

УДК 622.692.5

**ЭНЕРГОРЕСУРСΟΣБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ
НА АВТОЗАПРАВОЧНЫХ СТАНЦИЯХ**

**ENERGY AND RESOURCE SAVING TECHNOLOGIES
AT FILLING STATIONS**

С.В. Китаев, Г.В. Борисов, О.В. Смородова

**Уфимский государственный нефтяной технический университет,
г. Уфа, Российская Федерация**

Sergey V. Kitaev, Gleb V. Borisov, Olga V. Smorodova

Ufa State Petroleum Technological University, Ufa, Russian Federation

Аннотация. В настоящее время задачи обеспечения энергетической эффективности технологических процессов промышленных предприятий и энергосбережения являются актуальными во всем мире в связи с негативным влиянием на экологию при выработке электроэнергии и непрерывным ростом тарифов.

В статье рассмотрены мероприятия по повышению энергетической эффективности автозаправочных станций (АЗС). В целом сети АЗС являются крупными потребителями энергетических ресурсов, поэтому суммарный энергосберегающий эффект может дать существенный вклад в снижение энергоемкости экономики страны.

Современные автозаправочные станции включают в свой состав большое количество энергопотребляющего оборудования, т.к. их функции не ограничиваются только реализацией нефтепродуктов. На АЗС дополнительно реализуются технические жидкости, материалы и продукты. На некоторых АЗС также оказываются услуги по техобслуживанию автомобилей.

В статье рассмотрены и обоснованы технические мероприятия по сокращению энергозатрат, заключающиеся в совершенствовании технологических процессов, модернизации существующего и применении энергосберегающего оборудования на АЗС.

Для экономии тепловой энергии при отоплении зданий мероприятием, не требующим затрат, является регулировка стеклопакетов оконных рам. Снижение потребления электроэнергии достигается на АЗС применением энергосберегающих светильников для уличного и внутреннего освещения с фотореле и таймерами.

В статье показана экономическая эффективность применения рекуператоров тепла в системах вентиляции автозаправочных станций.

Актуальными вопросами при разработке методов уменьшения потребления электроэнергии являются анализ возможности и оценка экономической целесообразности применения использования возобновляемых источников энергии.

В работе рассмотрен вариант применения тепловых насосов для отопления зданий АЗС, показана их энергетическая эффективность при использовании в качестве низкопотенциального источника – тепловой энергии грунта.

Abstract. Currently, the tasks of ensuring the energy efficiency of technological processes of industrial enterprises and energy conservation are relevant worldwide due to the negative impact on the environment in the generation of electricity and a continuous increase in tariffs.

The article discusses measures to improve the energy efficiency of gas stations. In general, gas station networks are large consumers of energy resources; therefore, the total energy-saving effect can make a significant contribution to reducing the energy intensity of the country's economy.

Modern gas stations include a large number of energy-consuming equipment, as their functions are not limited to the sale of petroleum products. At the gas

station, technical fluids, materials and products are additionally sold. Some gas stations also provide car maintenance services.

The article discusses and substantiates technical measures to reduce energy consumption consisting in improving technological processes, modernizing existing and using energy-saving equipment at gas stations.

To save thermal energy when heating buildings, an event that does not require costs is the adjustment of the double-glazed windows of window frames. Reducing energy consumption is achieved at the gas station by using energy-saving lamps for street and indoor lighting with a photo relay and timers.

The article shows the economic efficiency of using heat recuperators in the ventilation systems of gas stations.

An urgent issue in the development of methods to reduce electricity consumption is the analysis of the possibility and assessment of the economic feasibility of using renewable energy sources.

The paper considers the option of using heat pumps for heating buildings in gas stations, showing their energy efficiency when used as a low-potential source – soil thermal energy.

Ключевые слова: автозаправочная станция; энергетическая эффективность; потребление электроэнергии; тепловые насосы; рекуператор тепла; тепловизионное обследование

Key words: gas station; energy efficiency; electricity consumption; heat pumps; heat recuperator; thermal imaging inspection

В ближайшие годы потребление энергетических ресурсов в мире будет повышаться и к 2035 г. возрастет на 40–50 % [1, 2]. Увеличение потребления энергоресурсов сопровождается усилением влияния на окружающую среду, загрязнением атмосферы токсичными и парниковыми газами. В связи с чем актуальными являются задачи экономии энергетических ресурсов в топливно-энергетическом комплексе (ТЭК) России.

Основными принципами повышения энергетической эффективности промышленных предприятий являются регулирование и рациональное использование энергетических ресурсов путем планирования энергосберегающих мероприятий и их реализации [3, 4].

Для крупных нефтяных компаний, в управлении которых находятся обширные сети автозаправочных станций (АЗС), расположенных в отдельных регионах или по всей стране, существует потребность в экономии энергоресурсов.

Только в состав розничной сети АНК «Башнефть» входит более 600 АЗС. В связи с этим, применение технологий, направленных на снижение энергопотребления на АЗС, может оказать положительное влияние на улучшение экономических показателей компаний.

В работе рассмотрены вопросы повышения энергетической эффективности АЗС за счет реализации энергосберегающих технологий, в том числе использование возобновляемых источников энергии на примере АЗС, расположенной в г. Уфа.

Современные АЗС – это сложные комплексы инженерно-технических сооружений, связанные между собой технологическими процессами, обеспечивающими прием, хранение, транспортировку и снабжение потребителей нефтепродуктами [5]. Большинство АЗС не только реализуют нефтепродукты, но и оказывают дополнительные услуги клиентам (производят техническое обслуживание автомобилей, реализуют технические жидкости, материалы и продукты).

Энергопотребление АЗС, предоставляющих спектр дополнительных услуг для клиентов, существенно растет, так как возникает необходимость в использовании дополнительного энергетического оборудования. Расход электроэнергии может быть определен по формуле:

$$W = \Sigma P \cdot K \cdot \Phi, \quad (1)$$

где P – установленная мощность единицы оборудования, кВт;

K – количество единиц оборудования;

Φ – расчетный фонд часов годовой работы, ч/год.

Расчетный годовой период работы системы отопления определяется согласно [6]. Для системы кондиционирования расчетный фонд часов годовой работы определяется согласно [7].

Расход электроэнергии по другим направлениям определяется по нормативам и продолжительности работы оборудования. Распределение потребления электроэнергии по технологическим процессам на АЗС приведено на рисунке 1.

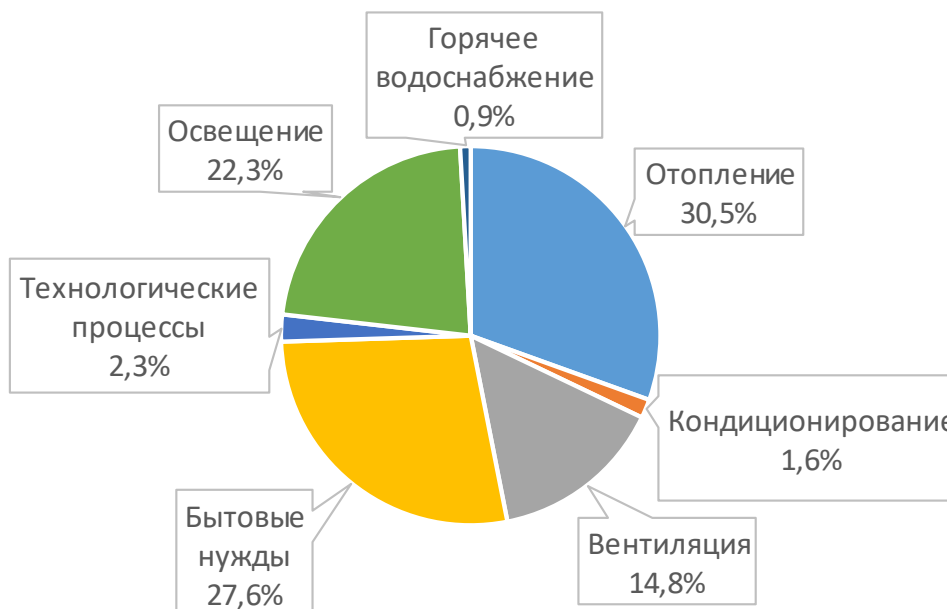


Рисунок 1. Структура потребления электроэнергии по технологическим процессам на АЗС

Из рисунка 1 видно, что самой затратной статьёй расхода энергоресурсов является отопление зданий АЗС. Поэтому в данном направлении имеется наибольший потенциал энергосбережения.

При рассмотрении работы системы отопления АЗС уделялось внимание выявлению скрытых дефектов в конструкции зданий. Наиболее эффективным способом выявления конструктивных дефектов является проведение тепловизионного обследования.

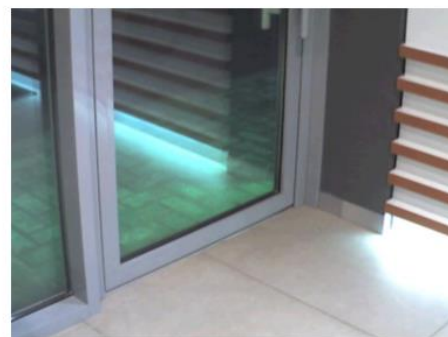
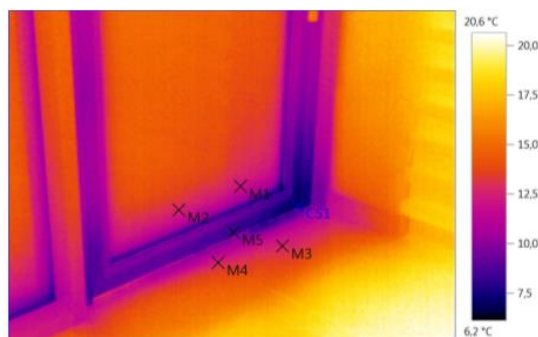
Современные тепловизоры дают возможность получить объемную визуализацию конструкции зданий с распределением температурного поля по площади, представленным на дисплее прибора в цветном формате [8, 9].

В ходе проведения исследования АЗС было проведено тепловизионное обследование здания АЗС, в результате которого было выявлено увеличение тепловых потерь через систему вентиляции, а также дверные и оконные стеклопакеты. На рисунке 2 приведена термограмма оконной рамы.

Файл:
IV_07497.BMT

Дата:
15.03.2017

Время:
21:08:20



Параметры изображения:

Коэффициент излучения: 0,93
 Отраж. темп. [°C]: 20,0

Выделение изображений:

Измеряемые объекты	Темп. [°C]	Излуч.	Отраж. темп. [°C]	Примечания
Точка измерения 1	12,2	0,93	20,0	-
Точка измерения 2	12,8	0,93	20,0	-
Точка измерения 3	12,7	0,93	20,0	-
Точка измерения 4	12,7	0,93	20,0	-
Точка измерения 5	8,3	0,93	20,0	-
Самая холодная точка 1	6,2	0,93	20,0	-

Рисунок 2. Термограмма оконной рамы

На АЗС предусмотрены оконные блоки ПВХ профиля с двухкамерными стеклопакетами, в которых для обеспечения герметичности используется резиновый уплотнитель, служащий для повышения тепло- и шумоизоляционных свойств. При длительном использовании оконных проемов герметичность установленного резинового уплотнителя может быть утеряна, что вызывает увеличение тепловых потерь здания.

На основе полученных термограмм на АЗС показана необходимость проведения ревизии и регулировки уплотнения стеклопакетов дверных и оконных проемов.

Для повышения эффективности работы системы приточно-вытяжной вентиляции рассмотрим применение рекуператоров.

Для оценки целесообразности применения рекуператоров в системе вентиляции примем рекуператор пластинчатого типа марки SR/AR-40-20 [10], принятый согласно конструктивным размерам применяемой системы вентиляции на АЗС.

Основная методика расчета предполагает определение расхода теплоты на нагрев воздуха с рекуператором и без него [11]. В таблице 1 приведены сводные результаты оценки эффективности применения рекуператора.

Таблица 1. Оценка эффективности применения рекуператоров

Показатель	Значение
Температура воздуха на выходе из рекуператора	8,9 °С
Тепловые затраты на нагрев наружного воздуха в системе без рекуператора	15,1 тыс. кВт·ч
Тепловые затраты на нагрев наружного воздуха в системе с рекуператором	4,8 тыс. кВт·ч
Эффективность рекуператора	68,2 %

Из таблицы 2 видно, что эффективность рекуперации тепловой энергии составляет более чем 68 %.

В качестве мероприятия по сокращению потребления электроэнергии на освещение в процессе реконструкции АЗС целесообразным является установка светодиодных светильников марки ДКУ-02-160*1-001 для освещения площадки АЗС, управление которыми можно предусмотреть в ручном режиме или в автоматическом режиме с применением фотореле. Для освещения помещения торгового зала и операторной могут применяться точечные светильники с энергосберегающими лампами марки Kartell fly-25.

Автоматическое отключение части светильников в помещениях позволит получить дополнительную экономию электроэнергии.

Тепловым насосом называется установка, способная переносить тепло от более холодного теплоносителя к более горячему благодаря подводу внешней энергии или затраты работы.

Основной характеристикой тепловых насосов является коэффициент преобразования энергии (COP), представляющий отношение теплопроизводительности теплового насоса (Q) к потребляемой электрической мощности (Э) и определяемый по формуле [12]:

$$COP = \frac{Q}{Э} \quad (2)$$

Коэффициент *COP*, как правило, находится в диапазоне от 2,7 до 3,3 для радиаторной системы отопления и от 4,5 до 6,0 для систем отопления на основе «теплого пола» [13]. Это означает, что для выработки тепла электроэнергии затрачивается в заданное количество раз меньше.

Следует отметить, что в качестве метода системы отопления здания АЗС тепловые насосы в настоящее время не нашли широкого применения. Согласно [14] единственной нефтяной компанией в России, которая на протяжении почти 10 лет инвестирует в энергетику, основанную на использовании возобновляемых энергоресурсов, является компания «Лукойл». Применение тепловых насосов осуществляется на нескольких АЗС компании «Лукойл», расположенных в Московской и Воронежской областях, а также в Нижнем Новгороде.

Для рассматриваемой АЗС согласно параметрам тепловой нагрузки здания, исходя из перечня тепловых насосов, представленном в [12], предполагается установка насоса фирмы Dimplex SI 37 TE типа грунт – вода, который работает за счет накопления тепловой энергии в поверхности грунта, температура которого вне зависимости от сезона лежит в диапазоне от 7 °С до 13 °С. В качестве первичного контура в насосах данного типа выступает земляной коллектор. Перенос тепла осуществляется благодаря

незамерзающей жидкости, поступающей из грунта в тепловой насос. В насосах типа Dimplex SI 30 TE в качестве хладагента применяется фреон марки R404A. Характеристики теплового насоса представлены в таблице 2.

Таблица 2. Характеристики теплового насоса Dimplex SI 30 TE

Производитель / модель	Номинальная тепловая мощность, кВт	Номинальная электрическая мощность, кВт	COP	Тип	Режим
Dimplex/SI 30 TE	28,9	12,04	2,4	рассол-вода	B0/W55
Dimplex/SI 30 TE	30,3	7,05	4,3	рассол-вода	B0/W35

Режимы B0/W55 и B0/W35 (таблица 2) отличаются температурой теплоносителя (воды) в системе отопления. Температура теплоносителя, равная 35 °С используется в системе отопления через теплые полы или теплые стены, а при 55 °С – в радиаторной системе отопления.

Важным параметром при рассмотрении вопроса системы отбора тепла от грунта является свободная территория для установки грунтовых коллекторов. В случае отсутствия необходимой площади существует способ проектирования вертикальных зондов, однако данный метод предусматривает повышенные затраты на выполнение земляных работ [15]. Для рассматриваемой АЗС минимальная площадь грунтового коллектора, определенной по формуле (3), составит 930 м². Наличие свободной незастроенной территории, прилегающей к АЗС позволит установить грунтовые коллекторы.

$$A_{кол}^{мин} = \frac{Q_{хол}}{q_{гр}}, \quad (3)$$

где $Q_{хол}$ – холодопроизводительность теплового насоса, определяемая как разность тепловой и электрической мощности насоса;

$q_{гр}$ – средний показатель удельной теплоотдачи грунта, Вт/м², определяемый по [16].

Результатом внедрения теплового насоса в качестве способа теплоснабжения здания будет существенное снижение потребления электроэнергии.

В настоящее время применяется отопление, включающее систему электрического теплого пола Eco-Ondol и инфракрасных обогревателей. При использовании теплового насоса расход электроэнергии составит 36,04 тыс. кВт·ч, при существующем расходе 67,27 тыс. кВт·ч, энергосберегающий эффект составит 31,2 тыс. кВт·ч (46,5 %).

Произведем обоснование выбора марки теплового насоса по методу «иерархий» [17, 18], который подразумевает критериальную оценку рассматриваемых альтернатив.

Рассмотрим применение метода для выбора предпочтительного теплового насоса для АЗС.

Рассматривались тепловые насосы следующих марок: Ochsner Golf Maxi GMSW 38; Waterkotte Ecotouch DS 5037.3; Dimplex SI 30 TE; NIBE F1345-40; Viessman VITOCAL 300-G BW 301.29.

В качестве основных критериев примем следующие параметры: цена теплового насоса; надежность; эффективность; площадь, занимаемая коллекторами; энергопотребление.

Таким образом, иерархия для выбора теплового насоса состоит из нескольких уровней и представлена на рисунке 3.

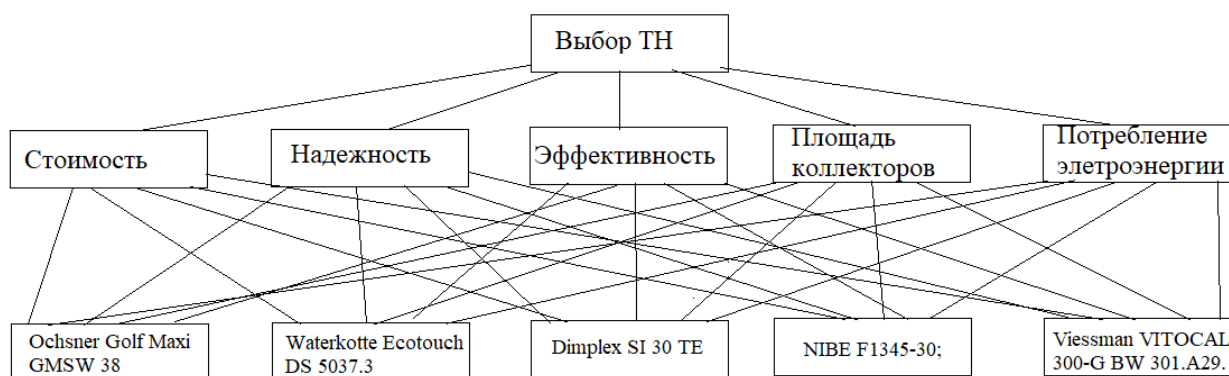


Рисунок 3. Дерево альтернатив метода «иерархий»

В таблице 3 приведены сводные сравнительные данные по весам критериев для рассматриваемых марок тепловых насосов.

Таблица 3. Сравнительные данные по весам критериев для рассматриваемых марок тепловых насосов

Марка теплового насоса	Стоимость	Надежность	Эффективность	Площадь коллектора	Потребление электроэнергии
Ochsner Golf Maxi GMSW 38	0,163	0,261	0,194	0,148	0,198
Waterkotte Ecotouch DS 5037.3	0,161	0,217	0,198	0,643	0,205
Dimplex SI 30 TE	0,241	0,217	0,203	0,051	0,196
NIBE F1345-30	0,188	0,174	0,192	0,098	0,184
Viessman VITOCAL 300-G BW 301.A29	0,246	0,130	0,213	0,059	0,217

Значения весов всех критериев для рассматриваемых марок тепловых насосов, приведенные в таблице 3, позволяют выбрать наилучшую альтернативу.

Итогом анализа является выбор альтернативы, с соответствующим наибольшим значением обобщенного приоритета (коэффициента важности), который рассчитывается по формуле:

$$V_j = \sum_{i=1}^n w_i V_{ji} \quad (4)$$

где V_j – обобщенный приоритет альтернативы;

w_i – элемент собственного вектора i -го критерия;

V_{ji} – элемент собственного вектора j -ой альтернативы по i -му критерию.

Проведенные вычисления показали, что наилучшей будет альтернатива соответствующая тепловому насосу марки Dimplex SI 30 TE.

Таким образом, применение метода «иерархий» позволит обосновано подобрать наилучший вариант оборудования для применения в целях повышения энергетической эффективности АЗС.

Выводы

В статье выполнен анализ технологий, позволяющих повысить энергоэффективность АЗС.

Одним из энергосберегающих мероприятий, повышающим эффективность АЗС, является установка светодиодных светильников для освещения уличного освещения площадки АЗС и внутреннего освещения помещений. Управление освещением можно предусмотреть в ручном режиме или в автоматическом режиме с применением фотореле таймеров. Автоматическое отключение части светильников в помещениях позволит получить дополнительную экономию электроэнергии.

На основе проведенных исследований установлено, что треть электроэнергии на АЗС затрачивается на отопление зданий.

Регулировка системы уплотнения стеклопакетов дверных и оконных проемов позволит снизить потери теплоты на отопление зданий.

Предложено применение рекуперации тепловой энергии для сокращения тепловых потерь через систему приточно-вытяжной вентиляции, что позволит уменьшить потери теплоты на 68,2 %.

Произведено обоснование экономической целесообразности применения тепловых насосов в системе отопления зданий. Применение теплового насоса марки Dimplex SI 37 TE, использующего в качестве низкопотенциального источника тепловую энергию грунта, позволит снизить энергозатраты на АЗС на 46,5 % по сравнению с существующей системой отопления.

Предложен метод «иерархий» для поддержки принятия решений о применении энергосберегающего оборудования на АЗС.

Список используемых источников

1. BP Statistical Review of World Energy 2019. 68th edition [Electronic Resource]. URL: <https://on.bp.com/2Tukwug> (дата обращения: 17.02.2020).
2. Бессель В.В., Кучеров В.Г., Лопатин А.С., Мартынов В.Г., Мингалеева Р.Д. Повышение эффективности и надежности энергообеспечения удаленных и автономных объектов нефтегазового комплекса России // Нефтяное хозяйство. 2018. № 9. С. 144–147.
3. Федеральный закон от 23.11.2009 №261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности, и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации».
4. Башнефть сеть АЗС [Электронный ресурс]. URL: <http://www.bashneft-azs.ru> (дата обращения: 17.02.2020).
5. Коршак А.А., Коробков Г.Е., Муфтахов Е.М. Нефтебазы и АЗС. Уфа «Дизайн Полиграф Сервис», 2006. 416 с.
6. ТСН 23-318-2000 РБ. Тепловая защита зданий. Уфа: Министерство строительства и жилищной политики Республики Башкортостан, 2001. 48 с.
7. Пособие 9.91 к СНиП 2.04.05-91. Годовой расход энергии системами отопления, вентиляции и кондиционирования. М.: Промстройпроект, 1993. 52 с.
8. Дроздов В.А., Сухарев В.И. Термография в строительстве. М.: Стройиздат, 1987. –240 с.
9. ГОСТ Р 54852-2011. Метод тепловизионного контроля качества теплоизоляции ограждающих конструкций. М.: Стандартинформ, 2012. 20 с.
10. Пластинчатые рекуператоры SR [Электронный ресурс]. URL: <https://ruclimat.ru/u/files/catalog/2vv/SR++.pdf> (дата обращения: 22.02.2020).
11. Иванов О.П., Тихомиров С.А. Анализ сроков окупаемости пластинчатого и роторного теплоутилизаторов // Научный журнал НИУ ИТМО. 2007. № 1. С. 1–5.

12. Руководство по проектированию и монтажу. Тепловые насосы для отопления и горячего водоснабжения. Dimplex. 2006. 230 с.
13. Внедрение теплового насоса на АЗС ОАО «Лукойл» [Электронный ресурс]. URL: <http://eco-hp.ru/01.01.01.05/274.aspx> (дата обращения: 19.02.2020).
14. Возобновляемая энергетика [Электронный ресурс]. URL: [http://www.lukoil.ru/Responsibility/SafetyAndEnvironment/Ecology/Renewable Energy](http://www.lukoil.ru/Responsibility/SafetyAndEnvironment/Ecology/RenewableEnergy) (дата обращения: 19.02.2020).
15. Трубаев П.А., Гришков Б.М. Тепловые насосы: учеб. пособие для магистрантов. Белгород: Изд-во БГТУ им. В.Г. Шухова, 2009. 142 с.
16. Руководство по проектированию тепловых насосов / Viessman. 2011. 141с.
17. Саати Т.Л. Принятие решений. Метод анализа иерархий. М.: Радио и связь, 1993. 320 с.
18. Китаев С.В., Фарухшина Р.Р., Смородова О.В. Выбор схем компоновки газоперекачивающих агрегатов на компрессорных станциях методом анализа иерархий // Нефтегазовое дело. 2017. № 1. Т. 15. С. 128–132.

References

1. BP Statistical Review of World Energy 2019. 68th edition [Electronic Resource]. Available at: <https://on.bp.com/2Tukwug> (accessed 17.02.2020).
2. Bessel' V.V., Kucherov V.G, Lopatin A.S., Martynov V.G., Mingaleeva R.D. Povyshenie effektivnosti i nadezhnosti energoobespecheniya udalennykh i avtonomnykh ob"ektov neftegazovogo kompleksa Rossii [Improving the Efficiency and Reliability of Energy Supply to Remote and Autonomous Objects of the Oil and Gas Complex of Russia]. *Neftyanoe khozyaistvo – Oil Industry*, 2018, No. 9, p. 144–147. [in Russian].

3. *Federalnyj zakon «Ob energosberezhenii i o povyshenii energeticheskoy effektivnosti, i o vnesenii izmenenij v otdelnye zakonodatelnye akty Rossijskoj Federacii» ot 23.11.2009 No. 261-FZ* [Federal Law «On Energy Saving and on Improving Energy Efficiency, and on Amending Certain Legislative Acts of the Russian Federation» dated November 23, 2009 No 261-FZ].

4. *Bashneft set AZS* [Bashneft Petrol Filling Station Network]. Available at: <http://www.bashneft-azs.ru> (accessed: 17.02.2020). [in Russian].

5. Korshak, A.A., Korobkov G.E., Muftahov E.M. *Neftebazy i AZS* [Oil Tank Farms and Petrol Filling Stations]. Ufa, Dizajn Poligraf Servis, 2006. 416 p. [in Russian].

6. *TSN 23-318-2000 RB. Teplovaya zashita zdaniy* [TSN 23-318-2000 RB. Thermal Protection of Buildings]. Ufa, Ministerstvo stroitelstva i zhilishnoj politiki Respubliki Bashkortostan, 2001. 48 p. [in Russian].

7. *Posobie 9.91 k SNiP 2.04.05-91. Godovoi raskhod energii sistemami otopleniya, ventilyatsii i konditsionirovaniya* [The Allowance 9.91 to SNiP 2.04.05-91. Annual Energy Consumption by Heating, Ventilation and Air Conditioning Systems]. Moscow, Promstroiproekt, 1993. 52 p. [in Russian].

8. Drozdov V.A., Suharev V.I. *Termografiya v stroitelstve* [Thermography in Construction]. Moscow, Stroizdat, 1987. 240 p. [in Russian].

9. *GOST R 54852-2011. Metod teplovizionnogo kontrolya kachestva teploizolyacii ograzhdayushih konstrukcij* [State Standard R 54852-2011. Method of Thermal Imaging Quality Control of Thermal Insulation of Building Envelopes]. Moscow, Standartinform, 2012. 20 p. [in Russian].

10. *Plastinchatye rekuperatory SR* [Plate Recuperators SR]. Available at: <https://ruclimat.ru/u/files/catalog/2vv/SR++.pdf> (accessed 22.02.2020). [in Russian].

11. Ivanov O.P., Tikhomirov S.A. Analiz srokov okupaemosti plastinchatogo i roturnogo teploutilizatorov. [Payback Analysis of Plate and Rotary Heat Exchangers]. *Nauchnyi zhurnal NIU ITMO – Scientific Journal NRU ITMO*, 2007, No. 1, pp. 1–5. [in Russian].

12. Rukovodstvo po proektirovaniyu i montazhu. Teplovye nasosy dlya otopleniya i goryachego vodosnabzheniya [Design and Installation Guide. Heat Pumps for Heating and Hot Water]. Dimplex. 2006. 230 p. [in Russian].

13. Vnedrenie teplovogo nasosa na AZS OAO «Lukoil» [Introduction of a Heat Pump at the Gas Stations of OJSC Lukoil]. Available at: <http://eco-hp.ru/01.01.01.05/274.aspx> (accessed 19.02.2020). [in Russian].

14. *Vozobnovlyaemaya energetika* [Renewable Energy]. Available at: <http://www.lukoil.ru/Responsibility/SafetyAndEnvironmentEcology/RenewableEnergy> (accessed 19.02.2020). [in Russian].

15. Trubaev P.A., Grishkov B.M. *Teplovye nasosy: ucheb. posobie dlya magistrantov* [Heat Pumps: Study Guide for Under-graduate Students]. Belgorod, Izd-vo BGTU im. V.G. Shukhova, 2009. 142 p. [in Russian].

16. *Rukovodstvo po proektirovaniyu teplovyh nasosov* [Heat Pump Design Guide]. Viessman, 2011. 141 p. [in Russian].

17. Saati T.L. *Prinyatie reshenij. Metod analiza ierarhij*. Moscow, Radio i svyaz', 1993. 320 p. [in Russian].

18. Kitaev S.V., Faruhshina R.R., Smorodova O.V. *Vybor skhem komponovki gazoperekachivayushchih agregatov na kompressornyh stanciyah metodom analiza ierarhij* [The Choice of Layout Schemes for Gas Pumping Units at Compressor Stations Using Hierarchy Analysis]. *Neftegazovoe delo – Oil and Gas Business*, 2017, № 1, Vol. 15, pp. 128–132. [in Russian].

Сведения об авторах

About the authors

Китаев Сергей Владимирович, д-р техн. наук, профессор кафедры «Транспорт и хранение нефти и газа», УГНТУ, г. Уфа, Российская Федерация

Sergey V. Kitaev, Doctor of Engineering Sciences, Professor of Transport and Storage of Oil and Gas Department, USPTU, Ufa, Russian Federation

e-mail: svkitaev@mail.ru

Борисов Глеб Владиславович, магистрант кафедры «Транспорт и хранение нефти и газа», УГНТУ, г. Уфа, Российская Федерация

Gleb V. Borisov, Undergraduate Student of Transport and Storage of Oil and Gas Department, USPTU, Ufa, Russian Federation

e-mail: gleb-oil@mail.ru

Смородова Ольга Викторовна, канд. техн. наук, доцент кафедры «Промышленная теплоэнергетика», УГНТУ, г. Уфа, Российская Федерация

Olga V. Smorodova, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor of Industrial Heat Powering Department, USPTU, Ufa, Russian Federation

e-mail: olga_smorodova@mail.ru