

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

на диссертацию Торгаевой Дарьи Сергеевны
**«Система управления установкой штангового глубинного насоса на
основе анализа сигнала потребляемой электроприводом мощности»,**
представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук
по специальности 05.13.06 – «Автоматизация и управление
технологическими процессами и производствами (промышленность)»

Актуальность темы исследования

В настоящее время наиболее распространенным является насосный способ эксплуатации нефтяных скважин. Выбор оборудования для насосной эксплуатации, как правило, обусловлен продуктивностью пласта, а также наличием осложнений в добыче. Зачастую, в начале разработки месторождения, скважины оснащают электроцентробежными насосами, а по мере снижения дебита переводят их на добычу с помощью установок штанговых глубинных насосов. Стремительное истощение месторождений и высокая обводненность привели к необходимости в повышении уровня автоматизации добывающих скважин с целью увеличения или поддержания добычи нефти и сокращения эксплуатационных расходов. Рост и поддержание нефтедобычи заключается в выборе оптимального режима работы скважины, а также сокращении энергопотребления и времени простоя. Сокращение эксплуатационных затрат достигается за счет ранней диагностики неисправностей оборудования, что позволяет минимизировать затраты на ремонтные работы.

В диссертационной работе Д.С. Торгаевой предложены разработанные автором методы регулирования подачи и диагностики неисправностей установки штангового глубинного насоса на основе анализа сигнала потребляемой электроприводом активной мощности, позволяющие производить откачивание при оптимальном динамическом уровне жидкости в затрубном пространстве нефтяной скважины, а также производить автоматическую диагностику штангового глубинного насоса. В работе проведено комплексное исследование разработанных методов как с помощью разработанной автором имитационной модели, так и с помощью экспериментальной установки.

Оценка структуры и содержание работы

Диссертационная работа включает **введение, четыре раздела, заключение**, а также **два приложения**.

Во **введении** представлено обоснование актуальности диссертационной работы, обозначены цель и задачи исследования, сформулированы пункты

научной новизны, теоретической и практической значимости работы, положения, выносимые на защиту.

В первом разделе приводится подробное описание конструкции и принципа действия установки штангового глубинного насоса. Также в первом разделе приведен обзор существующих методов регулирования подачи установки штангового глубинного насоса, основанных на анализе различных технологических параметров. Приведена классификация существующих методов регулирования и сформулированы основные требования к данным методам. Приведен обзор существующих методов диагностики неисправностей погружного и наземного оборудования установки штангового глубинного насоса, выявлены их достоинства и недостатки. Показано, что для диагностики неисправностей штангового глубинного насоса необходима разработка метода, основанного на анализе сигнала ваттметрограммы.

Второй раздел посвящен математическому описанию установки штангового глубинного насоса как объекта управления. Объект условно разделяется на ключевые узлы, каждый узел описывается как отдельная подсистема.

Третий раздел можно условно разделить на три части:

- описание метода регулирования подачи установки штангового глубинного насоса, основанного на поддержании оптимального динамического уровня жидкости в затрубном пространстве нефтяной скважины посредством анализа сигнала потребляемой электроприводом активной мощности;
- анализ влияния основных неисправностей штангового глубинного насоса на форму сигналов динамограммы и ваттметрограммы;
- описание метода диагностики неисправностей штангового глубинного насоса, разработанного с учетом выявленных закономерностей.

В четвертом разделе приводятся экспериментальные исследования метода поддержания оптимального динамического уровня жидкости в затрубном пространстве нефтяной скважины с помощью разработанной имитационной модели объекта управления, доказывающаяся аппаратная реализуемость предложенного метода. Для подтверждения работоспособности метода диагностики неисправностей штангового глубинного насоса посредством обработки сигнала потребляемой электроприводом мощности приводятся результаты моделирования неисправностей для различных параметров штангового глубинного насоса, кинематики механического привода и режимов работы оборудования. Также в разделе приведены результаты испытаний разработанного метода поддержания оптимального уровня жидкости с помощью с помощью экспериментального стенда испытаний и экспериментального образца системы управления установкой штангового глубинного насоса.

В заключении представлены основные результаты и выводы по диссертационной работе.

Приложения содержат ваттметрограммы и динамограммы, полученные в ходе проведения моделирования неисправностей штангового глубинного насоса при различных параметрах работы и конфигурациях установок

штанговых глубинных насосов. Сигналы использованы при проведении тестирования метода диагностики неисправностей штангового глубинного насоса. Также в приложениях приведены акты о внедрении результатов диссертационного исследования.

Научная новизна, теоретическая и практическая значимость

Представленные в работе метод диагностики неисправностей штангового глубинного насоса и метод поддержания оптимального уровня жидкости в затрубном пространстве нефтяной скважины основываются на анализе сигнала потребляемой электроприводом активной мощности, что позволяет исключить необходимость измерения других технологических параметров для реализации процесса добычи нефти. Данное решение позволяет упростить конструкцию системы управления установкой штангового глубинного насоса и снизить ее себестоимость.

Несмотря на то, что научно-технические результаты работы имеют выраженный прикладной характер, автором получены и значимые теоретические результаты. В частности, были выявлены характерные для различных неисправностей изменения форм сигнала потребляемой электроприводом активной мощности, проведены аналогии с соответствующими изменениями формы сигнала динамограммы. Разработанная имитационная модель позволяет представить скважину, установку штангового глубинного насоса и систему управления как замкнутую систему с учетом изменения скорости притока скважинной жидкости.

Теоретическая и практическая значимость результатов исследования также подтверждается применением их при выполнении ФЦП «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014 – 2020 годы», «Исследование и разработка интеллектуальной системы управления штанговым глубинным насосом для поддержания оптимального динамического уровня жидкости в нефтяной скважине» Соглашение № 14.574.21.0157 (уникальный идентификатор RFMEFI57417X0157). Результаты диссертационной работы внедрены при разработке экспериментальной установки, включающей стенд испытаний и экспериментальный образец системы управления, разработанной совместно с предприятием АО «Энергонефтемап» (г. Омск), что подтверждается соответствующим актом.

Соответствие результатов работы содержанию опубликованных работ

Основные результаты диссертационной работы представлены в 20 публикациях, 7 из которых опубликованы в изданиях, входящих в международную базу цитирования Scopus, 3 – в изданиях, рекомендованных ВАК РФ, 4 – в материалах конференций, получено 5 свидетельств о регистрации программ для ЭВМ и 1 патент на полезную модель.

Степень обоснованности и достоверности научных положений, выводов и рекомендаций

Основные научные положения диссертационной работы подтверждаются результатами экспериментальных исследований разработанных методов регулирования подачи и диагностики неисправностей установки штангового глубинного насоса на основе анализа сигнала потребляемой электроприводом активной мощности с помощью имитационной модели объекта управления, реализованной в среде Matlab/Simulink. Работоспособность предложенных методов подтверждается результатами экспериментальных исследований, проведенных с помощью макетного образца системы управления установкой штангового глубинного насоса и стенда испытаний. Достоверность выводов подтверждается публикациями основных результатов работы в рецензируемых российских и зарубежных изданиях.

Соответствие темы диссертации паспорту научной специальности

Диссертация соответствует п. 4 и 14 паспорта специальности 05.13.06 «Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (промышленность)». В работе представлены как имитационные модели объекта управления (установки штангового глубинного насоса и подсистемы пласт – скважина), так и системы управления (п. 4). В ходе проведения исследований был разработан метод диагностики неисправностей штангового глубинного насоса, что соответствует п. 14 паспорта специальности.

По диссертационной работе имеются следующие замечания:

1) Из содержания диссертации не понятно, почему ряд математических моделей, таких как «пласт-скважина», «штангового глубинного насоса», «асинхронного электродвигателя» отнесены к имитационным моделям, когда они построены на аналитических выражениях.

2) Какова устойчивость разработанной системы управления к неустойчивости параметров объекта управления? Данные исследования выполнялись?

3) Из текста диссертации не совсем ясно, оценивалась ли грубость алгоритма диагностики неисправностей к износу оборудования. Характеристики исправного оборудования с износом изменяются. Как это учитывается?

Отмеченные недостатки не снижают научный уровень представленной работы, имеют непринципиальный характер и не затрагивают сущности основных положений, представленных к защите.

Заключение

Диссертационная работа Торгаевой Дарьи Сергеевны является завершённой научно-квалификационной работой, выполненной на

актуальную тему по обеспечению эффективности технологического процесса нефтедобычи. Считаю, что представленная диссертация полностью удовлетворяет требованиям к кандидатским диссертациям, которые установлены «Положением о порядке присуждения ученых степеней» ВАК РФ, а ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.06 «Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (промышленность)».

Заведующий кафедрой – руководитель
отделения ядерно-топливного цикла на правах кафедры
Инженерной школы ядерных технологий
Национального исследовательского
Томского политехнического университета,
д-р техн. наук, доцент



А.Г. Горюнов

16.09.2020г.

Горюнов Алексей Германович, доктор технических наук, доцент, телефон и адрес: рабочий телефон +7 (3822) 60-63-41, факс +7 (3822) 42-39-34, 634049, г. Томск, ул. 2-я Рабочая, дом 15, кв. 26, e-mail: alex1479@tpu.ru, alex1479@mail.ru

Защитил докторскую диссертацию по специальности 05.13.06 – «Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (атомная промышленность)» в 2012 г. Научная специализация: 05.13.06 – «Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (промышленность)», 05.13.18 – «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ (технические науки), 05.11.13 – «Приборы и методы контроля природной среды, веществ, материалов и изделий», 05.13.01 – «Системный анализ, управление и обработка информации», 05.13.05 – «Элементы и устройства вычислительной техники и систем управления».

Сведения об организации:

федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет»

Россия, 634050, г. Томск, проспект Ленина, дом 30, Тел. +7 (3822) 60-63-33, Факс. +7 (3822) 56-38-65.

Подпись Горюнова А.Г. удостоверяю

Ученый секретарь ТПУ




О.А. Ананьева