных регионов?

3. В работе не учтено применение газосепараторов. Как применение газосепаратора повлияет на определение цикличности эксплуатации УЭЛН?

Данные замечания не снижают общей положительной оценки работы и не влияют на её основные научные и практические результаты.

Заключение

Диссертационная работа Рукина Михаила Валерьевича «Обоснование потокоотклоняющего устройства при периодической кратковременной эксплуатации установки скважинного электроприводного лопастного насоса» является законченной научно-квалификационной работой, в которой содержится решение актуальной научно-технической задачи – обоснование и разработка потокоотклоняющего устройства для повышения эффективности и надёжности УЭЛН при эксплуатации в периодическом кратковременном режиме. По актуальности, научной новизне, практической значимости и достоверности полученных результатов работа соответствует требованиям п. 9 «Положения о порядке присуждения учёных степеней» (постановление Правительства РФ от 24.09.2013 № 842), предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по

специальности 2.5.21 – Машины, агрегаты и технологические процессы
(Технические науки).

Официальный оппонент,

Доктор технических наук, профессор

А.Н. Дроздов



Дроздов Александр Николаевич - доктор технических наук, профессор кафедры разработки и эксплуатации нефтяных месторождений, РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина
Инженерная специальность: Технология и комплексная механизация разработки нефтяных и газовых месторождений

Научная специальность: 05.15.06 – Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений

Адрес: 119991, Город Москва, проспект Ленинский, дом 65, корпус 1, кабинет 230

Телефон: +7 (499) 507-82-97, внутр.: 1839 E-mail: rnm@gubkin.ru