

ОТЗЫВ

официального оппонента,

**доктора технических наук, профессора Храмшина Вадима Рифхатовича
на диссертационную работу Солодкого Евгения Михайловича
«Управление штанговой скважинной насосной установкой для
добычи нефти с наблюдателями переменных состояния
технологического процесса»,**

представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук в диссертационный совет Д ПНИПУ.05.04, на базе ФГБОУ ВО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет» по специальности 05.13.06 – Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (в промышленности)

Актуальность работы

Необходимость совершенствования систем автоматического управления (САУ) штанговой скважинной насосной установкой (ШСНУ) для добычи нефти определяется объективным процессом перехода действующего фонда скважин в позднюю стадию эксплуатации с уменьшением дебита, где основными факторами рентабельности механизированной добычи нефти становятся энергосбережение и энергоэффективное управление технологическим процессом. Известные научные подходы к построению энергоэффективных САУ ШСНУ базируются на применении регулируемых электроприводов и измерительно-преобразовательной техники для контроля параметров технологического процесса нефтедобычи. К таким параметрам относятся, в первую очередь, динамический уровень нефтяной жидкости или усилие в точке подвеса колонны штанг, а также положения и скорости движения звеньев четырехзвенного механизма балансирного станка-качалки (СК), однако применение таких датчиков негативно сказывается на надежности работы установки. Поэтому разработка методов управления ШСНУ с косвенной оценкой переменных состояния технологического процесса, повышение энергоэффективности добычи нефти наряду с оценкой и снижением динамических нагрузок в механических элементах СК являются актуальными для нефтедобывающей промышленности задачами.

Общая оценка структуры и содержания работы, соответствие автореферата диссертационной работе.

Диссертация Солодкого Е.М. состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы, трех приложений.

Во введении раскрыта актуальность выбранной темы, определены объект, предмет и цель работы. Сформулированы задачи исследования.

В первой главе дается детальное описание задач автоматизированных систем управления технологическим процессом добычи нефти, проведен анализ структурных принципов построения и технических решений, применяемых в практике механизированной добычи. Автором предлагается концепция бездатчиковой САУ ШСНУ для эффективного и энергоэффективного управления технологическим процессом добычи нефти. Осуществляется постановка задач исследования.

Во второй главе автор дает постановку задачи моделирования процесса механизированной добычи нефти с использованием ШСНУ как технологического объекта управления с наблюдателями переменных состояния. Предлагается оригинальная модель наблюдателя на основе фильтра Калмана с использованием редуцированной модели электромагнитных процессов приводного асинхронного двигателя (АД) и алгоритм наблюдателя потокосцепления ротора с использованием техники фазовой автоподстройки частоты. В этой же главе автором предлагается оригинальный итеративный подход по расчету дополнительного напряжения на полированном штоке ШСНУ вследствие распространения упругой волны в колонне штанг.

В третьей главе автором выполняется синтез законов движения ТПКШ, обеспечивающих энергоэффективную эксплуатацию ШСНУ. Представлены универсальные методы регулирования скорости приводного электродвигателя, обеспечивающие снижение скорости полированного штока до момента начала движения плунжера нефтяного насоса. Показано, что предлагаемая оптимизация управления скоростью АД в цикле качания обеспечивает снижение энергопотребления установки.

В четвертой главе проводится программно-техническая реализация методов, моделей и алгоритмов САУ ШСНУ. Исследования системы управления ШСНУ проводятся на экспериментальной установке с заданием нагрузки на валу АД имитатором нагрузки с последующим сопоставлением полученных данных с результатами имитационного моделирования, что позволяет провести приемлемую оценку энергоэффективности предложенных методов и алгоритмов системы управления. Приведены данные о точности бездатчиковой оценки динамического уровня жидкости в скважине, качестве регулирования скорости АД, энергетических показателях. Автором представлены результаты внедрения алгоритмов, методов системы управления ШСНУ при модернизации АСУ ТП добычи нефти на скважине №250 ЦДНГ «Ильинский» Пермского края.

В заключении представлены основные выводы по диссертационной работе.

Автореферат полностью отражает основное содержание работы. Основные положения диссертационного исследования опубликованы в 6-и публикациях в рецензируемых научных изданиях из Перечня ВАК РФ, докладывались на 4-х международных конференциях с публикацией в трудах, индексируемых в Scopus, получено 1 свидетельство РФ о регистрации программного продукта.

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации.

Достоверность и обоснованность выдвинутых автором положений и выводов не противоречит теоретическим положениям, известным из научных публикаций, подтверждается практическими результатами, полученными в ходе имитационного моделирования, экспериментальных исследований и опытно-промышленного испытания. Предлагаемые методы и алгоритмы нашли свое применение в учебном процессе вуза и на предприятии. Положительный эффект от внедрения подтверждается соответствующими актами внедрения.

Достоверность и новизна полученных результатов.

Достоверность результатов работы подтверждается данными моделирования, экспериментальных исследований и успешной апробацией разработанных методов и алгоритмов на производстве. Основные положения, выносимые на защиту, прошли успешную апробацию на научных конференциях российского и международного уровней.

Научная новизна работы определяется следующим:

– разработана структура САУ ШСНУ с применением наблюдателей переменных состояния технологического процесса, обеспечивающая функционирование замкнутого контура управления динамическим уровнем жидкости в скважине на основе разработанной алгоритма оценки усилия на полированном штоке;

– разработана комплексная имитационная модель технологического процесса добычи нефти с использованием СК на основе реализованных моделей функционально-зависимых составных элементов ШСНУ (автономного инвертора напряжения, бездатчиковой системы управления на основе наблюдателя состояния переменных электропривода, асинхронного двигателя, механизма СК), модели усилия на полированном штоке, позволяющая производить анализ влияния методов и алгоритмов системы управления на энергоэффективность технологического процесса;

– предложены методы и алгоритмы управления приводным асинхронным электродвигателем, обеспечивающие адаптацию САУ ШСНУ к изменению технологических параметров и снижение потребляемой электроэнергии в цикле качания.

Практическая значимость полученных автором результатов.

Практическая значимость диссертационной работы заключается в том, что предложенные методы, алгоритмы и модели технологического объекта нашли свою реализацию в виде управляющих программ системы управления электроприводом ШСНУ, что позволило существенно снизить энергопотребление установки.

Дискуссионные положения и замечания по диссертационной работе и автореферату.

1. В диссертации не хватает критериев, согласно которым осуществляется выбор системы управления электроприводом. Отсутствует обоснование применения именно векторного метода управления.

2. В работе не раскрыто, в чем же заключается «концептуальность» структуры САУ ШСНУ с наблюдателем переменных состояния, заявленная в первом положении, выносимой на защиту?

3. На стр. 101 и выводах по главе 2 автор утверждает, что «получена аналитическая оценка динамического уровня жидкости в скважине». Но в явном виде этой аналитической зависимости – нет. Не понятно, откуда было получено численное значение «динамического уровня - 1250 м»? Есть оценка усилия на полированный шток, по электрическим параметрам АД, но не оценка ДУНЖ. Этот момент требует пояснения.

4. В второй главе п. 2.2 перегружен материалом и составляет $\frac{1}{4}$ основной части диссертационной работы (40 стр. из 158 стр.). Автору стоило большую часть рисунков перенести в приложение, часть материала ранее опубликовать в рецензируемых изданиях, и в диссертации сослаться на этот собственный анализ существующих схем СУ с наблюдателем скорости, а материал, касающийся построения моделей технологического процесса, перенести в третью главу

5. В главе 4 автору стоило привести функциональную схему экспериментальной установки, поясняющую программно-техническую реализацию, поскольку из рис. 4.1 не ясно, почему в управлении ДПТ участвует ПЧ?

6. Поскольку все шестнадцать научных работ по диссертации выполнены в соавторстве, необходимо кратко обозначить авторский вклад соискателя в эти работы.

7. По тексту диссертации имеется ряд неточностей и опечаток, в частности: на рис. 1.1 зависимости не расшифрованы; сбита нумерация рисунков по тексту (стр. 77-79) и ссылок на формулы (стр. 114-116); два рисунка с номером 3.8; неверно указаны значения по оси времени на рис. 4.16; коэффициент K – по тексту принимает различные величины (в формулах 1.21, 2.65, 2.74, 2.88); нет ссылки на собственную публикацию [16]; качество рисунков 2.1, 2.2, 2.3, 2.36, 2.7-2.9, 2.24, 4.7, 4.19 – оставляют желать лучшего; опечатки на стр. 24, 27, 29, 34, 42, 43, 68, 97.

Указанные замечания не снижают общего положительного впечатления от проделанной работы и не влияют на полученные теоретические и практические результаты.

Заключение.

Диссертационная работа Солодкого Евгения Михайловича «Управление штанговой скважинной насосной установкой для добычи нефти с наблюдателями переменных состояния технологического процесса» является завершённой научно-квалификационной работой, в которой изложены научно-обоснованные технические решения и разработки по построению САУ ШСНУ с наблюдателями переменных состояния технологического процесса, обеспечивающей управление динамическим уровнем жидкости в скважине и снижение потребляемой электроэнергии ШСНУ.

По научному содержанию, форме изложения материала, полученным результатам и выводам диссертация соответствует требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук, а Солодкий Евгений Михайлович заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.06 – Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (в промышленности).

Официальный оппонент,
доктор технических наук, профессор,
профессор кафедры электроснабжения промышленных предприятий
ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет
им. Г.И. Носова»,
Храмшин Вадим Рифхатович

27 февраля 2020 г.

Подпись Храмшина В.Р. заверяю
Ученый секретарь ученого совета

И.А. Емельянова

Федеральное государственное бюджетное учреждение
высшего образования «Магнитогорский государственный технический
университет им. Г.И. Носова», <https://www.magtu.ru>
455000, Россия, г. Магнитогорск Челябинской обл., пр. Ленина, 38
Тел.: +7 (3519) 29-84-02; 43-12-56
E-mail: mgtu@magtu.ru, hvrnmg@gmail.ru