

## ОТЗЫВ

официального оппонента, доктора технических наук,  
доцента Семькиной Ирины Юрьевны на диссертационную работу  
Старшей Валерии Владимировны на тему: «Депарафинизация нефтяных  
скважин на основе применения электротехнического комплекса  
с фотоэлектрической установкой», представленную на соискание  
ученой степени кандидата технических наук по специальности  
2.4.2. Электротехнические комплексы и системы

### 1. Актуальность темы диссертации

Возобновляемые источники энергии являются одним из перспективных направлений развития техники и технологий, влияющим на энергетику, экологию и экономику, позволяющим обеспечить энергией в том числе удаленные районы, где централизованное энергоснабжение нецелесообразно. Важной составляющей этого направления является солнечная генерация электроэнергии.

Солнечные электростанции, построенные на базе фотоэлектрических модулей, являются достаточно распространенными электротехническими комплексами, которые применяются как для нужд населения, так и для электроснабжения промышленных объектов. Несмотря на то, что электротехнические комплексы данного типа хорошо себя зарекомендовали на практике, для их эффективного использования требуется выбирать их состав и параметры с учетом особенностей эксплуатации той нагрузки, на которую они работают. Исходя из этого диссертационная работа Старшей Валерии Владимировны, направленная на разработку автономного электротехнического комплекса с фотоэлектрической установкой для депарафинизации нефтяных скважин, является актуальной.

### 2. Научная новизна диссертации

В диссертационной работе автор рассматривает влияние физико-химических свойств нефти и параметров нефтяной скважины на образование парафиновых отложений в насосно-компрессорных трубах нефтяных скважин и производит оценку количества электроэнергии, требуемого для предотвращения образования парафиновых отложений при использовании для депарафинизации электрического греющего кабеля.

Автором научно обоснована структура электротехнического комплекса с фотоэлектрической установкой, обеспечивающего генерацию требуемого количества электроэнергии для депарафинизации нефтяных скважин. Дока-

зано, что данный электротехнический комплекс способен выполнять возложенные на него задачи в квазипериодическом режиме работы при отсутствии в своем составе накопителей энергии.

Параметры предложенного автором электротехнического комплекса для депарафинизации нефтяных скважин определены с использованием критериев оптимизации, в качестве которых рассматривается соотношение равномерного распределения выработки электроэнергии фотоэлектрической установкой в течение года и исключения наступления периода внепланового простоя нефтяной скважины.

**3. Степень обоснованности и достоверности научных положений, выводов и рекомендаций** подтверждается корректностью принятых допущений и применением апробированных методов математического моделирования и сопоставлением авторских результатов с результатами, полученными другими авторами.

Автором в качестве инструмента оценки эффективности предложенного электротехнического комплекса для депарафинизации нефтяных скважин используется математическая модель, учитывающая изменения солнечного излучения как в результате периодического изменения положения солнца относительно Земли, так и в результате действия случайных факторов, таких как облачность. Результаты оценки суммарного солнечного излучения с учетом облачности, полученные с помощью используемой автором модели, отличаются от фактических, зафиксированных базой данных NASA, не более чем на 10 %, тогда как методики, используемые в предыдущих подобных исследованиях менее точны. В частности, методика Д. Блэка демонстрирует в рассматриваемых автором условиях отклонение порядка 30 %, а методика Т.Г. Берлянда – порядка 25 %.

#### **4. Научные результаты, их ценность**

В диссертационной работе представлен ряд новых научных результатов, среди которых наиболее ценными являются:

- установленные автором зависимости требуемого количества электроэнергии для предотвращения образования парафиновых отложений от коэффициента обводненности нефти, суточного дебита нефтяной скважины, диаметра насосно-компрессорных труб, коэффициента теплопередачи между скважинной продукцией и горной породой;
- методика определения оптимальных параметров автономного электротехнического комплекса с фотоэлектрической установкой для депарафинизации нефтяных скважин, при которых период простоя нефтяной скважины для очистки насосно-компрессорных труб от парафиновых отложений отсутствует.

Указанные результаты имеют высокую теоретическую и практическую ценность для повышения эффективности добычи нефти в месторождениях с трудноизвлекаемыми запасами, особенно в арктических районах Российской Федерации.

Научные результаты диссертации в достаточной степени освещены в 22 печатных работах, в том числе в 2 статьях в изданиях из Перечня ВАК и в 6 статьях в изданиях, входящих в международную систему цитирования Scopus, а кроме того в 1 свидетельстве о государственной регистрации базы данных и в 1 заявке на программу для ЭВМ.

#### **5. Теоретическая и практическая значимость результатов диссертации**

Использованная в работе математическая модель для оценки суммарного солнечного излучения с учетом облачности может быть применена другими коллективами авторов в качестве теоретической основы для исследования автономных электротехнических комплексов с фотоэлектрической установкой, работающих на широкий спектр нагрузок, как для нужд населения, так и для электроснабжения промышленных объектов.

Составленная автором база данных односторонних фотоэлектрических панелей российского производства мощностью от 100 до 400 Вт позволяет выявлять как медианные, так и предельные электрические, механические и эксплуатационные параметры таких панелей. Данный результат имеет высокую практическую значимость и может быть использован в проектной деятельности при строительстве и реконструкции солнечных электростанций на территории Российской Федерации.

#### **6. Рекомендации по использованию результатов работы**

Полученные автором результаты могут быть использованы в качестве теоретической основы и практического руководства при модернизации оборудования, используемого для депарафинизации нефтяных скважин, или при проектировании новых предприятий нефтедобычи, располагающихся в удалении от систем централизованного электроснабжения.

#### **7. Замечания и вопросы по работе**

Диссертационная работа и автореферат написаны на высоком научном уровне. Однако в работе присутствует ряд особенностей, в отношении которых было бы целесообразным провести исследования более глубоко.

В частности, одной из составляющих цели диссертационной работы автор заявляет повышение энергоэффективности работы нефтяных скважин, однако количественной оценки энергоэффективности и демонстрации ее повышения автор не приводит, ограничиваясь лишь качественной оценкой. Данное

решение ввиду ограниченности объемов работы в целом рационально, поскольку и выбор критерия энергоэффективности и его расчет для такого сложного объекта, как нефтяная скважина, может выступать самостоятельной научной задачей. Тем не менее, количественный подход при оценке энергоэффективности всегда является более предпочтительным.

Кроме того, автор не проводит оценку географических границ применимости полученных в работе математических моделей и методик определения оптимальных параметров автономного электротехнического комплекса с фотоэлектрической установкой для депарафинизации нефтяных скважин, что является весьма необходимым, учитывая высокую практическую значимость данных результатов, а также тот факт, что крупнейшие нефтяные запасы Российской Федерации находятся в арктических районах.

Сказанное не является замечаниями и носит характер пожеланий автору при выборе направлений дальнейшей работы.

Оценивая изложение диссертационной работы следует отметить, что ее текст написан ясным языком, а построение диссертации в целом характеризуется доступностью для понимания. Авторский стиль достаточно литературный. Изложение материала сопровождается необходимым количеством иллюстративного материала и табличных данных. В то же время следует отметить наличие в тексте диссертации опечаток и небрежности оформления, например, «Солнечного времени восхода и захода ( $\sin \omega$ ) представлено на рисунке 2.13.» (стр. 72), на рис. 3.23 пропущена подпись оси графика и т.д.

По тексту диссертационной работы возникают следующие вопросы и замечания:

1. На стр. 47 упоминается: “Полученные в диссертационном исследовании результаты моделирования в CGSim и полученные методики расчета зависимости распределения времени жизни неосновных носителей заряда по длине слитка монокристаллического кремния, выращенного по технологии вытягивания из расплава (метод Чохральского), для оценки выхода годных пластин для производства ФЭП внедрены в производственный процесс ООО «НТП ТПТ»”, однако сами методики не приведены. Учитывая, что описанные методики внедрены, следует их продемонстрировать.

2. На стр. 66 автором предлагается увеличить мощность резистивного кабеля на 30% с учетом возможных дополнительных тепловых потерь. Увеличение производится относительно расчетного значения, полученного из условия повышения начальной температуры выше температуры образования парафиновых отложений. В связи с этим неясно, почему на рис. 2.9 температура нефти после прогрева в устье скважины оказалась равной температуре образования парафиновых отложений, а не превысила ее.

3. Согласно расчетам, выполненным в разделе 2.6, рассматриваемая автором фотоэлектрическая установка содержит 114 панелей. То же число панелей указано при оценке капитальных затрат в главе 4. В связи с этим неясно, предусмотрено ли автором резервирование оборудования на случай отказа, а также неясно, насколько изменится количество вырабатываемой электроэнергии при частичном выходе из строя фотоэлектрических панелей и как это повлияет на оценку длительности межочистного периода.

4. На рис. 3.18 показано изменение толщины стенки парафина в насосно-компрессорных трубах нефтяной скважины в течение года, при этом отсутствует превышение допустимого значения толщины парафиновых отложений 9 мм. Моделирование толщины стенки парафина опирается на моделирование выработки электроэнергии от ФЭУ в течение 8 дней (рис. 3.11), при этом на стр. 101 сказано, что эти результаты получены при угле наклона ФЭП в 30 градусов. Однако на стр. 111 сказано: «При угле наклона ФЭП в 30 градусов моделирование нарастания толщины стенки ПО в НКТ нефтяной скважины не дало положительного результата (условие №2 в соответствии с формулой 3.7 не выполнено). Доказано, что при максимальной выработке электроэнергии от ФЭУ в течение года возможно наступление внепланового простоя нефтяной скважины в период с 15 января по 15 апреля (рисунок 3.21)». Требуется пояснить противоречие.

5. При выполнении технико-экономического обоснования на стр. 131 используется «тариф на электроэнергию для Астраханской области – 5,95 руб/кВт·ч/», однако указанная цена соответствует стоимости электроэнергии для населения и приравненных к нему потребителей. Стоимость электроэнергии для юридических лиц отличается и зависит в том числе к сетям какого уровня напряжения подключен потребитель. Например, для промышленных потребителей Астраханской области, подключенных к сетям высокого напряжения, стоимость электроэнергии в 2023 году составляет  $\approx 2,2$  руб/кВт·ч. Как с изменением стоимости электроэнергии изменится срок окупаемости?

Отмеченные замечания не носят принципиального характера и не влияют на общую положительную оценку полученных автором результатов.

## **8. Заключение по диссертации**

Диссертационная работа «Депарафинизация нефтяных скважин на основе применения электротехнического комплекса с фотоэлектрической установкой» Старшей Валерии Владимировны является законченной научно-квалификационной работой, в которой представлено решение актуальной научно-технической задачи создания автономного электротехнического комплекса с фотоэлектрической установкой для депарафинизации нефтяных скважин.

Диссертационная работа по актуальности, достоверности и обоснованности научных данных, новизне, теоретической и практической значимости соответствует требованиям раздела 2 «Положения о присуждении учёных степеней ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский горный университет» (утв. приказом ректора Горного университета от 20.05.2021 № 953 адм в ред. от 29.10.2021 № 2098 адм), а её автор, Старшая Валерия Владимировна, заслуживает присуждения ей ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.4.2. Электротехнические комплексы и системы.

Официальный оппонент,  
директор учебно-научного центра  
информационных технологий обучения,  
д.т.н., доцент

Семькина  
Ирина Юрьевна

07.09.2023

E-mail: arinasemykina@gmail.com

Тел.: +7 (913) 3164229

Подпись Семькиной И.Ю. заверяю.  
Ученый секретарь ученого совета СевГУ



В.Н. Мирянова

Полное наименование организации:

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Севастопольский государственный университет», институт ядерной энергии и промышленности.

Адрес организации: 299053, г. Севастополь, ул. Университетская, д. 33.

Телефон организации: +7 (8692) 435292

Адрес электронной почты организации: info@sevsu.ru

Web-сайт организации: <https://www.sevsu.ru/>