

Повышение эффективности энергоснабжения нефтегазовых объектов за счёт использования ВИЭ

Рецензия эксперта на статью получена
05.10.2023 [The expert review of the article
was received on October 5, 2023]

Тенденция роста тарифов на электроэнергию, а также высокая стоимость технологического присоединения к электрическим сетям заставляют потребителей искать альтернативные источники электроснабжения. Особую актуальность эта проблема приобретает при строительстве новых инфраструктурных объектов, значительно удалённых от стационарных источников электроэнергии, а также в случае дефицита располагаемой мощности источника электропитания. На существующих объектах все эти факторы приводят к увеличению капитальных и эксплуатационных затрат, а также к увеличенному сроку окупаемости проектов строительства [1].

В связи с тем, что большая часть нефтегазовых объектов, вовлекаемых в разработку в настоящее время, находится на территориях со слабо развитой энергетической инфраструктурой, возникает проблема повышения надёжности и эффективности их энергоснабжения [2], в связи с чем всё более широкое практическое применение находят проекты энергообеспечения с использованием возобновляемых источников энергии (ВИЭ) [3].

Как правило, для энергоснабжения автономных объектов используются электростанции на дизельном топливе. Принимая во внимание тот факт, что энергоснабжение объектов магистрального трубопровода занимает значительную долю в издержках на эксплуатацию данных объектов, а ВИЭ характеризуются стабильным трендом на снижение стоимости технологий, целесообразно рассмотреть возможность энергоснабжения

Большая часть нефтегазовых объектов, вовлекаемых в разработку, находится на территориях со слабо развитой энергетической инфраструктурой, поэтому возникает проблема повышения надёжности и эффективности их энергоснабжения

объектов с помощью энергоустановок на базе ВИЭ [4]. Электростанции на базе ВИЭ, солнечные и ветряные электростанции начинают постепенно вытеснять устаревшие решения на углеводородном топливе. В условиях Восточной Сибири проект солнечной электростанции с накопителями энергии и резервным дизельным генератором может решить вопрос электроснабжения нефтегазовых объектов.

В данном случае рассматриваются вдольтрассовые объекты и сооружения магистрального газопровода (МГ): площадки узлов электроприводной запорной арматуры, системы электрохимической защиты от коррозии и контрольных пунктов телемеханики.

Площадки трубопроводной арматуры и оборудование системы электрохимической защиты, исходя из категорийности электроприёмников, относятся к II и III категориям электроприёмников, контрольный пункт телемеханики относится к I категории электроприёмников. Электроприёмники I и II категорий необходимо снабжать электроэнергией от основного или резервного источников питания, независимых друг от друга [5].

УДК 620.92. Научная специальность: 2.4.5 (05.14.01).

Повышение эффективности энергоснабжения нефтегазовых объектов за счёт использования возобновляемых источников энергии

Р. Ю. Фомин, магистрант первого курса кафедры «Возобновляемые источники энергии», Российский государственный университет (РГУ) нефти и газа (НИУ) им. И. М. Губкина; **Р. Д. Мингалева**, старший преподаватель, кафедра «Термодинамика и тепловые двигатели» (ТТД), РГУ нефти и газа (НИУ); **В. В. Бессель**, к.т.н., доцент, профессор, кафедра ТТД, РГУ нефти и газа (НИУ), исполнительный вице-президент ООО «НьюТек Сервисес»

Значительная часть объектов нефтегазовой отрасли Российской Федерации находится на удалённых и изолированных территориях и вынуждена функционировать в условиях дефицита энергоресурсов, поэтому проблема повышения эффективности и надёжности их энергоснабжения является актуальной. Крупные и средние предприятия нефтегазового комплекса России, как правило, получают основную часть энергии от крупных ГРЭС или ГЭС, тогда как малые предприятия или отдельные объекты для своего энергообеспечения используют дизельные энергоустановки, отличающиеся низкой экологической и экономической эффективностью. В настоящее время появляются проекты энергообеспечения на базе возобновляемых источников энергии (ВИЭ). В данной работе рассматривается установка автономной фотоэлектрической (солнечной) электростанции с накопителями электроэнергии. Произведены технико-экономический расчёт и сравнение затрат на обслуживание для дизельной и солнечной электростанций.

Ключевые слова: энергообеспечение, автономные источники энергии, возобновляемые источники энергии, солнечная электростанция, дизельная электростанция, вдольтрассовые объекты, магистральный газопровод.

UDC 620.92. The number of scientific specialty: 2.4.5 (05.14.01).

Improving the efficiency of energy supply to oil and gas facilities through the use of renewable energy sources

R. Yu. Fomin, the 1th year master student, the Department of Renewable Energy Sources, National University of Oil and Gas (Gubkin University, Moscow); **R. D. Mingaleeva**, senior lecturer, the Department of Thermodynamics and Heat Engines, Gubkin University; **V. V. Bessel**, PhD, Professor, the Department of Thermodynamics and Heat Engines, Gubkin University, Executive Vice-President of "NewTech Services", LLC

A significant part of oil and gas facilities of the Russian Federation is located in remote and isolated territories and has to function in conditions of energy resources deficit, so the problem of improving the efficiency and reliability of their power supply is urgent. Large and medium-sized enterprises of the Russian oil and gas complex, as a rule, receive most of their energy from large CEP or HPPs, while small enterprises or individual facilities use diesel power units for their energy supply, which are characterised by low environmental and economic efficiency. Nowadays, projects of energy supply based on renewable energy sources (RES) are emerging. This paper considers the installation of an autonomous photovoltaic (solar) power plant with electricity storage. The technical and economic calculation and comparison of maintenance costs for diesel and solar power plants are made.

Key words: energy supply, autonomous energy sources, renewable energy sources, solar power plant, diesel power plant, long-distance facilities, trunk gas pipeline.

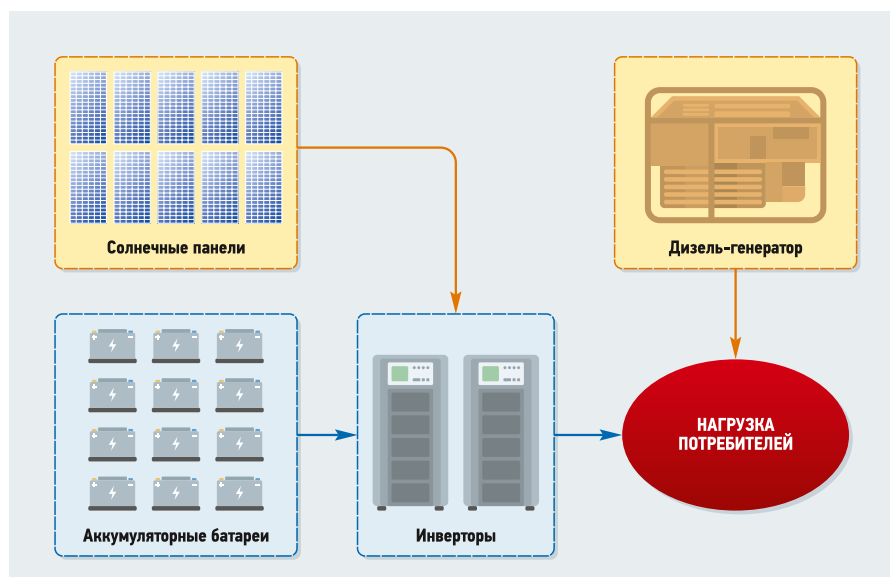


Рис. 1. Принципиальная схема работы солнечной электростанции с накопителями энергии и резервным дизельным генератором

Данными для расчёта являются мощности электроприёмников характерных категорий, подключаемых к отдельному узлу питания. Система катодной защиты, системы телемеханики и оборудование крановых узлов (без учёта трубопроводной арматуры) работают в постоянном режиме круглый год. Срабатывание электроприводов задвижек на линейной части МГ происходит при техническом обслуживании и текущем ремонте запорной арматуры. Данные представлены в табл. 1.

Совокупная установленная мощность пункта телемеханики включает в себя мощности, потребляемые блок-боксом на отопление, освещение и вентиляцию, оборудованием телемеханики и связи, системой защиты и охраны. Мощность крановых площадок состоит из нагрузок от систем дистанционного и местного управления, освещения и сигнализации.

Общая номинальная мощность объектов составляет сумму мощностей, установленных на станции катодной защиты, контрольном пункте телемеханики и крановой площадке, и вычисляется исходя из данных в табл. 1. В данном случае она суммарно равна 9,75 кВт.

В связи с тем, что при расчёте фотоэлектрической солнечной электростанции круглогодичная нагрузка учитывается как максимально возможная для объектов потребления энергии, годовой объём потребляемой энергии для данных объектов равен 85,41 МВт·ч.

Для расчёта параметров фотоэлектрической солнечной электростанции с накопителями энергии определяющими параметрами являются показатели инсоляции и время солнечной активности. Для обеспечения максимальной надёжности



системы электроснабжения при проектировании солнечной электростанции целесообразно ориентироваться на наименьшие значения этих показателей, в связи с чем рассматриваются значения инсоляции в зимние месяцы: выбранное время солнечной активности в среднем равно восьми часам в южной части Восточной Сибири, значение солнечной радиации — 3,527 кВт·ч/м² [6].

Некоторые из объектов энергоснабжения, рассматриваемых в табл. 1, должны обеспечиваться электроэнергией от двух независимых взаимно резервирующих

источников питания [5]. В данном случае основным источником питания будет являться солнечная электростанция с накопителями энергии, резервным будет являться дизельный электрогенератор с топливом для работы системы до 72 ч без перерыва. Схема работы электростанции представлена на рис. 1.

Система солнечной электростанции состоит из солнечных панелей, контроллера и аккумуляторов. Для подключения нагрузки с напряжением 220 В и частотой 50 Гц в системе дополнительно используется инвертор, преобразующий постоянный ток в переменный.

Для автономной фотоэлектрической энергоустановки (АФЭУ) вырабатываемая энергия будет зависеть от суточного прихода солнечной радиации, суммарной площади, количества и КПД фотоэлектрических панелей, а также положения относительно горизонта [7]:

$$W_{\text{АФЭУ}} = E_{\text{сут}} S N_{\text{фм}} \eta_{\text{фм}} \eta_{\text{тепл}}, \quad (1)$$

где $W_{\text{АФЭУ}}$ — энергия, выработанная АФЭУ, кВт·ч/сут.; $E_{\text{сут}}$ — среднесуточное значение солнечной радиации, кВт·ч/(м²·сут.); S — площадь фотоэлектрического модуля, $S = 2,17 \text{ м}^2$ [8]; $N_{\text{фм}}$ — число фотоэлектрических модулей; $\eta_{\text{фм}}$ — коэффициент полезного действия фотоэлектрического модуля, $\eta_{\text{фм}} = 0,212$ [8]; $\eta_{\text{тепл}}$ — тепловой коэффициент фотоэлектрического модуля, учитывающий потери при нагреве энергоустановки в дневное время (в зимние месяцы принимается величина $\eta_{\text{тепл}} = 1,0$).

Из формулы (1) можно определить количество требуемых фотоэлектрических преобразователей $N_{\text{фм}}$, округлив до ближайшего большего целого значения. Количество необходимых фотоэлектрических панелей равно 146 шт., которые распределяются в семь-восемь цепочек по 18–19 панелей. Для такой сети целесообразно использовать два параллельно соединённых инвертора, на каждый инвертор приходится по четыре параллельно соединённых цепочки панелей.

Мощности потребителей вдоль трассовых объектов магистрального газопровода табл. 1

Параметр	Станции и установки катодной защиты (СКЗ/УКЗ)	Контрольный пункт телемеханики (КПТМ)	Крановые площадки (КП)
Потребляемая мощность, кВт	2,0	2,0	5,75
Время работы объекта в течение года, ч	8760	8760	8760
Напряжение, В	220	220	220
Частота, Гц	50	50	50
Род тока	переменный	переменный	переменный
Категорийность потребителей	II, III	I	II
Режим работы объекта	длительный	длительный	повторно кратковременный

Автономная фотоэлектрическая энергоустановка работает всего восемь часов в сутки, за это время она должна продолжать обеспечивать электроэнергией объекты потребления и успеть зарядить аккумуляторные батареи, которые будут подавать энергию в оставшееся время (16 ч). Электроэнергия, переданная накопителям, с учётом резерва энергии 30 % определяется по формуле [9]:

$$W_{AB} = 1,3 P_n (24 - T_{AFЭУ}), \quad (2)$$

где W_{AB} — энергия, переданная аккумуляторным батареям, кВт·ч; P_n — номинальная мощность нагрузки, кВт; $T_{AFЭУ}$ — время работы автономной фотоэлектрической энергоустановки, $T_{AFЭУ} = 8$ ч.

Количество электроэнергии, которое накапливается в аккумуляторных батареях в сутки, равно 202,8 кВт·ч.

Резервная дизель-генераторная установка, входящая в состав автономной электростанции, должна обеспечивать объект электроэнергией нормативного качества при исчезновении напряжения на основном источнике в течение 72 ч. За основу берётся генератор мощностью 10 кВт с коэффициентом загрузки 0,975, суточное потребление дизельного топлива составляет 67,2 л/сут. [10]. Для дизельной электростанции требуется создание запаса топлива для работы в течении трёх дней — 201,6 л дизельного топлива.

Использование классической дизельной электростанции как основной, вместо фотоэлектрической электростанции, приводит к работе системы из двух дизель-генераторов: один основной дизель-генератор полностью покрывает номинальную мощность нагрузки объектов потребления, второй генератор находится в резерве.

Дизельная электростанция должна работать 365 дней в году, для работы данной установки в год необходим за-

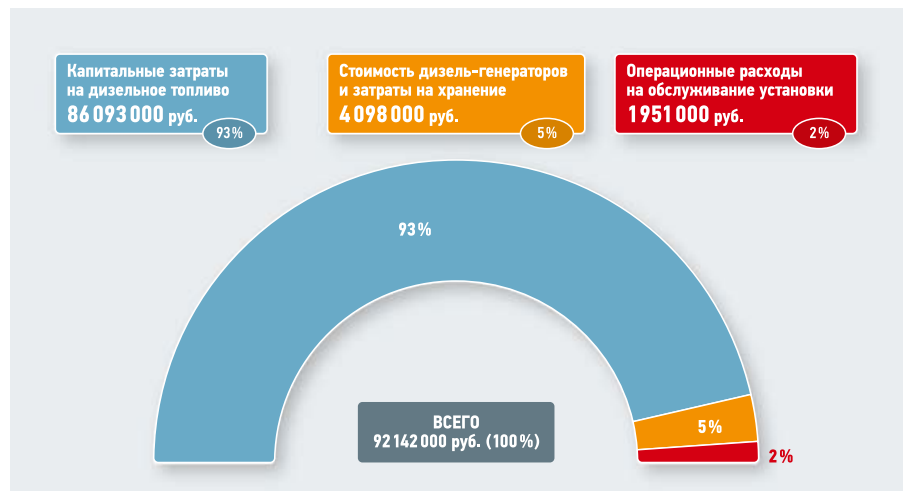


Рис. 2. Капитальные затраты и операционные расходы на дизельную электростанцию

пас топлива, равный 24 528 л, в течение 25 лет — 0,613 млн л, что может обеспечить 2,135 млн кВт·ч.

При проектировании проекта электростанции на основе ВИЭ взамен дизельной электростанции частью технических расчётов должен быть в том числе расчёт количества выбросов парниковых газов при сжигании дизельного топлива, а именно углекислого газа. Масса необходимого дизтоплива в год составляет 20,358 тонны. Для расчёта эмиссии углерода полученное количество потреблённого топлива, переведённое в энергетические единицы, умножается на коэффициент выбросов углерода, в итоге выходит 63,52 тонны CO_2 с одной дизельной электростанции ежегодно или же 1588 тонны за весь жизненный цикл проекта.

Для оценки экономической эффективности проекта фотоэлектрической солнечной электростанции необходимо найти стоимость 1 кВт·ч электроэнергии, произведённой на дизельной электростанции с учётом совокупных затрат

Для оценки экономической эффективности проекта фотоэлектрической солнечной электростанции необходимо найти стоимость 1 кВт·ч электроэнергии, произведённой на дизельной электростанции с учётом совокупных капитальных и эксплуатационных затрат. Исходя из данного параметра, можно провести моделирование, которое позволяет определить срок окупаемости и чистый доход, получаемый в ходе реализации проекта.

Авторами предложен коэффициент удорожания стоимости дизельного топлива, который позволит получать прогнозные затраты на топливо для получения единицы электроэнергии, так как в себестоимости генерации электроэнергии стоимость самого дизельного топлива составляет более 92 % [11].

Коэффициент повышения стоимости дизельного топлива на разных территориях в зависимости от плотности населения определяется по следующей формуле из работы [2]:

$$k = 2,9622\rho^{-0,771} + 1, \quad (3)$$

где ρ — плотность населения данного региона, $\rho = 2,8$ чел/км². Таким образом, с учётом удорожания топлива стоимость увеличивается в 2,34 раза. Суммарные вложения в проект дизельной электростанции проиллюстрированы на рис. 2.

В итоге стоимость 1 кВт·ч электроэнергии, получаемой при работе дизельной электростанции, выходит около 43 руб. за 1 кВт·ч. На основе дисконтированных показателей дохода и срока окупаемости можно сделать заключение об инвестиционной привлекательности проекта. Данные для моделирования сведены в табл. 2.

По итогу расчётов чистый дисконтированный доход (NPV) на 25-й год составляет 4,03 млн руб., дисконтированный срок окупаемости (DPP) достигается на 15-й год. Результаты исследования показателей чувствительности проекта (NPV, DPP) от роста ставки дисконтирования до 20 % показаны на рис. 3.

Исходные данные для моделирования

табл. 2

Параметр	Значение
Номинальная мощность объекта энергопотребления $P_{OЭ}$, кВт	9,75
Время работы АФЭУ в сутки $T_{AFЭУ}$, ч	8,0
Стоимость 1 кВт·ч электроэнергии $C_{эл}$, руб/кВт·ч	43,15
Фактическая мощность АФЭУ $P_{AFЭУ}$, кВт	29,25
Затраты на солнечные ФВ-панели за 1 кВт установленной мощности $C_{СЭС}$, руб/кВт	160 000
Доля логистики проекта от стоимости оборудования $D_{лог}$, %	20,0
Ежегодные ОРЕХ на обслуживание АФЭУ, % от CAPEX	10,0
Ежегодный рост ОРЕХ, %	3,0
Ставка дисконтирования, %	15,0
Ежегодный рост тарифов на электроэнергию, %	5,0
Налог на прибыль, %	20,0
Энергия, переданная накопителю (с учётом резерва энергии 30 %), кВт·ч	202,8
Стоимость накопителя энергии C_{AB} , руб/кВт·ч	40 000

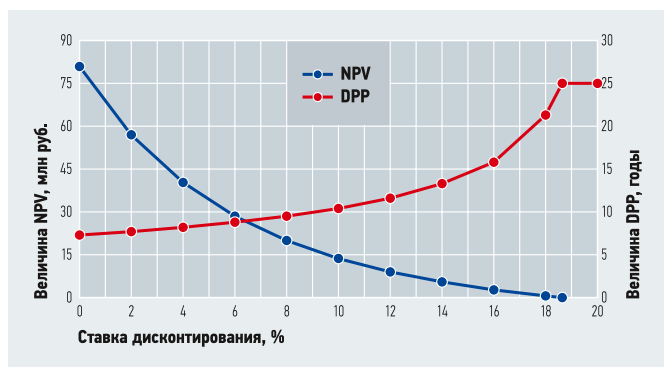


Рис. 3. Зависимости величин NPV и DPP от ставки дисконтирования

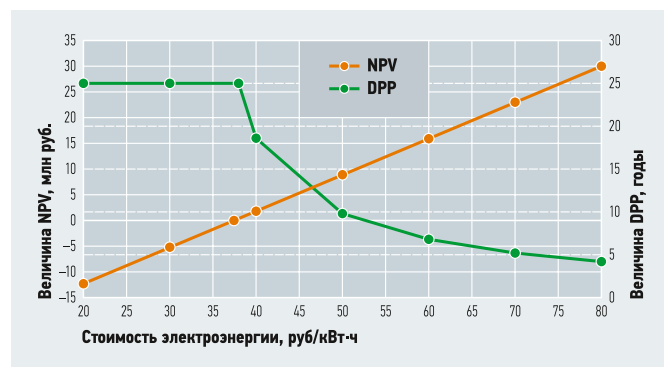


Рис. 4. Зависимости величин NPV и DPP от стоимости электроэнергии

По результатам расчёта видно, что увеличение ставки дисконтирования ведёт к уменьшению чистого дисконтированного дохода и росту срока окупаемости, что может стать причиной экономической неэффективности проекта. При увеличении ставки дисконтирования более 18,6% проект не окупается. Результаты исследования чувствительности показателей эффективности проекта (NPV, DPP) при изменении стоимости электроэнергии от 20 до 80 руб. за 1 кВт·ч показаны на рис. 4.

Согласно рис. 4, NPV находится в линейной зависимости от стоимости электроэнергии, а DPP уменьшается при увеличении стоимости электроэнергии. При

стоимости электроэнергии более 37 руб. за 1 кВт·ч проект начинает быть экономически выгодным. Таким образом, использование энергоустановок на базе ВИЭ для энергоснабжения нефтегазовых объектов по сравнению с дизельной электростанцией является более выгодным. Высокая стоимость объёмов дизтоплива, необходимого на протяжении всего жизненного цикла проекта, определяет высокую себестоимость электроэнергии, которая может существенно возрасти при реализации проекта дизельной электростанции в удалённых территориях.

Таким образом, проект солнечной электростанции позволяет сэкономить около

25 тыс. л дизельного топлива ежегодно, при этом также снижается количество выбросов CO₂ в год на 63,5 тонны с одной установки, число которых в зависимости от протяжённости магистрального газопровода может достигать несколько десятков. В ходе реализации рассматриваемого проекта чистый дисконтированный доход достигает более 4 млн руб., срок окупаемости — 15 лет.

Благодаря анализу чувствительности экономических показателей были выявлены зависимости и значения стоимости электроэнергии и ставки дисконтирования, при которых проект становится экономически непривлекательным.

1. Карасевич В.А., Черных А.С., Яковлев А.А. Перспективы применения автономных источников энергии при транспортировке и распределении газа // Научный журнал РГО, 2016. №1. С. 59–61.
2. Фомин Р.Ю., Мингалева Р.Д., Бессель В.В. К вопросу оценки территориального коэффициента удорожания стоимости топлива для автономных систем генерации электроэнергии на базе дизельной электростанции // Проблемы экономики и управления нефтегазовым комплексом, 2023. №7. С. 32–36.
3. Жажин М.А., Зайкин Д.В., Мингалева Р.Д., Бессель В.В. Автономное энергообеспечение объектов нефтегазового комплекса России на изолированных и труднодоступных территориях // Территория «Нефтегаз», 2023. №5–6. С. 72–80.
4. Бабичева Л.К., Карасевич В.А. Оценка экономической эффективности применения автономных ВИЭ-установок для энергоснабжения объектов маги-

стральных трубопроводов // Нефтегазовая вертикаль, 2022. №1. С. 94–102.

5. СТО ПАО «Газпром» 2-6.2-1028–2015. Категорийность электроприёмников промышленных объектов ПАО «Газпром» / Разраб. АО «Газпром промгаз»; утв. распоряжением ПАО «Газпром» от 01.02.2016 №366. — М.: ООО «Газпром экспло», 2015. 69 с.
6. Global Solar Atlas [Электр. текст]. The World Bank; International Finance Corp. Режим доступа: global-solaratlas.info. Дата обрац.: 12.09.2023.
7. Велькин В.И., Завьялов А.С., Стариков Е.В. Расчёт автономной фотоэлектрической системы электропитания для резервирования собственных нужд АЭС. — Екатеринбург: Изд-во УрФУ, 2014. 25 с.
8. Солнечная батарея SilaSolar 460 Вт PERC 9BB (TP) [Электр. текст]. Компания «Технолайн». Режим доступа: e-solarpower.ru. Дата обрац.: 12.09.2023.

9. Мингалева Р.Д., Бессель В.В., Балашов Ю.И. Повышение энергоэффективности объектов транспорта газа за счёт применения автономной комбинированной энергетической установки на возобновляемых источниках с накопителем энергии // Территория «Нефтегаз», 2018. №4. С. 74–82.
10. Дизельная электростанция «Исток» GD110000E. Общая информация и основные характеристики: [Электр. текст]. Завод генераторных установок «Исток». Режим доступа: istok-generator.com. Дата обрац.: 12.09.2023.
11. Бессель В.В., Мингалева Р.Д., Павлюк В.Е. Повышение энергетической эффективности и надёжности энергообеспечения удалённых объектов транспорта газа за счёт применения гибридных ветродизельных электростанций // Территория «Нефтегаз», 2019. №3. С. 88–95.

REFERENCES

Improving the efficiency of energy supply to oil and gas facilities through the use of renewable energy sources. Pp. 76–79.

R. Y. Fomin, the 1th year master student of the Department of Renewable Energy Sources, National University of Oil and Gas (Gubkin University, Moscow); R. D. Mingaleeva, senior lecturer, the Department of Thermodynamics and Heat Engines, Gubkin University; V. V. Bessel, PhD, Professor, the Department of Thermodynamics and Heat Engines, Gubkin University, Executive Vice-President of "NewTech Services", LLC

1. V.A. Karasevich, A.S. Chernykh, A.A. Yakovlev. *Perspektivy primeneniya avtonomnykh istochnikov energii pri transportirovke i raspredelenii gaza* [Prospects for the use of autonomous energy sources in gas transportation and distribution]. *Nauchnyy zhurnal RGO* [Scientific Journal of the Russian Gas Society]. 2016. No. 1. Pp. 59–61.
2. R.Yu. Fomin, R.D. Mingaleeva, V.V. Bessel. *K voprosu otsenki territorial'nogo koeffitsienta udorozhaniya stoimosti topliva dlya avtonomnykh sistem generatsii elektrojenergii na baze dizel'noj elektrostantsii* [On the issue of assessing the territorial coefficient of increase in the cost of fuel for autonomous electricity generation systems based on a diesel power plant]. *Problemy ekonomiki i upravleniya neftegazovym kompleksom* [Problems of Economics and Management of the Oil and Gas Complex] Magazine]. 2023. No. 7. Pp. 32–36.
3. M.A. Zhazhin, D.V. Zaikin, R.D. Mingaleeva, V.V. Bessel. *Avtonomnoe energoobespechenie ob'ektov neftegazovogo kompleksa Rossii na izolirovannykh i trudno dostupnykh territoriyakh* [Autonomous energy supply to Russian oil and gas complex facilities in isolated and hard-to-reach areas]. *Territoriya "Neftgaz"* [Territory of Neftgaz] Magazine]. 2023. No. 5–6. Pp. 72–80.
4. L.K. Babicheva, V.A. Karasevich. *Otsenka jekonomichej jeffektivnosti primeneniya avtonomnykh VIJe-ustanovok dlya jenergospazheniya ob'ektov magistral'nykh truboprovodov* [Assessment of the economic efficiency of using autonomous renewable energy installations for power supply of main pipeline facilities]. *Neftgazovaja vertikal'* [Oil and Gas Vertical] Magazine]. 2022. No. 1. Pp. 94–102.

5. СТО ПАО «Газпром» 2-6.2-1028–2015 [The Construction Code of "Gazprom", PJSC, No. 2-6.2-1028–2015]. *Kategorijnost' jelektropriemnikov promyshlennykh ob'ektov PАО "Gazprom"* [Categorization of electrical receivers of industrial facilities of "Gazprom", PJSC]. Developed by "Gazprom Promgaz", JSC. Approved by the Order of "Gazprom", PJSC, No. 366 of February 1, 2016. Moscow: ООО "Газпром экспло" ["Gazprom Expo", LLC]. 2015. 69 p.
6. Global Solar Atlas. The World Bank; International Finance Corp. Web-source: globalsolaratlas.info. Access date: September 12, 2023.
7. V.I. Velkin, A.S. Zavyalov, E.V. Starikov. *Raschet avtonomnoj fotoelektricheskoj sistemy jelektrosnabzheniya dlya rezervirovaniya sobstvennykh nuzhd AJeS* [Calculation of an autonomous photovoltaic power supply system for reserving the own needs of nuclear power plants]. Ekaterinburg. Izd-vo UrFU [Publishing House of Ural Federal University, named after the first President of Russia B.N. Yeltsin]. 2014. 25 p.
8. Солнечная батарея SilaSolar 460 Вт PERC 9BB (TP) [Silasolar 460 W PERC 9BB (TP) solar battery]. *Kompaniya "Tekhnolajni"* [Technoline, LLC]. Web-source: e-solarpower.ru. Access date: September 12, 2023.
9. R.D. Mingaleeva, V.V. Bessel, Ju.I. Balashov. *Povyshenie jenergojeffektivnosti ob'ektov transporta gaza za schet primeneniya avtonomnoj kombinirovannoj jenergeticheskoj ustanovki na vozobnovljajemykh istochnikakh s nakopitelem energii* [Increasing the energy efficiency of gas transportation facilities through the use of an autonomous combined power plant based on renewable sources with energy storage]. *Territoriya "Neftgaz"* [Territory of Neftgaz] Magazine]. 2018. No. 4. Pp. 74–82.
10. Дизельная электростанция "Исток" GD110000E [Istok GD110000E diesel power plant]. *Zavod generatorynykh ustanovok "Istok"* [Istok facility]. Web-source: istok-generator.com. Access date: September 12, 2023.
11. V.V. Bessel, R.D. Mingaleeva, V.E. Pavlyuk. *Povyshenie jenergeticheskoj jeffektivnosti i nadezhnosti jenergoobespecheniya udalennykh ob'ektov transporta gaza za schet primeneniya gibridnykh vetrodizel'nykh jelektrostantsij* [Increasing energy efficiency and reliability of energy supply to remote gas transportation facilities through the use of hybrid wind-diesel power plants]. *Territoriya "Neftgaz"* [Territory of Neftgaz] Magazine]. 2019. No. 3. Pp. 88–95.

Improving the efficiency of energy supply to oil and gas facilities through the use of renewable energy sources. Pp. 76–79.

R. Y. Fomin, the 1th year master student of the Department of Renewable Energy Sources, National University of Oil and Gas (Gubkin University, Moscow); **R. D. Mingaleeva**, senior lecturer, the Department of Thermodynamics and Heat Engines, Gubkin University; **V. V. Bessel**, PhD, Professor, the Department of Thermodynamics and Heat Engines, Gubkin University, Executive Vice-President of "NewTech Services", LLC

1. V.A. Karasevich, A.S. Chernykh, A.A. Yakovlev. *Perspektivy primeneniya avtonomnykh istochnikov jenerгии pri transportirovke i raspredelenii gaza* [Prospects for the use of autonomous energy sources in gas transportation and distribution]. *Nauchnyj zhurnal RGO* [Scientific Journal of the Russian Gas Society]. 2016. No. 1. Pp. 59–61.
2. R.Ju. Fomin, R.D. Mingaleeva, V.V. Bessel. *K voprosu otsenki territorial'nogo koefitsienta udorozhaniya stoimosti topliva dlja avtonomnykh sistem generatsii jelektroujenergii na baze dizel'noj jelektrostantsii* [On the issue of assessing the territorial coefficient of increase in the cost of fuel for autonomous electricity generation systems based on a diesel power plant]. *Problemy jekonomiki i upravlenija neftegazovym kompleksom* ["Problems of Economics and Management of the Oil and Gas Complex" Magazine]. 2023. No. 7. Pp. 32–36.
3. M.A. Zhazhin, D.V. Zaikin, R.D. Mingaleeva, V.V. Bessel. *Avtonomnoe jenergoobespechenie ob#ektov neftegazovogo kompleksa Rossii na izolirovannykh i trudnodostupnykh territorijakh* [Autonomous energy supply to Russian oil and gas complex facilities in isolated and hard-to-reach areas]. *Territorija "Neftegaz"* ["Territory of Neftegaz" Magazine]. 2023. No. 5–6. Pp. 72–80.
4. L.K. Babicheva, V.A. Karasevich. *Otsenka jekonomicheskoi jeffektivnosti primeneniya avtonomnykh VIJe-ustanovok dlja jenergosnabzhenija ob#ektov magistral'nykh truboprovodov* [Assessment of the economic efficiency of using autonomous renewable energy installations for power supply of main pipeline facilities]. *Neftegazovaja vertikal'* ["Oil and Gas Vertical" Magazine]. 2022. No. 1. Pp. 94–102.