

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

доктора технических наук, профессора Титова Виталия Семеновича, на диссертационную работу Торгаевой Дарьи Сергеевны «Система управления установкой штангового глубинного насоса на основе анализа сигнала потребляемой электроприводом мощности» по специальности 05.13.06 – Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (промышленность)

Актуальность темы диссертации

В настоящее время нефтедобывающая промышленность вышла на новый этап своего развития, когда необходимо не только разрабатывать месторождения с трудноизвлекаемыми запасами углеводородов, но и переосваивать ранее законсервированные скважины, выработавшие свой ресурс и выведенные из разработки в связи с нерентабельностью добычи. Поэтому актуальными являются исследования, связанные с разработкой систем управления нефтедобывающими установками, позволяющими с высокой эффективностью производить откачку скважинной жидкости при высокой обводненности продукции и пескопроявлении. Штанговый глубинный насос со станком-качалкой является наиболее распространенным видом оборудования, применяемого при добыче из низкодебетных скважин и скважин с различными типами осложнений.

Система «скважина – штанговый глубинный насос» является сложным объектом управления, поскольку его параметры и характеристики значительно отличаются в зависимости от условий месторождения, характера добываемого пластового флюида, износа оборудования, характера искривления и наклона скважины и т.д. Все эти характеристики тем или иным образом должны учитываться системой управления для выработки оптимального управляющего воздействия, точного определения неисправностей оборудования или несоответствия режима работы заданному. В настоящее время набирают популярность системы управления, позволяющие регулировать подачу установки штангового глубинного насоса, а также определять состояние оборудования посредством анализа сигнала ваттметрограммы. Использование для реализации алгоритмов управления и диагностики только датчика активной мощности позволяет существенно снизить себестоимость и повысить надежность системы управления установкой штангового глубинного насоса. Поэтому исследования, направленные на разработку методов регулирования подачи и диагностики оборудования посредством анализа сигнала ваттметрограммы (зависимости затрачиваемой электроприводом активной мощности от времени) являются актуальными.

Целью работы является повышение эффективности технологического процесса добычи нефти, путем разработки и применения методов регулирования подачи и диагностики неисправностей на основании анализа потребляемой электроприводом мощности.

Соответствие диссертации представленной специальности

Объектом исследования диссертации Торгаевой Д.С. является замкнутая система «пласт – скважина – установка штангового глубинного насоса» с системой управления с обратной связью по потребляемой электроприводом мощности. Автором разработана имитационная модель данной системы, а также метод регулирования подачи установки штангового глубинного насоса, основанный на поддержании оптимального динамического уровня жидкости в затрубном пространстве нефтяной скважины, и метод диагностики неисправностей штангового глубинного насоса. Таким образом, представленная диссертация соответствует паспорту специальности 05.13.06 – «Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (промышленность)», пункт 4,14,18.

Новые научные результаты диссертации

Соискателем определены следующие формулировки научной новизны:

1. Разработана имитационная модель объекта управления, включающая в себя подсистему «продуктивный пласт – скважина» и следующие узлы УШГН: ШГН, СК, электродвигатель. Имитационная модель отличается модульной структурой, возможностью моделирования двух типов балансирного привода, а также учетом изменения скорости притока скважинной жидкости. Кроме того, разработанная модель позволяет имитировать различные неисправности штангового глубинного насоса.

2. Выявлены закономерности изменения форм сигнала потребляемой электроприводом установки штангового глубинного насоса мощности, проведены аналогии между изменениями форм этих сигналов и характерными изменениями динамограмм с целью разработки метода диагностики неисправностей ШГН. Исследованы неисправности: обрыв и отворот штанг, попадание газа в цилиндр насоса, образование эмульсии, запарафинивание, удар плунжера о приемный клапан, удар плунжера о верхнюю ограничительную гайку вставного насоса, утечка в приемном клапане, утечка в нагнетательном клапане.

3. Предложен метод регулирования подачи установки штангового глубинного насоса, основанный на анализе сигнала потребляемой электроприводом мощности, отличающийся поддержанием оптимального динамического уровня жидкости в затрубном пространстве нефтяной скважины без использования дополнительных датчиков физических величин.

4. Разработан метод диагностики неисправностей штангового глубинного насоса на основании анализа сигнала потребляемой электроприводом мощности без использования дополнительных датчиков физических величин.

Практическая значимость результатов работы

Практическая значимость результатов работы заключена в разработке регулирования подачи установки штангового глубинного насоса, основанного на анализе сигнала потребляемой электроприводом мощности, позволяющего повысить эффективность технологического процесса добычи нефти. Метод диагностики неисправности штангового глубинного насоса позволяет определять наличие поломок на ранней стадии, а следовательно снизить вероятность отказа оборудования, и уменьшить время его простоя, вызванного необходимостью проведения ремонтных работ. Важным свидетельством практической значимости проведенных диссертантом исследований является Акт о внедрении, полученный от АО «Энергонефтемаш» и приложенный к работе.

Достоверность полученных результатов

Достоверность полученных результатов обеспечена строгостью выполнения используемых методов моделирования в инструментальной среде MATLAB, непротиворечивостью с результатами и выводами других разработок и исследований по обозначенным проблемам. Результаты численных расчетов и моделирования подтверждены сравнением с результатами эксперимента на установке штангового глубинного насоса.

Содержание диссертационной работы

В состав диссертации входят введение, 4 раздела, заключение, список литературы из 111 наименований и 2 приложения. Объем основной части диссертации – 148 с., в том числе 71 рисунок и 26 таблиц.

В первом разделе (с. 14-39 диссертации) приведено описание объекта управления. Приведен обзор существующих методов регулирования подачи установки штангового глубинного насоса, а также методов диагностики погружного и наземного оборудования. Обоснована актуальность исследования в выбранной диссертационной области.

Во втором разделе (с. 40-67 диссертации) представлено математическое описание объекта управления. Приведена структурно-функциональная схема объекта, в соответствии с которым проведено описание узлов объекта (подсистемы «продуктивный пласт – скважина», штангового глубинного насоса, станка-качалки, электродвигателя), как отдельных подсистем. Представлена имитационная модель объекта управления, доказана ее адекватность.

В третьем разделе (с. 68-95 диссертации) описывается метод регулирования подачи установки штангового глубинного насоса, основанный на поддержании оптимального динамического уровня жидкости в затрубном пространстве нефтяной скважины посредством анализа сигнала потребляемой электроприводом мощности. Приведены сигналы ваттметрограмм и динамограмм нормальной работы и работы штангового глубинного насоса с различными неисправностями, выявлено влияние неисправностей на форму сигнала ваттметрограммы и проведена аналогия между сигналами ваттметрограмм и динамограмм. Приведен метод диагностики неисправностей штангового глубинного насоса посредством обработки сигнала потребляемой электроприводом мощности.

В четвертом разделе (с. 96-131 диссертации) приводятся результаты экспериментальных исследований имитационной модели объекта управления и метода регулирования подачи установки штангового глубинного насоса, основанного на поддержании оптимального динамического уровня жидкости в затрубном пространстве нефтяной скважины посредством анализа сигнала потребляемой электроприводом мощности. Для подтверждения работоспособности метода регулирования подачи эксперимент выполнялся для объектов управления, имеющих различные параметры установки штангового глубинного насоса и подсистемы «продуктивный пласт – скважина». Приводятся результаты моделирования неисправностей при различных параметрах штангового глубинного насоса, кинематики механического привода и режимов работы оборудования, подтверждающие работоспособность метода диагностики неисправностей штангового глубинного насоса посредством анализа потребляемой электроприводом мощности. Представлены результаты экспериментальных исследований предложенного в диссертации метода регулирования подачи с помощью экспериментального образца системы управления установкой штангового глубинного насоса и стенда испытаний.

В заключении сформулированы основные результаты диссертационной работы.

Подтверждение опубликования основных результатов диссертации

Основные результаты, полученные в диссертационной работе, опубликованы в 20 печатных работах, из них 3 в рецензируемых изданиях, рекомендованных ВАК. Все представленные на защиту результаты получены автором лично и обсуждались на научных конференциях и семинарах.

Считаю, что основное содержание диссертации, её основные научные положения и практические результаты достаточно полно отражены в публикациях и докладах автора.

Замечания по диссертационной работе

1. В теме диссертации озвучена система управления установкой штангового глубинного насоса, однако обзор существующих систем управления в первой главе отсутствует.
2. Во втором разделе диссертационного исследования приведено математическое описание объекта управления, однако, не раскрыта реализация блоков имитационных моделей в среде Matlab.
3. В третьем разделе описывается моделирование неисправностей штангового глубинного насоса, однако, нет подробного описания как именно моделировались неисправности.
4. В пунктах 3.2.2-3.2.6 неисправности промоделированы для одних и тех же условий, для пункта 3.2.1 условия отличаются. Причины такой замены не приведены.
5. Имитационная модель разработана для двух типов балансирного привода (одноплечий и двухплечий). При проведении исследований с помощью разработанной имитационной модели использовались параметры только двухплечих станков-качалок.

Заключение

Отмеченные недостатки не снижают качество исследования и не влияют на полученные конечные результаты диссертационной работы. Диссертация Торгаевой Дарьи Сергеевны представляет собой законченную квалификационную работу, в которой достигнуты важные научные и практические результаты.

Работа отвечает требованиям п. 9 Положения (утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 года, 824) о порядке присуждения ученых степеней, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а её автор заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.06 «Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (промышленность)».

Официальный оппонент:

Титов Виталий Семенович

заведующий кафедрой
вычислительной техники, доктор
технических наук, профессор,
ФГБОУ ВО «Юго-Западный
государственный университет»

Титов
11.09.2020

Сведения об официальном оппоненте

Фамилия, имя, отчество: Титов Виталий Семенович

Защищал диссертационную работу по специальности 05.13.05 «Элементы и устройства вычислительной техники и систем управления»

Организация: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Юго-Западный государственный университет»

Сайт организации: <http://www.swsu.ru>

Должность: заведующий кафедрой вычислительной техники

Почтовый адрес организации: 305040, Курская область, г. Курск, ул. 50 лет Октября, д. 94.

Контактный телефон: +7 (4712) 22-26-70

e-mail: titov-kstu@rambler.ru



Подпись
удостоверяю
Специалист по кадрам

В.С. Титова

И.И. Коробов