

## ОТЗЫВ

**официального оппонента, кандидата технических наук  
Доброскока Никиты Александровича на диссертацию  
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**

### **Актуальность темы диссертации**

Постепенное истощение крупных нефтегазоносных залежей приводит к необходимости совершенствования существующих технологий разработки новых месторождений, включая малые месторождения с запасами менее 1 млн тонн, доля которых составляет до 12% от общего запаса нефти в Российской Федерации. Разработка таких месторождений будет существенно отличаться от традиционных и осложняться отсутствием развитой транспортной сети, удаленностью от системы централизованного электроснабжения. Территориальная рассредоточенность потребителей электроэнергии, рост затрат на сооружение и техническое обслуживание линий электропередач являются основными преградами на пути повышения надежности и экономичности электроснабжения. Кроме этого, эксплуатация месторождений с трудноизвлекаемыми запасами осложняется образованием парафиновых отложений (ПО) на внутренней поверхности стенок насосно-компрессорных труб (НКТ) нефтяных скважин. В России около 78% от всех нефтяных месторождений по концентрации ПО являются средне- (концентрация парафина в нефти от 1,5 до 6%) и высокопарафинистыми (концентрация парафина от 6 до 10%). Большинство парафинистых нефтей находится в Волго-Уральской, Западно-Сибирской и Северо-Кавказской нефтегазоносных провинциях, обеспечивающих свыше 80% от всей добычи нефти в стране. Электротермические методы прогрева нефтяных скважин признаны одними из наиболее эффективных способов предотвращения образования и удаления ПО. Однако, использование данных методов теплового воздействия может быть ограничено недостаточной подготовленностью объектов к промышленному освоению; износом энергетической инфраструктуры; экологическими проблемами, связанными с добычей нефти. Тема диссертации Старшей Валерии Владимировны является актуальной, поскольку разработка и внедрение автономных электротехнических комплексов (ЭТК) с питанием от фотоэлектрической установки (ФЭУ) позволит обеспечить электроснабжение труднодоступных месторождений, включая малые месторождения, удаленные

ОТЗЫВ

ВХ. № 9- 279 от 14 СЕН 2023

от централизованной энергосистемы; предотвратить образование ПО в нефтяных скважинах; обеспечить энергосбережение за счет сокращения потребления электроэнергии.

### **Научная новизна и результаты работы**

В диссертации Старшой В.В. разработан автономный ЭТК с питанием от ФЭУ для депарафинизации нефтяных скважин.

Определены зависимости потребной мощности установки с учетом стохастического изменения солнечного излучения от основных параметров нефтяной скважины и характеристик нефти, выбранных на основе факторного анализа: коэффициента обводненности продукции, суточного дебита, диаметра НКТ, длины ствола скважины и коэффициента теплопередачи между скважинной продукцией и горной породой.

Выявленные медианные электрические, механические и эксплуатационные параметры российских фотоэлектрических панелей позволили разработать верифицированную модель ФЭУ для имитационного моделирования комплекса.

Разработана методика обоснования структуры и выбора параметров автономного ЭТК с ФЭУ, при применении которой обеспечивается требуемое количество электроэнергии для депарафинизации нефтяных скважин с фонтанным и механизированным способом добычи нефти.

Обоснована возможность использования автономного ЭТК с ФЭУ для депарафинизации нефтяных скважин в квазипериодическом режиме работы за счет установленных оптимальных параметров комплекса, при которых отсутствует период внепланового простоя нефтяных скважин.

### **Степень обоснованности и достоверности научных положений, выводов и рекомендаций**

Достоверность защищаемых научных положений, выводов и рекомендаций подтверждается применением известных теоретических подходов и методов математического моделирования электротехнических комплексов, компьютерного имитационного моделирования, а также результатами проведенных лабораторных и экспериментальных исследований.

Результаты диссертационного исследования в достаточной степени освещены в 22 печатных работах, в том числе в 2 статьях – в изданиях из перечня рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук (далее – Перечень ВАК), в 6 статьях – в изданиях, входящих в международную базу данных и систему цитирования Scopus. Получено 1 свидетельство о государственной

регистрации базы данных (номер свидетельства 2020620747), подана 1 заявка на программу для ЭВМ (номер заявки 2023660166/69, дата приоритета 23.05.2023).

### **Практическая значимость результатов диссертации**

Практическая значимость диссертации заключается в разработке методических рекомендаций по выбору состава ЭТК с ФЭУ и параметров односторонних ФЭП при проведении технико-экономического обоснования внедрения автономной системы электротермического прогрева нефтяных скважин. Полученные результаты внедрены в производственный процесс научно-технического центра тонкопленочных технологий ООО «НТЦ ТПТ».

### **Рекомендации по использованию результатов работы**

Полученные результаты диссертационной работы могут быть использованы в деятельности электросетевых компаний и организаций в качестве теоретического руководства или экспериментальной базы при проектировании новых или модернизации существующих автономных электротехнических комплексов с ФЭУ.

### **Замечания и вопросы по работе**

Исходя из анализа содержания текста автореферата и диссертации, могут быть сформулированы следующие основные замечания и вопросы:

1. К тексту диссертации есть замечания редакционного характера. Приведу примеры лишь некоторых из них. Например, не подписаны оси абсцисс и ординат графиков, представленных на рисунках 1.15 и 1.16, что усложняет чтение диссертации и вынуждает при анализе графиков обращаться к тексту; диаграмма, представленная на рисунке 1.20, не соответствует тексту; на графиках, приведенных на рисунке 3.9 не понятен масштаб, что затрудняет интерпретацию результатов, сравнение с другими графиками.

2. В разделе 1.9 приводятся схемы электроснабжения нефтедобывающих предприятий как от сетей централизованной электроэнергетической системы, так и от автономного источника электроэнергии. Насколько целесообразно при этом для решения задачи обеспечения питанием греющего кабеля использовать именно ФЭУ с необходимостью проектирования соответствующей дополнительной инфраструктуры (дополнительная площадь панелей только для одной скважины по расчету составляет 270 кв. м)? Возможно ли обеспечить питание греющего кабеля от основного источника электроэнергии месторождения? Поскольку из текста диссертации следует, что для эффективной депарафинизации требуется в конкретном случае установка мощностью 43 кВт, которая работает в квазипериодическом режиме, то кажется более рациональным использовать для депарафинизации скважин мощность из энергосистемы месторождения, разнеся потребление энергии во времени между разными скважинами. Почему в качестве альтернативного источника питания

рассматриваются именно дизель-генераторные установки, в то время как успешно эксплуатируются электростанции на основе газотурбинных или газопоршневых установок, для которых в качестве топлива используется в том числе подготовленный попутный нефтяной газ?

3. В разделе 2.4 получено регрессионное соотношение (2.27), определяющее влияние коэффициента облачности на действительное солнечное излучение. Можно ли его использовать при больших значениях коэффициента облачности с учетом большого разброса данных измерений NASA при коэффициенте более 0.8?

4. В разделе 3.2 приведена модель спроектированного электротехнического комплекса, состоящего из фотоэлектрических панелей и группы из 4 контроллеров TRACER 8420AN. Насколько модель соответствует предложенному электротехническому комплексу, состоящему из серийно выпускаемых устройств: известны ли реализуемые алгоритмы управления, параметры элементов силовой схемы, доступны ли для регулировки частота коммутации и др.? Каким образом в модели были рассчитаны параметры RLC-контура на выходе понижающего преобразователя? Позволяет ли модель учитывать изменение параметров греющего кабеля (например, сопротивления при нагреве кабеля)?

5. Несмотря на то, что на расчетных данных показана параметрическая достаточность комплекса для конкретного региона для депарафинизации скважины без наступления внепланового простоя, вероятность парафинизации более 9 мм ненулевая. Предусмотрена ли возможность определения (идентификации) такого состояния? Как будет работать источник питания, в том случае, если годовая мощность солнечного излучения будет существенно ниже расчетного значения? Как упадет эффективность депарафинизации при недостатке солнечного излучения? Где находится граница, при пересечении которой становится не эффективно использовать предложенный способ депарафинизации?

6. Исследовались ли в работе вопросы влияния мощности солнечного излучения на общий КПД всей системы (с учетом КПД импульсного преобразователя)? Что подразумевается, когда в тексте диссертации говорится, что автономный источник питания на основе ФЭУ является энергоэффективным (см., например, стр. 108)? Имеется ли энергоэффективность по отношению к другим источникам электроэнергии?

7. В пункте 6 заключения указано, что сходимость результатов математического и имитационного моделирования составила 87 %. Требуется пояснение, что в данном случае понимается под термином «сходимость» и по какой методике произведен расчет.

Указанные недостатки и замечания не оказывают существенного влияния на общую положительную оценку диссертационной работы и могут быть учтены при продолжении исследований в данном направлении.

Автореферат в полной степени соответствует диссертации.

### Заключение по диссертации

Диссертация Старшей Валерии Владимировны «Депарафинизация нефтяных скважин на основе применения электротехнического комплекса с фотоэлектрической установкой», представленная на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.4.2 — Электротехнические комплексы и системы, соответствует требованиям раздела 2 «Положения о присуждении ученых степеней» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II», утвержденного приказом ректора Санкт-Петербургского горного университета от 20.05.2021 № 953 адм (ред. От 29.10.2021 № 2098 адм), а ее автор – Старшая Валерия Владимировна – заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.4.2 – Электротехнические комплексы и системы.

Доцент кафедры систем автоматического управления СПбГЭТУ «ЛЭТИ»

канд. техн. наук \_\_\_\_\_

Доброскок Никита Александрович

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)

197022, Россия, Санкт-Петербург, ул. Профессора Попова, дом 5, литера Ф

Телефон: +7 (906)2470426

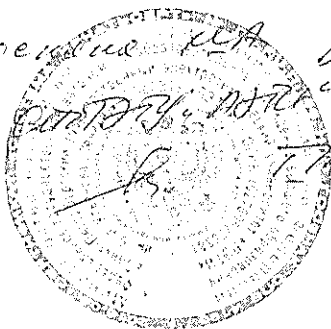
e-mail: nadobroskok@etu.ru

Подпись

Начальник

к.т.н.

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)



Заведующий

М.С.Савва