

Вестник Евразийской науки / The Eurasian Scientific Journal <https://esj.today>

2022, №1, Том 14 / 2022, No 1, Vol 14 <https://esj.today/issue-1-2022.html>

URL статьи: <https://esj.today/PDF/14SAVN122.pdf>

Ссылка для цитирования этой статьи:

Никулин, Т. О. Использование низкопотенциальной энергии для обогрева производственных объектов нефтегазового комплекса / Т. О. Никулин, К. А. Воробьев // Вестник евразийской науки. — 2022. — Т. 14. — № 1. — URL: <https://esj.today/PDF/14SAVN122.pdf>

For citation:

Nikulin T.O., Vorobyev K.A. The use of low-potential energy for heating production facilities of the oil and gas complex. *The Eurasian Scientific Journal*, 14(1): 14SAVN122. Available at: <https://esj.today/PDF/14SAVN122.pdf>. (In Russ., abstract in Eng.).

Никулин Тимур Олегович

ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов», Москва, Россия
Магистр департамента недропользования и нефтегазового дела
E-mail: 1032206448@pfur.ru

Воробьев Кирилл Александрович

ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов», Москва, Россия
Учебный мастер департамента недропользования и нефтегазового дела
E-mail: k.vorobyev98@mail.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5792-3979>

РИНЦ: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=887256

SCOPUS: <https://www.scopus.com/authid/detail.url?authorId=57193517186>

Использование низкопотенциальной энергии для обогрева производственных объектов нефтегазового комплекса

Аннотация. Осуществляя деятельность в районах с холодным климатом, где отопительный сезон достигает 9 и более месяцев в год остро встает вопрос в отопление жилых и производственных зданий и сооружений. Создание работодателем постоянного микроклимата на рабочих местах персонала и обеспечение стабильного технологического процесса производства достигается внушительными финансовыми затратами на отопление для компаний нефтегазового комплекса.

В настоящее время используется два основных вида систем отоплений для жилых, административных и производственных зданий — получения тепловой энергии от сгорания природного газа (твердого и жидкого топлива) на котельных и преобразование электрической энергии в тепловую.

Электрическое отопление является одним из самых дорогих видов систем обогрева, требует внушительных электроэнергетических мощностей. Тарифные ставки на кВт электроэнергии с каждым годом ощутимо поднимаются в стоимости.

Газовое отопление имеет высокую производительность по мощности и относительно низкую стоимость за Гкал тепловой энергии, но и имеет ряд отрицательных сторон: является взрыво- и пожароопасным, высокие требования к месту установки газового оборудования, наличие подходящих газопроводов, является не возобновляемым источником энергии.

В статье представлено применение тепловых насосов для систем отопления административных и производственных зданий; рассмотрены два типовых объекта с

использование тепловых насосов в системе отопления (снятия низкопотенциальной тепловой энергии с подтоварной воды и с геотермальных скважин). Внедрение нового оборудования позволит достичь ряда преимуществ: сократить затраты на отопление производственных и административных зданий (ввиду положительного экономического эффекта), позволит снизить расход потребления электроэнергии, увеличит пожаро- и взрывобезопасность объектов (отсутствие нагревательных и взрывоопасных элементов, конструкции), использование возобновляемых энергоресурсов (при необходимости сокращение затрат на сжигание нефтяного газа), экологичность (отсутствие выбросов продуктов горения), возможность использования системы отопления в летнее время в режиме кондиционирования.

Ключевые слова: низкопотенциальное тепло; тепловой насос; тепло земли; коэффициент преобразования; коэффициент трансформации

Введение

В настоящее время в Компании используется два основных типа систем отоплений в жилых и производственных зданиях — получения тепловой энергии от сгорания попутного нефтяного газа в котельных и преобразование электрической энергии в тепловую энергию [1].

Электрическое отопление является одним из самых дорогих видов систем обогрева, требует больших электроэнергетических мощностей. Тарифные ставки на кВт электроэнергии с каждым годом ощутимо поднимаются в стоимости. Плюсом использования данного вида отопления является низкая металлоемкость оборудования отопления, мобильность электрообогревателей, экологичность.

Газовое отопление имеет высокую производительность по мощности и относительно низкую стоимость за Гкал тепловой энергии, но и имеет ряд отрицательных сторон [2]:

- является взрыво- и пожароопасным;
- высокие требования к месту установки газового оборудования;
- наличие подходящих газопроводов;
- является не возобновляемым источником энергии.

Применение тепловых насосов для систем отопления офисных и производственных зданий компании.

Тепловой насос, представляет собой обращённую холодильную машину (рис. 1). Если в холодильной машине, основной целью является производство холода путём отбора теплоты из какого-либо объёма, испарителем, а конденсатор осуществляет сброс теплоты в окружающую среду, то в тепловом насосе, картина обратная. Конденсатор является теплообменным аппаратом, выделяющим теплоту для потребителя, а испаритель — теплообменным аппаратом, утилизирующим низко потенциальную теплоту.

Хладагент под высоким давлением через капиллярное отверстие попадает в испаритель, где за счет резкого уменьшения давления происходит процесс испарения. При этом хладагент отнимает тепло у внутренних стенок испарителя, а испаритель в свою очередь отбирает тепло у земляного или водяного контура, за счет чего он постоянно охлаждается. Компрессор вбирает хладагент из испарителя, сжимает его, за счет чего температура хладагента резко повышается и выталкивает в конденсатор.

Принципиальная схема теплового насоса

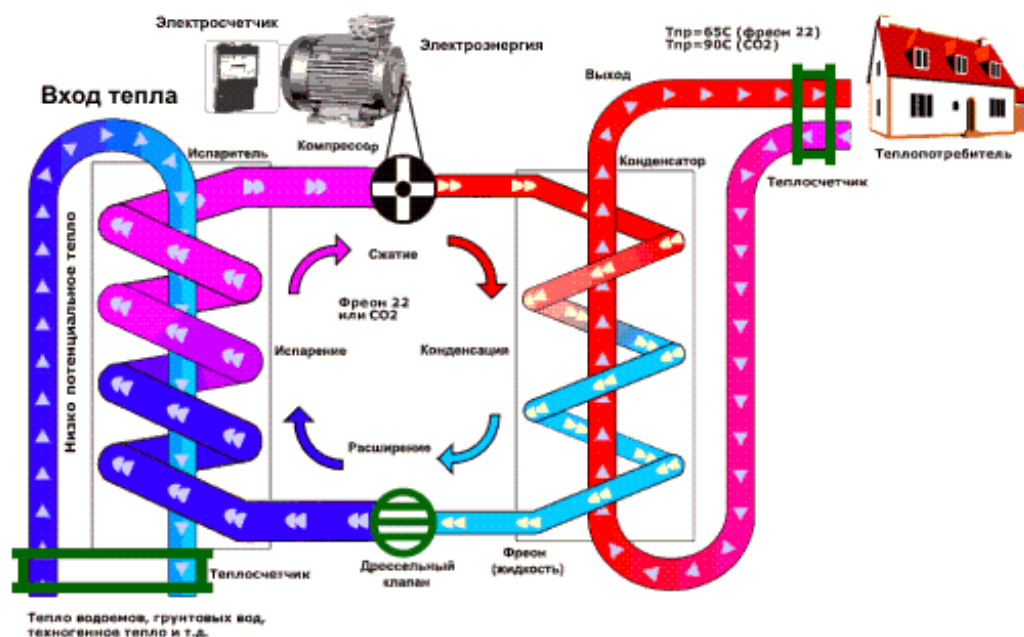


Рисунок 1. Принцип работы теплового насоса¹

Кроме этого, в конденсаторе, нагретый в результате сжатия хладагент отдает тепло (температура порядка 85–125 градусов Цельсия) отопительному контуру и переходит в жидкое состояние. Процесс повторяется постоянно. Когда температура в доме достигает необходимого уровня, электрическая цепь разрывается терморегулятором и тепловой насос перестает работать. Когда температура в отопительном контуре падает, терморегулятор вновь запускает тепловой насос. Таким образом, хладагент в тепловом насосе делает обратный цикл Карно. Как мы видим, тепловые насосы перекачивают рассеянную тепловую энергию земли, воды или воздуха в относительно высокопотенциальное тепло для отопления и горячего водоснабжения объекта. Примерно 75 % отопительной энергии можно собрать бесплатно из природы: грунта, воды, воздуха и только 25 % энергии необходимо затратить для работы самого теплового насоса. Иначе говоря, владелец тепловых насосов экономят 3/4 средств, он бы регулярно тратил на дизтопливо, газ или электроэнергию для традиционного отопления. Попросту говоря, тепловой насос с помощью теплообменников собирает тепловую энергию из земли (воды, воздуха) и «переносит» ее в помещение. Тепловые насосы также могут использовать вторичное тепло (например, тепло трубопровода центрального отопления). Этот вариант наиболее целесообразным для промышленных объектов, где есть источники паразитного тепла, которое требует утилизации. Тепловые насосы способны не только отапливать помещения, и обеспечивать горячее водоснабжение, а также осуществлять кондиционирование воздуха. Но при этом в тепловых насосах должен быть реверсивный клапан, именно он позволяет тепловому насосу работать в обратном режиме².

¹ Тугунов, П.И. Типовые расчеты при проектировании и эксплуатации нефтебаз и нефтепроводов: учебник для вузов / П.И. Тугунов, В.Ф. Новоселов, А.А. Коршак, А.М. Шаммазов — Уфа: ООО «ДизайнПолиграфСервис», 2002. — 658 с.

² Шишкин Г.В. Справочник по проектированию нефтебаз. Л., Недра, 1978. 216 с.

Виды тепловых насосов

Основная классификация идет по источнику отбора тепла и по этому признаку оборудования делят на следующие виды [3]:

- Воздушные.
- Геотермальные.
- От использования вторичного тепла (техногенные).

Воздушные тепловые насосы. Отбор низкопотенциальной энергии осуществляется из окружающего воздуха. Данные тепловые насосы эффективны до -20°C и работоспособны до -25°C , обеспечивая коэффициент эффективности при -20°C 1,6–1,8 при температуре теплоносителя 35°C . В связи с этим данный вид тепловых насосов в работе не будет рассмотрен.

Геотермальные тепловые насосы. Отбор низкопотенциальной энергии осуществляется из земли с помощью геотермальных коллекторов. Горизонтальный геотермальный коллектор, данный тип коллектора представляет из себя помещенные на глубину 1,5–3 метра (ниже горизонта промерзания) зонды. Есть «одноэтажные» и «многоэтажные» горизонтальные коллекторы. Явный недостаток таких систем — это большие площади, на которых необходимо закопать коллектор.

Вертикальный геотермальный коллектор, этот тип можно разделить на несколько классов:

- Прямой вертикальный коллектор (бурение осуществляется под углом 90 град. к поверхности).
- Веерный горизонтальный коллектор (при этом классе бурение осуществляют под углом обычно 75 градусов от поверхности. Самый главный плюс последнего — это экономия площади, задействованной под бурение).

Открытый геотермальный коллектор, в данном типе используют воду из водоема или из скважины циркулирует напрямую через тепловой насос и возвращается обратно. Сложность использования данного типа — это вода, отвечающая нормам использования для тепловых насосов, а также соблюдение норм сброса и утилизации воды.

Техногенные тепловые насосы. Отбор низкопотенциальной энергии осуществляется от объектов различных технологических процессов (канализации, водоподготовка, транспортировка жидких продуктов в трубах и т. д.). В специфике работы нашей Компании можно рассматривать технологические процессы на объектах по подготовки нефти и газа, а также переработки нефти.

Рассмотрим внедрение геотермального и техногенного теплового насоса в систему отопления типовых объектов Компании с целью выявления эффективности и экономичности оборудования.

Типовой объект с геотермальным тепловым насосом

Проведем сравнение систем отопления типового объекта с геотермальным тепловым насосом на вертикальных геотермальных зондах (является одним из самых дорогостоящих из геотермальных, затраты на бурение геотермальных скважин) и электроотопление на водогрейных электродкотлах (является одним из дорогих, высокая стоимость за электроэнергию).

Объект, здание АБК (административно-блочный корпус) УДНГ/ЦДНГ № 1, установлено электроотопление на водогрейных электродкотлах (табл. 1).

Таблица 1

Данные Здания АБК ЦДНГ-1³

Данные характеристики здания	
Объём здания, м ³	2981
Удельная тепл. характеристика	0,43
Максимальный часовой расход, кВт (Ккал/час)	88,9 (76 457)
Отопительный период, сут.	253
Расчётная температура (внутр./наружная), °С	18/-43
Годовой расход, кВт (Гкал/год)	237 835 (204,5)

Подбираем геотермальный тепловой насос с требуемыми характеристиками, рассчитываем количество геотермальных скважин из расчета снятия 60 Вт/мп (табл. 2).

Максимальное потребление 88.9 кВт, округляем до 90 кВт/0.06 кВт/мп = 1500 м, таким образом, имеем 15 скважин по 100 метров каждая.

Таблица 2

Затраты на внедрение геотермального теплового насоса [4]

Основные затраты на систему отопления на базе геотермального теплового насоса				
№	описание		изм.	цена, тыс. руб.
1	Тепловой насос BROSOK Mark 1000	Тип	1	1040
	Тепловая мощность теплового насоса	кВт	100,3	-
	COP — коэффициент преобразования [4]		3,8	-
2	Насос циркуляционный земного контура Коллектор для контура земли в сборе Комплект труб и фитингов для подключения ТН к ЗК Теплоизоляция Расширительный бак	шт.	1	270
		шт.	2	
		шт.	1	
		компл.	1	
		шт.	2	
3	Зонд геотермальный в сборе, 100 м	шт.	15	440
4	Работы по установке и пуско-наладке	система	1	230
5	Геотермальные скважины/глубина	шт./м	15/100	1500
Итого по объекту:				3440

Проведем анализ экономической эффективности внедрение геотермального теплового насоса (табл. 3):

Таблица 3

Экономическая эффективность при внедрении геотермального теплового насоса [4]

№ п/п	Показатели	Единица измерения	Источник информации.	Данные
1. Расчет затрат при использовании тепла электроотопления				
1.1	Затраты на электроэнергию, потребляемую электроотоплением (отопительный сезон)	тыс. руб. без НДС	(237 835 кВт*3,72 руб./кВт)	885
2. Расчет затрат при использовании тепла от ТН				
2.1	Затраты на внедрение ТН	тыс. руб. без НДС	ОАО «Томскнефть» ВНК	3440
2.2	Затраты на электроэнергию, потребляемую ТН (отопительный сезон)	тыс. руб. без НДС	(62 585 кВт*3,72 руб./кВт)	232
2.3	Текущий ремонт (раз в 6 лет)	тыс. руб. без НДС	ОАО «Томскнефть» ВНК	200
3. Расчет экономического эффекта от использования ТН				
Рассмотрен в приложение № 1				

³ Кононов О.В. Развитие технологий и технических средств для борьбы с отложениями в нефтяных емкостях: автореф. ... дис. ... канд.техн.наук. — У., 2010. — 24 с.

Типовой объект с техногенным тепловым насосом

Проведем сравнения системы отопления типового объекта с техногенным тепловым насосом (низкопотенциальная энергия от технологических процессов подготовки нефти) и приобретаемая тепловая энергия с газовой котельной. Рассмотрим производственные и лабораторно-диспетчерские здания УПН «Лугинецкая» (действующая система отопления — приобретение тепловой энергии от газовой котельной ЦТВС-5). За отопительный сезон 2015 года на УПН «Лугинецкая» ЦППН-3 УПНГ было затрачено 1056,55 Гкал (4033,8 млн рублей) на обогрев следующих объектов: ЛДК, компрессорная, насосная очищенных стоков, насосная пожаротушения, пожарные РВС-700 (2 шт.) и РВС-300, бустерная⁴. Рассмотрим применение теплового насоса с поглощение низкопотанциальной энергии от подтоварной воды, которая сбрасывается на БКНС-22 с УПН «Лугинецкая». Средний расход сбрасываемой подтоварной воды составляет 200 м³/час со средней температурой 25°C. Теоретическое снятие низкопотенциальной теплоты составит: $Q = cm\Delta t$, где:

C — удельная теплоемкость воды 4,2 кДж/(кг·°C);

m — масса воды;

Δt — разница температур.

Принимаем что Δt составит 5°C, т. е. охлаждения подтоварной воды до 20°C.

$$Q = 4,2 \text{ кДж/(кг·°C)} * 200000 \text{ кг} * 5^\circ\text{C} = 4200000 \text{ кДж} = 1166,67 \text{ кВт/час.}$$

Максимальное приведенное потребление тепловой энергии на отопление перечисленных зданий за 1 час составляет 535 кВт (при температуре воздуха -42°C, с учетом всех потерь в сетях теплоснабжения) [5; 6].

Как видно из расчетов что низкопотенциальная тепловая энергия, снятая с подтоварной воды в 2 раза больше требуемой тепловой энергии на отопления объектов УПН. Подбираем тепловой насос или каскад тепловых насосов мощностью более 535 кВт, который необходим на отопление зданий УПН «Лугинецкая», рассматриваем возможность подключения теплового насоса к трубопроводу сброса подтоварной воды, рассчитываем тепловой узел (табл. 4).

Таблица 4

Затраты на внедрение техногенного теплового насоса [4]

№	Наименование	Цена (тыс. руб.)
1	Тепловой насос SDW10-70 (3 шт.) Тепловая мощность теплового насоса (600 кВт) COP — коэффициент преобразования (4,6) [3]	7537,5
2	Трубная обвязка теплового насоса (подтоварная вода): ЗКЛ d = 273 мм, Ру = 16 ЗКЛ d = 89 мм Ру = 16 Труба 273x9 L = 5 м Труба 89x6 L = 40 м Отвод 90° 273x9 Тройник 273	822,5
3	Циркуляционный насос (2 шт.) Отопительные радиаторы (17 шт.) Фанкойлы (15 шт.) Расширительный бак (2 шт.)	120 44 350 30
4	Монтажные работы	450
5	Проектно-исследовательские работы	500
Итого по объекту:		9854

⁴ Индукционное нагревательное устройство для обогрева помещений [Текст]: пат. 105105 Рос. Федерация: МПК H05B 6/02 (2006.01).

Проведем анализ экономической эффективности внедрение геотермального теплового насоса (табл. 5):

Таблица 5

Экономическая эффективность при внедрении техногенного теплового насоса [4]

№ п/п	Показатели	Единица измерения	Источник информации	Данные
1. Расчет затрат при использовании тепла с газовой котельной				
1	Затраты на отопление типовой УПН (отопительный сезон)	тыс. руб. без НДС	(1056 Гкал *3726 тыс. руб./Гкал)	3935
2. Расчет затрат при использовании тепла от ТН				
2.1	Затраты на внедрение ТН	тыс. руб. без НДС	ОАО «Томскнефть» ВНК	9854
2.2	Затраты на электроэнергию, потребляемую ТН (отопительный сезон)	тыс. руб. без НДС	(237027 кВт/час*3,72 руб./кВт)	877
2.3	Текущий ремонт (раз в 6 лет)	тыс. руб. без НДС	ОАО «Томскнефть» ВНК	400
3. Расчет экономического эффекта от использования ТН				
Рассмотрен в приложение №2				

Заключение

В работе рассмотрены два типовых объекта с использованием тепловых насосов в системе отопления производственных и административных зданий (снятия низкопотенциальной тепловой энергии с подтоварной воды и с геотермальных скважин) [7].

Внедрение нового оборудования позволит достичь ряда преимуществ [8]:

- сократить затраты на отопление производственных и административных зданий (ввиду положительного экономического эффекта);
- позволит снизить расход потребления электроэнергии;
- увеличит пожаро- и взрывобезопасность объектов (отсутствие нагревательных и взрывоопасных элементов конструкции);
- использование возобновляемых энергоресурсов (при необходимости сокращение затрат на сжигание попутного нефтяного);
- экологичность (отсутствие выбросов продуктов горения);
- возможность использования системы отопления в летнее время при режиме кондиционирования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Файзрахманов Р.А., Рубцов Ю.Ф. Методологические особенности автоматизированного управления энергоресурсосбережением // Автоматизация: Современное оборудование, 2011. № 2. С. 36–40.
2. Закиров Д.Г., Файзрахманов Р.А., Николаев А.В., Шаякбаров Н.Ф. Повышение эффективности подземной добычи нефти термошахтным способом // Нефтяное хозяйство, 2014. № 6. С. 58–60.
3. Шипика Е.С. Энергосберегающие технологии при подогреве наружного воздуха на основе природных источников энергии / С.Г. Гендлер, Е.С. Шипика // XII Республиканская научная конференция студентов, и молодых ученых «Проблемы производственно-экономической деятельности и субъектов хозяйствования». г. Донецк: Изд-во ДонНТУ — 2018. — С. 47–49.
4. Воробьев А.Е., Воробьев К.А. Методические подходы к разработке паспортов безопасности объектов топливно-энергетического комплекса // В сборнике: ресурсовоспроизводящие, малоотходные и природоохранные технологии освоения недр: Материалы шестнадцатой международной конференции. Донецк. 2017. С. 78–86.
5. Файзрахманов Р.А., Рубцов Ю.Ф. Методологические особенности автоматизированного управления энергоресурсосбережением // Автоматизация: Современное оборудование, 2011. № 2. С. 36–40.
6. Конесев С.Г. Оценка эффективности теплового воздействия электротермических систем / С.Г. Конесев, П.А. Хлюпин // Научно-технический журнал. Нефтегазовое дело. 2012. Т. 2. — № 3. — С. 92–95.
7. Пономарев А.И. Разработка нефтегазоконденсатных месторождений в низкопроницаемых коллекторах. — Уфа: Изд-во Уфимского государственного нефтяного технического ун-та, 1998, — 234 с.
8. Воробьев А.Е., Холбоев Г.О., Воробьев К.А., Хамидов А.А. Исследование перспективных путей эффективного применения нанопроводников электрического тока // Горный вестник Узбекистана. 2020. № 3(82). С. 113–116.

Nikulin Timur Olegovich

Peoples' Friendship University of Russia, Moscow, Russia
E-mail: 1032206448@pfur.ru

Vorobyev Kirill Alexandrovich

Peoples' Friendship University of Russia, Moscow, Russia
E-mail: k.vorobyev98@mail.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5792-3979>

RSCI: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=887256

SCOPUS: <https://www.scopus.com/authid/detail.url?authorId=57193517186>

The use of low-potential energy for heating production facilities of the oil and gas complex

Abstract. Carrying out activities in areas with a cold climate, where the heating season reaches 9 months or more per year, the issue of heating residential and industrial buildings and structures is acute. The creation by the employer of a permanent microclimate in the workplaces of personnel and the provision of a stable technological production process is achieved by impressive financial costs for heating for oil and gas companies.

Currently, two main types of heating systems are used for residential, administrative and industrial buildings — obtaining thermal energy from the combustion of natural gas (solid and liquid fuels) in boiler houses and converting electrical energy into thermal energy.

Electric heating is one of the most expensive types of heating systems, requires impressive electric power capacity. Tariff rates per kW of electricity are significantly rising in value every year.

Gas heating has a high capacity and relatively low cost per Gcal of thermal energy, but also has a number of negative sides: it is explosive and fire-hazardous, high requirements for the installation site of gas equipment, the availability of suitable gas pipelines, is not a renewable energy source.

The article presents the use of heat pumps for heating systems of administrative and industrial buildings; two typical objects with the use of heat pumps in the heating system (removal of low-potential heat energy from the supply water and from geothermal wells) are considered. The introduction of new equipment will achieve a number of advantages: reduce the cost of heating industrial and administrative buildings (due to the positive economic effect), will reduce the consumption of electricity, increase fire- and explosion safety of facilities (absence of heating and explosive elements, structures), use of renewable energy resources (if necessary, reduction of costs for burning petroleum gas), environmental friendliness (absence of emissions of gorenje products), the possibility of using the heating system in summer in the air conditioning mode.

Keywords: low-grade heat; heat pump; ground source heat transformation ratio; transformation ratio