

**ГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВО
ИНФРАСТРУКТУРА
КОММУНИКАЦИИ**

Выпуск № 2(27) 2022

**ПО ВОПРОСАМ РАЗМЕЩЕНИЯ СТАТЬИ
ОБРАЩАТЬСЯ
В РЕДАКЦИЮ НАУЧНОГО ЖУРНАЛА**

АДРЕС РЕДАКЦИИ:

394006 Россия, г. Воронеж, ул. 20-летия Октября, 84;

тел.: +7(473)2-71-53-21;

e-mail: gik_vgasu@mail.ru.

Ознакомиться с *электронной версией журнала* можно на сайте:

[http:// journal-gik.wmsite.ru](http://journal-gik.wmsite.ru)



Ознакомиться с *полнотекстовой версией журнала* можно на сайте
Российской универсальной научной электронной библиотеки:

<http://www.elibrary.ru>



ГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВО ИНФРАСТРУКТУРА КОММУНИКАЦИИ

Выпуск № 2(27)

Июнь, 2022

- ГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВО, ПЛАНИРОВКА СЕЛЬСКИХ НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТОВ
- ТЕОРИЯ И ИСТОРИЯ АРХИТЕКТУРЫ, РЕСТАВРАЦИЯ И РЕКОНСТРУКЦИЯ ИСТОРИКО-АРХИТЕКТУРНОГО НАСЛЕДИЯ
- АРХИТЕКТУРА ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ. ТВОРЧЕСКИЕ КОНЦЕПЦИИ АРХИТЕКТУРНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ
- ТЕПЛОСНАБЖЕНИЕ, ВЕНТИЛЯЦИЯ, КОНДИЦИОНИРОВАНИЕ ВОЗДУХА, ГАЗОСНАБЖЕНИЕ И ОСВЕЩЕНИЕ
- ВОДОСНАБЖЕНИЕ, КАНАЛИЗАЦИЯ, СТРОИТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ ОХРАНЫ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ
- ПРОЕКТИРОВАНИЕ И СТРОИТЕЛЬСТВО ДОРОГ, МЕТРОПОЛИТЕНОВ, АЭРОДРОМОВ, МОСТОВ И ТРАНСПОРТНЫХ ТОННЕЛЕЙ
- ТЕХНОЛОГИЯ И ОРГАНИЗАЦИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА
- СТРОИТЕЛЬНЫЕ КОНСТРУКЦИИ, ЗДАНИЯ И СООРУЖЕНИЯ
- ОСНОВАНИЯ И ФУНДАМЕНТЫ, ПОДЗЕМНЫЕ СООРУЖЕНИЯ
- ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ СТРОИТЕЛЬСТВА И ГОРОДСКОГО ХОЗЯЙСТВА
- СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ИЗДЕЛИЯ
- СТРОИТЕЛЬСТВО И ЭКСПЛУАТАЦИЯ НЕФТЕГАЗОПРОВОДОВ, БАЗ И ХРАНИЛИЩ
- ПРОЕКТИРОВАНИЕ И СТРОИТЕЛЬСТВО ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СЕТЕЙ
- ПОЖАРНАЯ И ПРОМЫШЛЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ (В СТРОИТЕЛЬСТВЕ)

Воронеж



**ГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВО
ИНФРАСТРУКТУРА
КОММУНИКАЦИИ**

Научный журнал

Издается с 2015 года

Выходит 1 раз в квартал

Учредитель и издатель: федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Воронежский государственный технический университет». Территория распространения - Российская Федерация.

Статьи рецензируются, проверяются в программе «Антиплагиат» и регистрируются в **Российском индексе научного цитирования**. Перепечатка без разрешения редакции запрещена, ссылки на журнал при цитировании обязательны.

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Главный редактор: **Колосов А. И.**, канд. техн. наук, доц.,
Воронежский государственный технический университет

**Заместители
главного редактора:** **Скляр К. А.**, канд. техн. наук, доц.,
Воронежский государственный технический университет
Тульская С. Г., канд. техн. наук, доц.,
Воронежский государственный технический университет

Бондарев Б.А., д-р техн. наук, проф., Липецкий государственный технический университет
Енин А.Е., канд. арх., доц., Воронежский государственный технический университет
Осипова Н.Н., д-р техн. наук, доц., Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю. А.
Зубков А.Ф., д-р техн. наук, проф., Тамбовский государственный технический университет
Калгин Ю.И., д-р техн. наук, проф., Воронежский государственный технический университет
Капустин П.В., канд. арх., доц., Воронежский государственный технический университет
Козлов В.А., д-р физ.-мат. наук, доц., Воронежский государственный технический университет

Кузнецов С.Н., д-р техн. наук, доц., Воронежский государственный технический университет
Куцев Л.А., д-р техн. наук, проф., Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова
Леденев В.И., д-р техн. наук, проф., Тамбовский государственный технический университет
Лобода А.В., д-р физ.-мат. наук, доц., Воронежский государственный технический университет
Подольский Вл.П., д-р техн. наук, проф., Воронежский государственный технический университет
Самодурова Т.В., д-р техн. наук, проф., Воронежский государственный технический университет
Чесноков Г.А., канд. арх., доц., Воронежский государственный технический университет

Редактор: *Петрикеева Н. А.* Отв. секретарь: *Аралов Е. С.* Дизайн обложки: *Чуйкина А. А.*

Дата выхода в свет 28.06.2022. Усл. печ. л. 6,3. Формат 60×84/8. Тираж 35 экз. Заказ № 226

Свидетельство о регистрации ПИ № ФС77-68664

выдано Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий
и массовых коммуникаций (Роскомнадзор)

Цена свободная

АДРЕС УЧРЕДИТЕЛЯ И ИЗДАТЕЛЯ: 394006, г. Воронеж, ул. 20-летия Октября, 84

АДРЕС РЕДАКЦИИ: 394006, г. Воронеж, ул. 20-летия Октября, 84, ком. 2133;

тел.: (473)2-71-53-21; e-mail: gik_vgasu@mail.ru

ОТПЕЧАТАНО: отдел оперативной полиграфии издательства ВГТУ

394006, г. Воронеж, ул. 20-летия Октября, 84

СОДЕРЖАНИЕ

ТЕПЛОСНАБЖЕНИЕ, ВЕНТИЛЯЦИЯ, КОНДИЦИОНИРОВАНИЕ ВОЗДУХА, ГАЗОСНАБЖЕНИЕ И ОСВЕЩЕНИЕ.....	6
<i>Котова Л. А., Горлова А. В., Чудинов Д. М., Попова Н. М.</i>	
Конструктивные особенности солнечных коллекторов, применяемых в гелиосистемах.....	6
<i>Бакаева А. А., Барков М. Г., Максимов Д. В., Долбилова М. А.</i>	
Применение зеленых технологий в системах вентиляции и кондиционирования.....	13
<i>Агафонов М. К., Алексеев К. Е., Кузнецова Г. А.</i>	
Сравнение эффективности использования теплового насоса и газового котла для отопления жилого здания.....	21
<i>Гасанов З. С., Кучин Д. А., Панин А. В.</i>	
Внутренняя коррозия радиаторов отопления и способы борьбы с ней.....	27
<i>Алексеев К. Е., Мартыненко Г. Н., Бачурина А. Э.</i>	
Сепарационные испытания парогенератора ПГВ-1000МКП на Нововоронежской АЭС-2.....	36
ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ СТРОИТЕЛЬСТВА И ГОРОДСКОГО ХОЗЯЙСТВА.....	42
<i>Пушкарева П. Д., Головина Е. И.</i>	
Природоохранная деятельность на Новолипецком металлургическом комбинате.....	42
СТРОИТЕЛЬСТВО И ЭКСПЛУАТАЦИЯ НЕФТЕГАЗОПРОВОДОВ, БАЗ И ХРАНИЛИЩ	46
<i>Аралов Е. С., Монько В. И., Глызко С. В.</i>	
Определение наиболее эффективного метода повышения эксплуатационной надежности нефтепровода в условиях вечной мерзлоты.....	46
ПРАВИЛА НАПИСАНИЯ И ОФОРМЛЕНИЯ СТАТЕЙ.....	53

ТЕПЛОСНАБЖЕНИЕ, ВЕНТИЛЯЦИЯ, КОНДИЦИОНИРОВАНИЕ ВОЗДУХА, ГАЗОСНАБЖЕНИЕ И ОСВЕЩЕНИЕ

УДК 662.997

КОНСТРУКТИВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ СОЛНЕЧНЫХ КОЛЛЕКТОРОВ, ПРИМЕНЯЕМЫХ В ГЕЛИОСИСТЕМАХ

Л. А. Котова, А. В. Горлова, Д. М. Чудинов, Н. М. Попова

Воронежский государственный технический университет

Л. А. Котова, студент кафедры теплогазоснабжения и нефтегазового дела

Россия, г. Воронеж, тел.: +7(900)957-31-21, e-mail: kottkottova@yandex.ru

А. В. Горлова, студент кафедры теплогазоснабжения и нефтегазового дела

Россия, г. Воронеж, тел.: +7(951)866-81-05, e-mail: gorlova.a21@yandex.ru

Д. М. Чудинов, канд. техн. наук, доц. кафедры теплогазоснабжения и нефтегазового дела

Россия, г. Воронеж, тел.: +7(473)271-53-21, e-mail: dmch_@mail.ru

Н. М. Попова, ст. преподаватель кафедры теплогазоснабжения и нефтегазового дела

Россия, г. Воронеж, тел.: +7(473)271-53-21, e-mail: exclusiv.na@mail.ru

Постановка задачи. Рассмотрены основные виды солнечных коллекторов, определены их преимущества и недостатки. Выбран наиболее энергоэффективный вид солнечных коллекторов для применения в быту. Изучен российский и зарубежный опыт использования солнечных гелиоустановок.

Результаты. Проведен краткий обзор трех основных видов солнечных коллекторов, показаны их конструктивные составляющие элементы, выделены преимущества и недостатки каждого вида по отдельности. Отмечен вариант использования солнечных гелиоустановок гибридного типа как более рациональный по способу распределения полученной солнечной энергии. Проведено краткое сравнение использования солнечной энергетики в России и в других странах мира.

Выводы. Солнечные коллекторы гибридного типа являются наиболее энергоэффективными, так как позволяют вырабатывать одновременно тепловую и электрическую энергию. Необходимо рассматривать устройство любого солнечного коллектора уже на этапе проектирования здания или сооружения, чтобы минимизировать значительные потери энергии при движении теплоносителя от источника до потребителя. Солнечная энергетика является самой популярной и активно развивающейся отраслью. По сравнению с другими странами, использование нетрадиционных источников энергии в России находится на начальном этапе развития и ожидается, что в скором времени, произойдет настоящий прорыв в данной сфере.

Ключевые слова: солнечные коллекторы, тепловая энергия, солнечная энергия, гибридные гелиосистемы.

Введение. Обеспеченность энергетическими ресурсами является одной из глобальных проблем человечества. Расход потребления энергии постоянно растет, при этом её источники не успевают восполняться. Каждый день наша планета получает огромное количество солнечного излучения, которое может являться бесплатным энергетическим ресурсом для питания зданий и сооружений. Теоретически возможно покрывать до 100 % энергопотребления только за счет солнечного излучения.

Продолжительность солнечного излучения и его интенсивность зависят от времени года, погодных условий, географического положения. Примерно 25 % поверхности Земли получает солнечное излучение на всем протяжении суток [1, 2, 3].

Человечество находится в постоянном поиске комплексных архитектурно-инженерных решений, которые позволили бы получить энергоэффективные строения, рационально использующие солнечную энергию. Одним из таких решений является создание солнечного коллектора – устройства, способного собирать энергию Солнца путем нагрева материала-теплоносителя.

Первое масштабное строение, оснащенное гелиоустановкой, было возведено во Флориде в 1939 г. (Эдисон Курт Экстенсионз). Стальная конструкция установки имела двойное остекление и овальные медные трубы. Этот коллектор был способен нагревать воду до 83 °С за несколько часов. Первый солнечный коллектор, который выпустили в массовое производство, создала компания «Пан Америкэн Солар Хитэ Инк» [1, 4].

Безусловно, полезнее всего применять солнечный коллектор в «солнечных регионах», например, юге европейской части нашей страны, Забайкалье, Дальнем Востоке, юге Западной Сибири. Тем не менее, даже в климатических условиях Московской области гелиосистема будет работать результативно. Наивысшая мощность солнечных гелиосистем достигается в период с мая по сентябрь.

1. Основные виды солнечных коллекторов. Стоит отметить, что солнечный коллектор и солнечная батарея – это разные устройства. Солнечные коллекторы, как и тепловой насос, предназначены для сбора и накопления солнечной энергии, которая впоследствии используется для нагрева воды, либо для системы отопления. Рассмотрим несколько видов солнечных коллекторов.

Плоские коллекторы. Самым распространенным видом являются плоские коллекторы, в основном применяющиеся в системах отопления и водонагревателях. Состоят они из теплоизолированных остекленных панелей, в которые помещена пластина-абсорбер, изготовленная из металла, хорошо проводящего тепло (например, медь или алюминий). Пластины абсорбера покрывают в черный цвет, так как черная поверхность отражает около 10–12 % падающей радиации.

В плоских коллекторах остекление используется матовое, благодаря чему пропускается только свет. Принцип работы таков: солнечная энергия через остекление попадает на пластину-абсорбер, и, нагреваясь, превращается в тепловую энергию. Боковые стенки и дно коллектора покрывают теплоизолирующим материалом. Благодаря этому снижается процент потери теплоты.

Вакуумные коллекторы. Вакуумные коллекторы применяются в основном там, где необходима высокая температура теплоносителя, так температура воды может достигать 250–300 °С. Принцип работы прост: солнечная энергия проходит сквозь стеклянную трубку и, попадая на трубку-поглотитель, превращается в тепло. Это тепло передается теплоносителю, протекающему в трубке. Как правило, такой коллектор имеет несколько последовательно уложенных стеклянных трубок, к каждой трубке присоединен трубчатый поглотитель. Нагреваясь, жидкость отдает свое тепло воде благодаря теплообменнику.

Коллекторы-концентраторы. Коллекторы-концентраторы отличаются от плоских и вакуумных коллекторов тем, что у них имеются рефлекторы, благодаря которым солнечный свет собирается с огромной площади, что увеличивает мощность потока солнечной энергии. Это позволяет получать температуру намного выше, чем с помощью плоских гелиосистем. Главным недостатком солнечных коллекторов-концентраторов является возможность собирать только прямое солнечное излучение.

В основном, такой вид коллекторов применяется в промышленных установках, так как для наиболее достойной работы концентраторов используют специальные следящие устройства. Благодаря им в течение всего дня гелиосистема изменяет своё положение по

направлению солнца. В бытовой сфере применяются изредка параболические концентраторы, как правило, имеющие одноосные следящие устройства, так как они проще по своей конструкции и дешевле двuosных [1, 5, 6].

2. Преимущества и недостатки солнечных коллекторов. Существуют множество видов солнечных коллекторов, они отличаются друг от друга не только по своему внешнему виду, но и по теплотехническим характеристикам. Рассмотрим их преимущества и недостатки.

Плоские коллекторы.

Преимущества:

- большая эффективность;
- простота конструкции;
- более долгий срок эксплуатации;
- надежность.

Недостатки:

- низкий коэффициент полезного действия (КПД).

Вакуумные коллекторы.

Преимущества:

- поддержание высокого значения КПД;
- на 30 % эффективнее плоского коллектора.

Недостатки:

- высокая стоимость эксплуатации;
- большие габаритные размеры и вес;
- невысокая эффективность в зимнее время года.

Коллекторы-концентраторы.

Преимущества:

- получение высоких показателей температуры;
- простота конструкции;
- недорогие, по сравнению, с другими видами гелиосистем.

Недостатки:

- собирает только прямое излучение;
- подходит для регионов близких к экватору;
- применение только в промышленных установках.

3. Гибридные солнечные коллекторы. Отдельно стоит выделить гибридные гелиосистемы, которые позволяют вырабатывать одновременно тепловую и электрическую энергию (рис. 1).

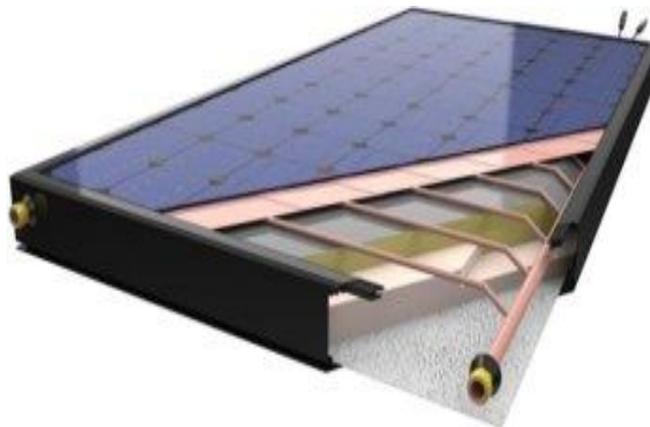


Рис. 1. Гибридный солнечный коллектор [2]

Такое решение помогает значительно уменьшить затраты на содержание здания, повысить КПД системы, использовать полученную энергию для обеспечения горячего водоснабжения и отопления одновременно. Рассмотрим один из вариантов технического решения гибридной гелиоустановки.

Гибридный солнечный коллектор по набору составляющих конструктивных элементов схож с обычным плоским коллектором и имеет корпус, абсорбер, прозрачную теплоизоляцию, теплоизоляцию корпуса. Основным его отличием служит дополнение в виде воздухопроводов, солнечной батареи небольшой мощности и вентилятора.

Принцип работы гибридного коллектора заключается в следующем: происходит нагрев теплоносителя в абсорбере солнечным излучением, вследствие которого теплоноситель начинает движение по контуру. В то же время излучение попадает и на солнечную батарею, образуется электрический ток, поступающий в вентилятор. Благодаря вращению вентилятора воздушные массы перемещаются по внутреннему контуру солнечного коллектора, нагреваются и могут быть поданы по воздуховодам в нужное помещение [3, 7].

Для того, чтобы КПД гибридного солнечного коллектора находился на максимальном уровне, стоит его использовать как низкопотенциальный источник энергии для теплового насоса, для подогрева воды в плавательном бассейне или для аккумулирования тепла скважины теплового насоса летом [3, 8].

Разумеется, грамотная конструктивная составляющая объекта строительства играет немаловажную роль – это в первую очередь применение качественной теплоизоляции, отсутствие мостиков холода, а, следовательно, теплопотерь при перемещении теплоносителя от солнечного коллектора до помещения.

Схема варианта применения гибридных солнечных коллекторов показана на рис. 2.

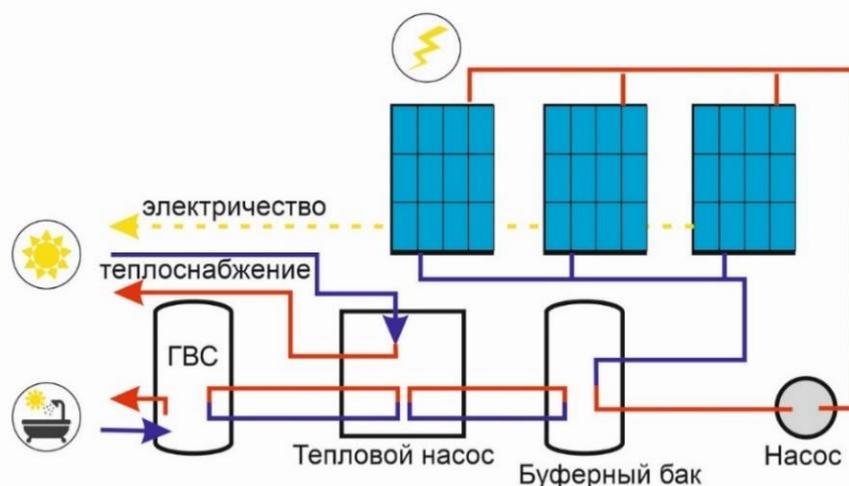


Рис. 2. Вариант применения гибридных солнечных коллекторов [3]

4. Применение гелиосистем в России и за рубежом. Очевидно, на сегодняшний день человечество стремится к уменьшению негативного воздействия на окружающую среду, что приводит к возобновлению интереса к нетрадиционным источникам получения энергии. Солнечная энергетика является самой популярной и активно развивающейся отраслью.

Как известно, солнечные коллекторы являются идеальным и недорогим вариантом для получения горячей воды и отопления индивидуальных зданий, коттеджей, дач, в которых люди почти не проживают в зимний период времени. Результаты работы гелиосистем удивляют, ведь, в среднем, такая система обеспечивает до 30 % потребностей здания в отоплении и до 70 % в потребление горячей воды.

Солнечные лучи, поступающие на Землю, представляют собой сумму прямой и рассеянной радиации. Проанализируем на примере трех городов Российской Федерации поступление солнечной радиации по месяцам на горизонтальную поверхность (см. табл.).

Поступление солнечной радиации по месяцам на горизонтальную поверхность

Город	Солнечная инсоляция, кВт·ч /м ²											
	Месяц											
	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12
Астрахань	2,21	3,38	4,3	4,93	5,82	5,93	6,14	5,52	4,73	3,5	2,22	1,77
Воронеж	1,87	3,14	4,21	4,38	5,43	5,54	5,47	5,03	3,68	2,6	1,82	1,55
Петропавловск-Камчатский	1,74	2,67	3,97	4,9	5,42	5,59	5,15	4,25	3,69	2,57	1,88	1,63

По приведенным данным, если сопоставить значения средней солнечной инсоляции за год, можно сделать вывод, что целесообразнее и выгоднее применять солнечные коллекторы в южной части нашей страны, в данном случае город Астрахань – наглядное этому подтверждение (рис. 3).

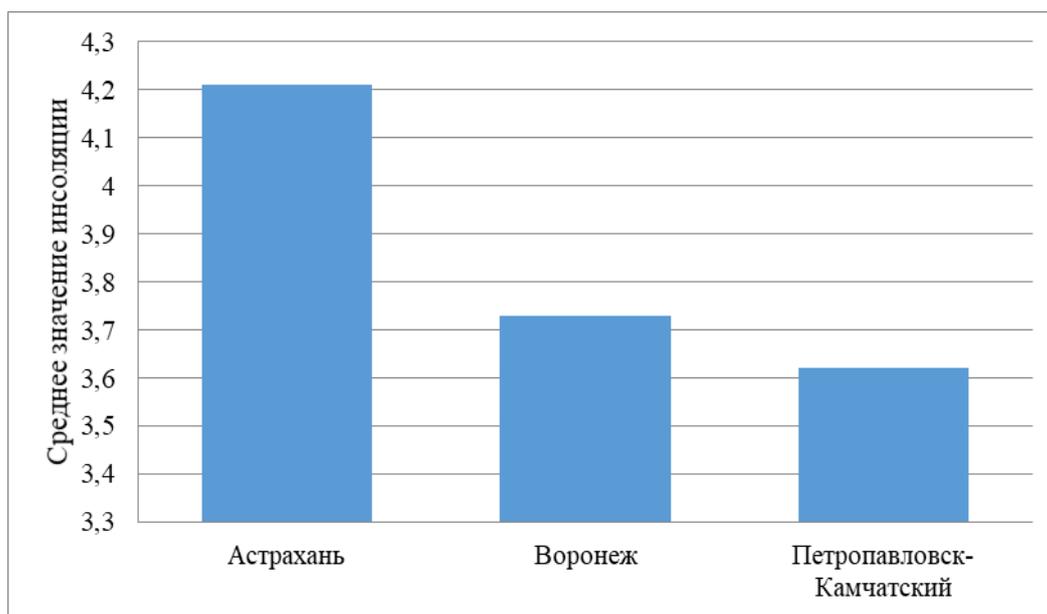


Рис. 3. Сравнение средних значений инсоляции по городам

Безусловно, солнечный коллектор будет поддерживать комфортную температуру в доме при любых погодных условиях в любом из приведенных выше городов, даже если имеются высокие потребности в горячей воде в летний период года.

Одним из последних событий конца 2021 года, касающихся альтернативной энергетики, стало завершение строительства в Забайкалье первой очереди Читинской солнечной электростанции мощностью 20 МВт. Вторая очередь мощностью 15 МВт будет введена в эксплуатацию уже летом 2022 года [4, 9, 10].

Солнечная электростанция располагается на территории 100 га в районе поселка Зыково и имеет более 40 тысяч гетероструктурных солнечных модулей отечественного производства. По расчетам специалистов, после завершения строительства второй очереди электростанции с её помощью ежегодно планируется извлекать около 40,5 млн кВт/ч электричества, что приведет к уменьшению выработки и выбросов углекислого газа на 14 тыс. тонн в год [4, 11].

На сегодняшний день лидером среди регионов Российской Федерации по количеству генерирования солнечной энергии выступает Оренбургская область. В ноябре 2021 года в Переволоцком районе была введена в эксплуатацию очередная солнечная электростанция — Новопереволоцкая СЭС мощностью 15 МВт, после чего общая мощность солнечных электростанций Оренбургской области составила 345 МВт. Это составляет примерно 9 % суммарной выработки электростанций на всей территории региона. Новопереволоцкая СЭС занимает 25 га площади и включает в себя 41 тыс. солнечных модулей, общая планируемая годовая производительность которых 18 млн кВт/ч. Благодаря этому предполагается уменьшить выбросы углекислого газа на 6,3 тыс. тонн ежегодно [4, 12, 13].

Несмотря на положительный опыт, применение нетрадиционных источников энергии в России находится на начальной стадии развития, однако в скором времени ожидается настоящий взрыв спроса на солнечные установки. Лидирующими же странами по применению солнечных установок является Китай, США и Япония. В настоящее время, общая мощность солнечных коллекторов мира превосходит 200 ГВт тепловой энергии.

Согласно [5, 14], лидеры стран по использованию солнечной энергии представлены в диаграмме (рис. 4).

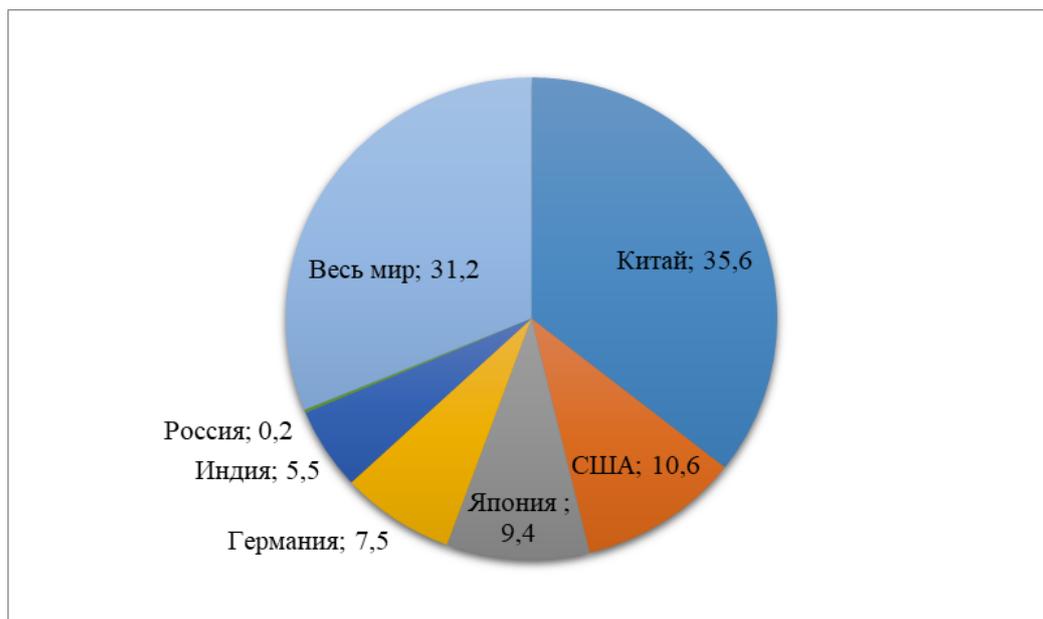


Рис. 4. Страны, лидирующие по использованию солнечной энергии [5]

Стоит отметить, что в России показатель использования солнечной энергии находится на низком уровне. Прежде всего это обусловлено тем, что в нашей стране активное внедрение нетрадиционных источников энергии является спорным вопросом, и у многих специалистов вызывает сомнение экономическая целесообразность этого процесса.

Выводы. Рассмотрев несколько основных видов солнечных коллекторов и сравнив их на предмет энергопроизводительности можно отметить, что гибридные гелиоустановки являются наиболее интересными для применения в бытовой сфере. В настоящее время спрос на бытовые солнечные установки имеет в основном сезонный характер ввиду того, что

коллекторам в холоднее время года необходимо большое количество времени, чтобы нагреть теплоноситель до требуемых температур.

Применение гелиоустановок в промышленности на данный момент в нашей стране более широко развито по сравнению с их использованием в быту. Следует подчеркнуть, что передовой опыт Оренбургской области по активному использованию солнечных электростанций демонстрирует, как с помощью альтернативного источника энергии можно поднять уровень качества и надежности электроснабжения, снизить негативное влияние на окружающую среду.

Однако по темпам развития отрасли солнечной энергетики Российская Федерация значительно уступает лидирующим странам – Китаю, США и Японии. Хочется верить, что интерес к применению солнечной энергии в России год за годом будет возрастать, ведь от этого зависит не только экономическая составляющая нашей страны, но и экологическая, а, следовательно, здоровье и качество жизни населения.

Библиографический список

1. Сабади П.Р. Солнечный дом / Пер. с англ. Н.Б. Гладковой. М.: Стройиздат, 1981. 113 с.
2. Шульга К.С., Астапова Ю.О., Астапов А.Е. Гибридные солнечные коллекторы // Научный журнал. Молодой ученый. 2016. № 17 (121). С. 101–105.
3. Гибридные солнечные коллекторы [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://solarsoul.net/gibridnye-solnechnye-kollektory-pvt>. Гибридные солнечные коллекторы PVT (дата обращения: 05.12.2021).
4. Новости энергетики. В Забайкальском крае завершился первый этап строительства Читинской солнечной электростанции [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://novostienergetiki.ru/v-zabajkalskom-krae-zavershilsya-pervyj-etap-stroitelstva-chitinskoj-solnechnoj-elektrostantsii/> (дата обращения: 05.12.2021).
5. Страны лидеры по мощности солнечной энергии в мире [Электронный ресурс]. URL: <https://tyulyagin.ru/ratings/strany-lidery-po-moshhnosti-solnechnoj-energii-v-mire.html> (дата обращения: 05.12.2021).
6. Оценка конкурентной способности гелиосистемы гостиницы в Воронежской области / Н.М. Попова, Д.М. Чудинов, О.А. Сотникова, Н.А. Петрикеева // Жилищное хозяйство и коммунальная инфраструктура. 2021. № 3 (18). С. 97–105.
7. Анализ поступления солнечной радиации при проектировании альтернативных энергетических систем в условиях Воронежской области / Д.М. Чудинов, Н.А. Петрикеева, Н.М. Попова, А.П. Зверков // Высокие технологии в строительном комплексе. 2020. № 1. С. 36–40.
8. Комбинированная выработка тепловой и электрической энергии / Т.В. Щукина, Д.М. Чудинов, Н.А. Петрикеева, Н.М. Попова // Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Высокие технологии. Экология. 2017. № 1. С. 118–121.
9. Попова Н.М., Чернышов С.Ю., Петров С.А. Оценка коэффициента замещения при вариации конструктивных параметров солнечной системы теплоснабжения // Градостроительство. Инфраструктура. Коммуникации. 2016. № 2 (3). С. 9–12.
10. Чудинов Д.М., Попова Н.М., Корнеев С.В. Оценка технико-экономического потенциала гелиоустановок в климатических условиях России // Научный журнал. Инженерные системы и сооружения. 2014. № 4-2 (17). С. 88–91.
11. Оценка потенциала гелиоустановок для теплоснабжения зданий на территории России / Н.М. Чудинова, Ю.А. Черноухова, Е.А. Дроздова, О.В. Иванова // Научный журнал. Инженерные системы и сооружения. 2010. № 2 (3). С. 117–120.
12. Оценка технического состояния тепловых сетей в РФ / Н.М. Попова, В.Е. Таран, Н.А. Петрикеева, Д.М. Чудинов // Градостроительство. Инфраструктура. Коммуникации. 2021. №1 (22). С. 16–21.
13. Новости энергетики. Минэнерго России предложило построить только 5 ГВт «зеленой» генерации до 2035 года [Электронный ресурс]. URL: <https://novostienergetiki.ru/minenergo-rossii-predlozhilo-postroit-tolko-5-gvt-zelenoj-generacii-do-2035-goda/> (дата обращения: 11.10.2021).
14. Влияние искусственной шероховатости поверхности абсорбера теплового солнечного коллектора на поглощение солнечного излучения / И.С. Курасов, Т.В. Щукина, Д.Н. Китаев, А.Ю. Рязанцев, С.С. Юхневич // Промышленная энергетика. 2021. № 12. С. 45–51.

Для цитирования: Конструктивные особенности солнечных коллекторов, применяемых в гелиосистемах / Л.А. Котова, А.В. Горлова, Д.М. Чудинов, Н.М. Попова // Градостроительство. Инфраструктура. Коммуникации. 2022. № 2 (27). С. 6–12.

УДК 697.911: 504.062.2

ПРИМЕНЕНИЕ ЗЕЛЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В СИСТЕМАХ ВЕНТИЛЯЦИИ И КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ

А. А. Бакаева, М. Г. Барков, Д. В. Максимов, М. А. Долбилова

Воронежский государственный технический университет

*А. А. Бакаева, студент кафедры жилищно-коммунального хозяйства
Россия, г. Воронеж, тел.: +7(906)585-63-14, e-mail: alina.bakaeva.00@mail.ru*

*М. Г. Барков, студент кафедры теплогазоснабжения и нефтегазового дела
Россия, г. Воронеж, тел.: +7(903)852-22-53, e-mail: maks.barkov.000@mail.ru*

*Д. В. Максимов, студент кафедры теплогазоснабжения и нефтегазового дела
Россия, г. Воронеж, тел.: +7(920)447-76-46, e-mail: denmaksimov136@rambler.ru*

*М. А. Долбилова, ст. преподаватель кафедры теплогазоснабжения и нефтегазового дела
Россия, г. Воронеж, тел.: +7(920)218-90-25, e-mail: kirnova.ma@gmail.com*

Постановка задачи. В любом здании обязательны системы вентиляции или кондиционирования, которые обеспечивают безопасность и оптимальные параметры микроклимата, способствующие комфортному нахождению людей в помещении. Экологичные установки позволяют обеспечивать человеческие потребности без вреда окружающей среде.

Результаты. Проанализированы технологии, дающие возможность добиться улучшения качества внутренней среды в помещениях, и при этом позволяющие минимизировать энергоресурсы при эксплуатации здания. Рассмотрены принципы работы систем вентиляции и кондиционирования «зеленых» зданий.

Выводы. Получены графики, позволяющие оценить экономическую целесообразность применения энергосберегающих инженерных решений. Выявлено техническое решение, имеющее максимальные капитальные затраты при минимальном сроке окупаемости. Такая ситуация может приводить к разногласию между застройщиком и заказчиком на стадии технического задания.

Ключевые слова: зеленое строительство, вентиляция, кондиционирование, рекуператор, тепловой насос, охлаждающие балки.

Введение. С развитием технологий, влияние человека все больше и больше стало отражаться на окружающей среде. В связи с этим люди стали задумываться о целесообразном подходе к применению природных ресурсов, сохраняя при этом экологическую устойчивость. Внедрение зеленых технологий позволит грамотно использовать ограниченные природные ресурсы и позволит сохранить окружающую среду, которая подвергается негативному воздействию человека в процессе строительной деятельности.

Сертификация по «Зеленым стандартам» определяет критерии по следующим пунктам: воздействие на окружающую среду и создание благоприятной среды внутри здания. За создание комфортных внутренней условий и за качество воздуха в помещениях отвечают системы вентиляции и кондиционирования.

Вентиляция – это процесс подачи свежего воздуха в помещение и удаление загрязненного. Попадая в помещение, воздух насыщается различными вредностями: теплоизбытками, влагоизбытками, пылью, химическими выделениями и пр. Система вентиляции помогает решить задачи подачи и удаления отработанного воздуха, создавая допустимые параметры микроклимата помещения [1, 2].

Еще одной важной системой, которая обеспечивает комфортное пребывание людей в помещении, является кондиционирование. Кондиционирование – это процесс поддержания таких параметров как температуры, относительной влажности и качества воздуха в помещении на заданном уровне. Кондиционирование воздуха обеспечивает оптимальные параметры, тем самым делая нахождение людей в здании более благоприятным.

Достижения в области систем вентиляции и кондиционирования могут снять часть экологической нагрузки на окружающую среду. Ниже приведены примеры использования зеленых технологий в системах вентиляции и кондиционирования.

1. Применение двойных фасадов с естественной вентиляцией. Предполагает использование многослойных конструкций, каждый слой которых обладает физическими особенностями и эстетическими качествами. Стекло выполняет заданные параметры, так как позволяет придать зданию современный вид, сохраняя функцию ограждающих конструкций.

Отличительной особенностью стеклянных фасадов от традиционных является повышенный уровень звукозащиты. Обеспечивая естественную вентиляцию, стеклянные двойные фасады способствуют улучшению внутреннего климата зданий. Для минимизации доли теплопоступлений от солнечной радиации в таких фасадах устанавливаются элементы, отклоняющие солнечные лучи, и наносится специальное покрытие. Проветривание помещений осуществляется за счет конструкции, которая позволяет открывать окна в требуемую позицию.

При проектировании зданий необходимо учитывать недостатки, которые включают в себя высокие капитальные и эксплуатационные затраты, которые предполагают частую очистку внутренних поверхностей. Также специфика сооружений требует затрат, связанных с установкой кондиционеров. В зданиях со стеклянными двойными фасадами без охлаждающих систем достаточно трудно создать высококомфортные внутренние климатические условия [2, 3, 4].

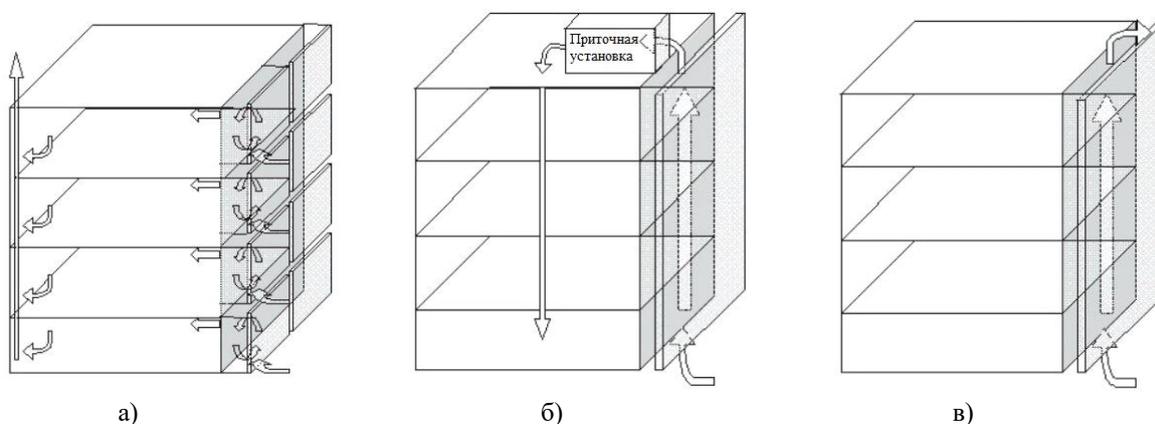


Рис. 1. Варианты использования двойных стеклянных фасадов: а) и б) в холодный период года, в) в теплый период года [2]

2. Рекуперация тепла в системе вентиляции. Это процесс частичного возврата энергии для повторного использования. Процесс утилизации тепловой энергии реализуется только в системах с общеобменной вентиляцией. В традиционных системах приточный воздух зимой проходит обработку в фильтрах и нагревается калориферами. Затем попадает в помещение для обогрева, в то время как отработанный попадает в вытяжную вентиляцию и выбрасывается на улицу вместе с затраченной на обогрев тепловой энергией.

Процесс рекуперации подразумевает нагрев холодного приточного воздуха воздухом выбрасываемым. Существуют следующие виды рекуператоров (рис. 2): пластинчатый, роторный и рекуператор с промежуточным теплоносителем.

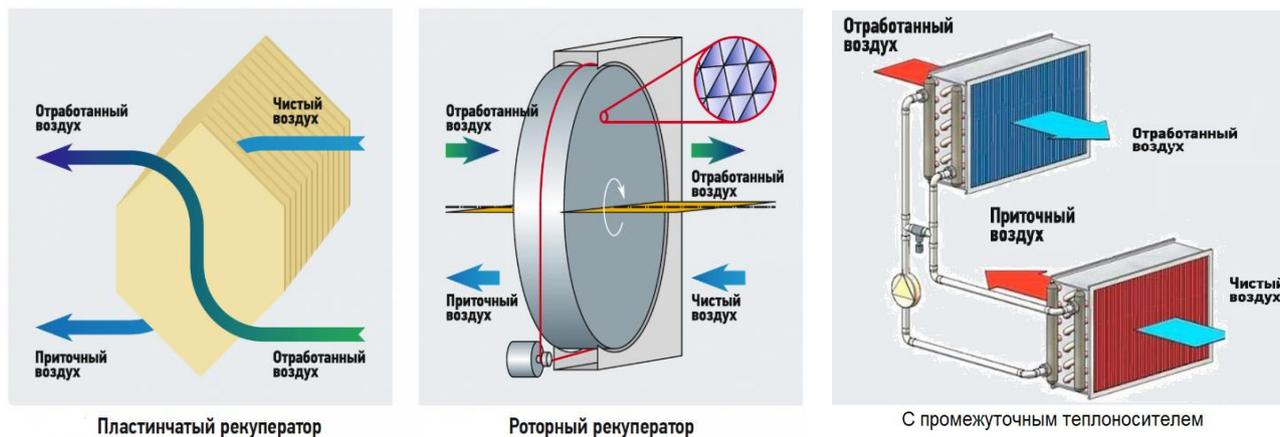


Рис. 2. Виды рекуператоров [2]

Рассмотрим третий тип подробнее. Рекуператор с гликолевым теплообменником представляет собой два калорифера, соединенных трубопроводами с циркуляционным насосом. Один из них размещен в вытяжной установке, а второй – в приточной. Для примера возьмем параметры вытяжного воздуха с температурой плюс 21 °С и приточного с температурой минус 10 °С.

Приточный воздух подогревается промежуточным теплоносителем, нагретым теплом вытяжного воздуха. Доля теплоты, которую отдает вытяжной воздух, доходит до 70 %. После рекуператора вытяжной воздух имеет температуру плюс 2–6 °С, в то время как приточный на выходе из рекуператора – от 12 до 16 °С, в результате калорифер будет нагревать воздух не с отрицательной температуры, а с плюс 12 °С. Это позволяет значительно уменьшить тепловую нагрузку на систему вентиляции здания.

Систему рекуперации можно использовать в жаркий период года в зданиях с центральным кондиционированием, что позволит экономить электроэнергию и ресурсы при работе холодильных машин [5, 6].

3. Геотермальный тепловой насос. Используется в двух вариантах: как источник теплоснабжения и как источник для системы холодоснабжения.

Тепло Земли передаётся теплоносителю, который циркулирует по трубам теплообменника, проложенным в грунте или в водоеме. Затем тепловой насос отбирает и передает это тепло по системе воздуховодов или трубопроводов к потребителю. В качестве низкопотенциального источника тепловой энергии могут быть использованы естественные ресурсы (наружный воздух, тепло грунта, тепло грунтовых и геотермальных вод, воды незамерзающих природных водоемов, источники техногенного происхождения (вентиляционные выбросы, промышленные сбросы, очистные сооружения, тепло силовых трансформаторов и любое другое бросовое тепло). Данный термодинамический цикл возможен только при потреблении электрической энергии. При этом с 1 кВт электрической энергии, затраченной на работу теплового и циркуляционных насосов, можно получить 3–5 кВт тепловой энергии.

4. Охлаждающие балки. Также их называют климатическими балками или эжекционными доводчиками. Это устройства, которые обеспечивают необходимые значения температуры в помещении (рис.3).

Холодный воздух нагнетается и перемещается по воздуховоду, установленному на охлаждающей балке, от центрального кондиционера. Воздух покидает воздуховод через форсунки, размещенные внутри балки. На выходе из форсунки возникает эффект эжекции – локального разрежения среды и подсасывания внутреннего воздуха помещения. Первоначально поток внутреннего воздуха проходит через теплообменник, в котором

происходит процесс охлаждения благодаря потоку холодной воды в охлаждающей балке. Смесь внутреннего охлажденного воздуха и холодного свежего приточного воздуха подаётся обратно в помещение [7].

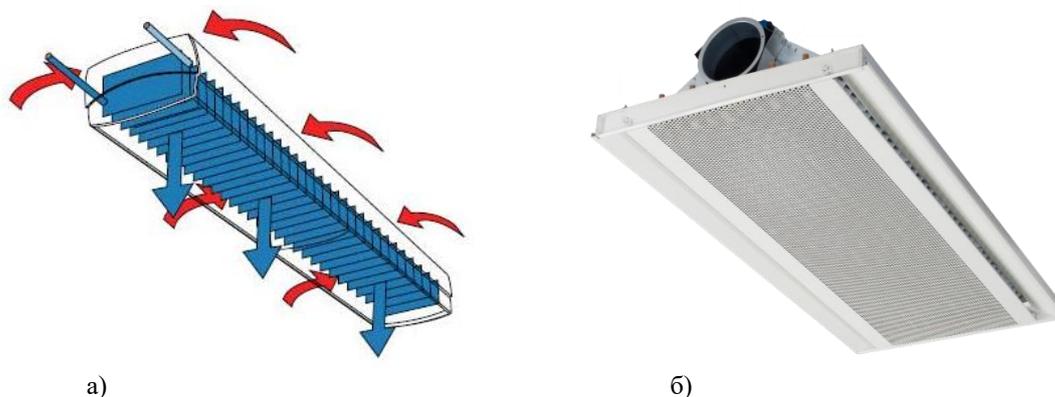


Рис. 3. Принцип действия (а) и внешний вид (б) климатической балки [3]

Все эжекционные доводчики работают без вентилятора. Движение воздуха по воздуховодам системы центрального кондиционирования осуществляется за счёт вентилятора в установке, а движение внутреннего воздуха – за счёт эжекции.

Климатические балки классифицируются на активные и пассивные, для работы которых требуется холодная вода.

Активные климатические балки выполняют две функции: подачу свежего наружного воздуха и охлаждение, т.е. вместо двух систем, отвечающих за микроклимат в помещении, устанавливается одна совмещенная.

Пассивные охлаждающие балки представляют собой теплообменники, внутри которых циркулирует холодная вода от системы холодоснабжения. В данном случае циркуляция воздуха происходит за счёт действия естественных гравитационных сил, то есть воздух, который коснулся холодной поверхности, опускается вниз, а затем теплый воздух, пришедший на его место, также охлаждается и оседает.

Для предотвращения потерь холода систем кондиционирования и холодоснабжения трубы изолируют, что позволяет достигнуть максимально низкую температуру холодоносителя.

Главное достоинство активных и пассивных климатических балок – отсутствие движущихся частей (вентиляторов), что позволяет существенно снизить затраты на электроэнергию. Явным преимуществом является отсутствие направленных потоков холодного воздуха, которые могут вызвать дискомфорт у человека. Также при применении пассивных балок снижаются энергозатраты на подготовку холодоносителя, так как для их работы требуется вода с температурой выше, чем для фанкойлов [8, 9].

5. Артезианские и грунтовые воды. Возможность использования данных источников холода зависит от температуры воды, ее химического и бактериального состава, жесткости. Значение температуры является главным показателем при решении о пригодности артезианских и грунтовых вод для применения в системах охлаждения и вентиляции, так как температура точки росы воздухоохладителя должна быть достаточно низкой.

При обычных соотношениях тепло- и влагоизбытков температура воздуха на выходе из воздухоохладителя должна быть около 15 °С, что достигается применением воды с начальной температурой 11–12 °С [2, 10].

Незначительное повышение начальной температуры воды способствует значительному повышению влажности в помещении. Это относится главным образом к помещениям с большими влаговыведениями (театры, кинотеатры, залы заседаний, торговые

залы ресторанов и т.п.). Вода, которая контактирует с воздухом в воздухоохладителе форсуночной камеры, должна быть питьевого качества. Например, высокое содержание железа в воде приведет к засорению трубопроводов и распылительных форсунок.

6. Бак-аккумулятор холода. Это устройство, схожее по принципу работы с баком аккумулятором теплоты. Оно выполняет функцию хранения жидкости заданной температуры в системах охлаждения и/или вентиляции. Холодоаккумуляторы способны хранить жидкость при температурах от минус 40 до минус 90 °С.

Бак-аккумулятор холодоснабжения позволяет организовать корректную работу чиллеров, при этом создает определенный запас в качестве накопительного элемента. Бак-аккумулятор дает такие преимущества работ системы, как уменьшение мощности холодильного оборудования на 30–50 % за счет оптимального подбора холодоаккумулятора, получение экономической выгоды благодаря уменьшению расходов на покупку и ремонт оборудования и снижению энергопотребления. Применение аккумуляторного бака в системах холодоснабжения позволяет продлить эксплуатационный срок холодильных установок за счет уменьшения числа запусков компрессора [11, 12].

7. Абсорбционный чиллер. Он может стать самым оптимальным вариантом машины, охлаждающей теплоноситель, для тех предприятий, на которых сложно организовать качественную систему кондиционирования из-за дефицита электроэнергии или слишком больших затрат на электроснабжение (рис.4, 5).

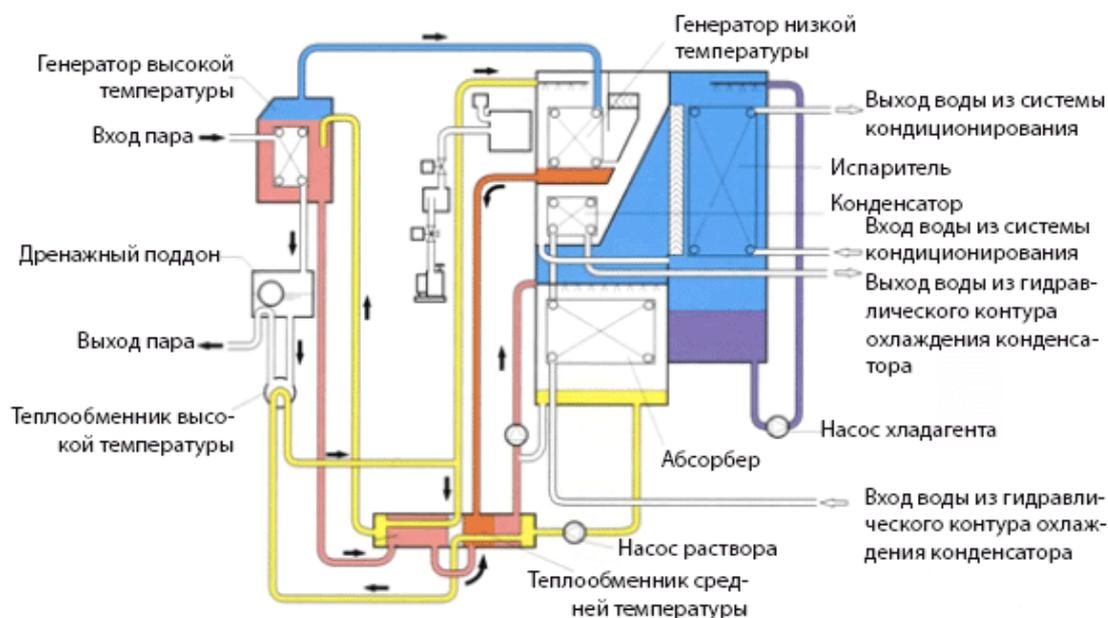


Рис. 4. Схема абсорбционного чиллера двойного действия [3]

Для его работы не требуется электричество, он использует тепловую энергию горячей воды или перегретого пара. Существует большое количество моделей, работающих на природном газе, дизельном топливе, керосине и альтернативных источниках тепла.

Такие холодильные установки используются в системах центрального кондиционирования зданий жилого, общественного и производственного назначения, в которых монтаж оборудования позволяет добиться существенной экономии в процессе эксплуатации оборудования. Эти мощные и производительные агрегаты особенно актуальны там, где имеется большое количество «бросового» тепла, которое послужит бесплатным сырьем для выработки холода: электростанции, котельные центральных тепловых сетей, заводы и фабрики, мусоросжигающие установки и т.д.

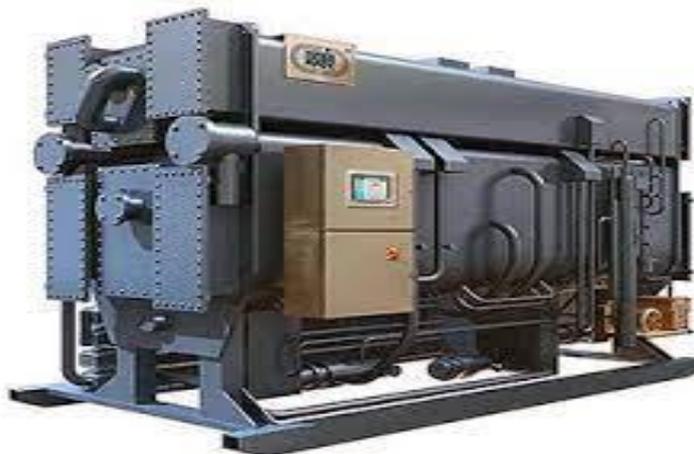


Рис. 5. Внешний вид абсорбционного чиллера двойного действия [3]

Основным достоинством, которым обладают охладители абсорбционного типа, является их низкое энергопотребление. Они требуют в 45 раз меньше электричества, чем устройства с воздушным охлаждением. Следовательно, охладители абсорбционного типа значительно экономят энергоресурсы в период пиковых нагрузок, имеют стабильно высокий коэффициент полезного действия. Важно отметить, что охладители позволяют использовать электрогенераторы меньшей мощности, чем обычное холодильное оборудование. Вариативность использования тепловых источников обеспечивает возможность отдавать предпочтение экономически целесообразному варианту. Надежность обеспечивается за счет отсутствия подвижных частей, благодаря чему срок эксплуатации достигает 20–30 лет. Хладагент в виде воды является экологически безопасным источником.

Важной особенностью абсорбционных чиллеров является отсутствие компрессора. Его основные рабочие узлы: конденсатор, абсорбер, испаритель и генератор. В генераторе под воздействием тепла из адсорбирующего раствора бромида лития образуются пары, которые перенаправляются в конденсатор. Там эти пары переходят из газообразного в жидкое состояние, отдавая тепло хладагенту (охлаждающей воде или гликолевому раствору).

Нагретый хладагент поступает в испаритель, где происходит дальнейший процесс испарения. Раствор абсорбента из генератора перемещается в абсорбер и впитывает в себя образовавшиеся водяные пары, после чего снова подается на генератор. На этом один цикл охлаждения завершается и начинается следующий.

8. Эффективность систем. Применение любой из рассмотренных систем экономит энергетические ресурсы, снижая при этом экологическую нагрузку от эксплуатируемого здания. Например, применение систем рекуперации в вентиляции приводит к уменьшению расхода тепловой энергии на 65–70 %. Климатические балки позволяют сэкономить энергию до 10 % благодаря тому, что чиллер охлаждает воду до 15 °С. Использование холода грунтовых вод снижает расходы на электричество на 75 % по сравнению с традиционной системой кондиционирования. Аккумуляторы холода экономят подводимое электричество за счет уменьшения установочной мощности оборудования.

Экономическая эффективность этих систем прямо пропорциональна капитальным затратам. Изучив источники литературы, а также электронные ресурсы [3, 13], был построен график капитальных затрат на строительство «зеленых» систем. На рисунке 6 представлена наглядно стоимость систем энергосбережения и их название, на рисунке 7 – срок окупаемости данных систем.

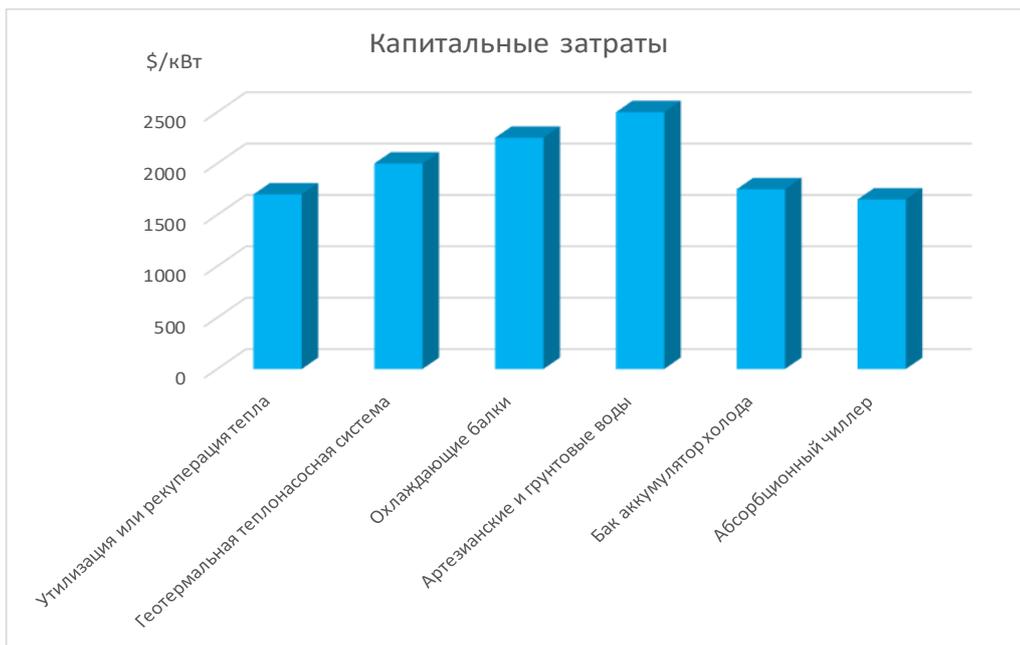


Рис. 6. Капитальные затраты на строительство «зеленых» систем

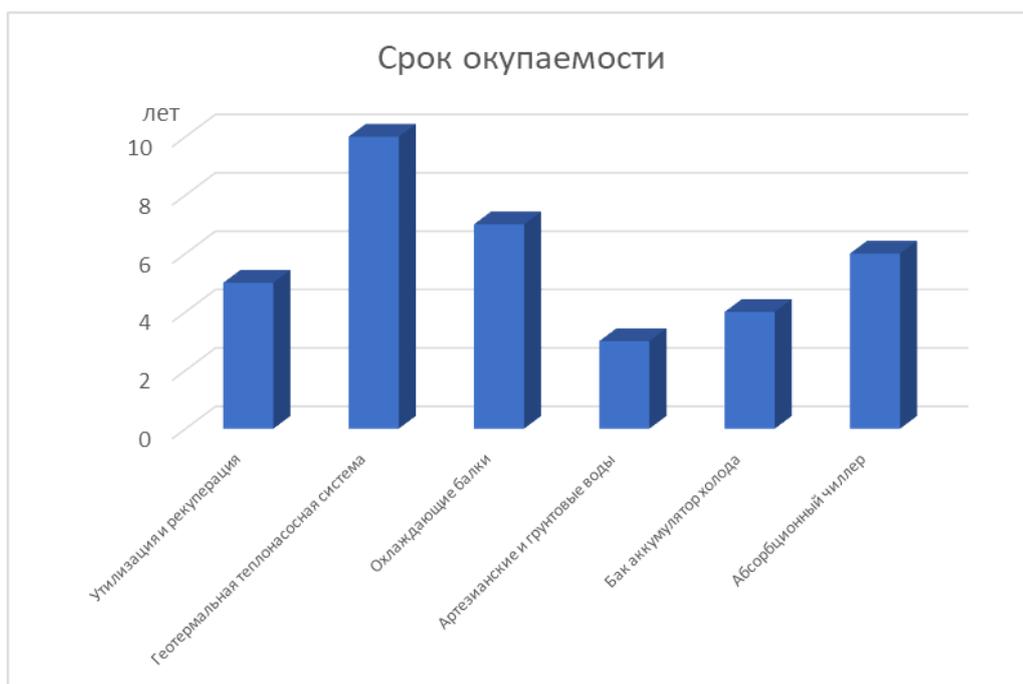


Рис. 7. Срок окупаемости «зеленых» систем

Выводы. В работе рассмотрены энергосберегающие инженерные решения, применяемые в системах вентиляции и кондиционирования, которые часто реализуются в «зеленом» строительстве. Каждая из представленных систем имеет свои технические преимущества и недостатки, свою экономическую и энергетическую эффективность.

Анализ полученных графиков показал, что применение артезианских и грунтовых вод является самой затратной из рассматриваемых систем, в то время как абсорбционный чиллер требует наименьшее количество капитальных затрат. Самый продолжительный срок

окупаемости наблюдается у геотермальных насосных установок, а минимальный – у систем, использующих грунтовые воды. Следует отметить, что для аккумуляторов холода при условии уменьшения количества подводимого электричества, система кондиционирования будет стоить как традиционная.

В случае, если застройщик возводит общественное здание с целью продажи, а не аренды, то он совсем не заинтересован в снижении энергопотребления зданием. Для застройщика выгоднее применение систем с минимальными капитальными затратами, для заказчика или инвестора важно сравнение систем по всем показателям: капитальным и эксплуатационным затратам и сроку окупаемости.

Экологическое неблагополучие крупных городов является глобальной проблемой, поэтому популярность и доступность «зелёных» технологий будет увеличиваться. Для увеличения доли экологических зданий в нашей стране необходимо увеличение доли господдержки «зеленого» строительства.

Библиографический список

1. Высотные здания. Особенности архитектурного проектирования: учеб. пособие / Р.Н. Пулавцев Р.Н. [и др.]. Воронежский государственный технический университет, 2021. 289 с.
2. Особенности современного проектирования систем отопления, вентиляции, кондиционирования воздуха общественных, многоэтажных и высотных зданий: учеб. пособие / А.Н. Вислогубов [и др.]. Воронежский государственный технический университет, 2016. 233 с.
3. Рейтинг «зеленых» технологий России [Электронный ресурс]. URL: <https://ardexpert.ru/article/8255> (дата обращения: 10.04.2022).
4. Финский опыт применения солнечной энергетики в жилищном строительстве / М.А. Долбилова, Д.О. Бугаевский, А.А. Михайлов, А.Р. Макаров // Градостроительство. Инфраструктура. Коммуникации. 2020. № 1 (18). С. 34–38.
5. Плаксина Е.В. Характерные особенности систем обеспечения параметров микроклимата в спортивно - оздоровительных помещениях // Научный журнал. Инженерные системы и сооружения. 2014. № 4 (17). С. 43–48.
6. Математическое моделирование потоков воздуха в помещении при организации вытесняющей вентиляции / С.В. Чуйкин, С.Г. Тульская, К.А. Скляр, Е.О. Благовестная // Градостроительство. Инфраструктура. Коммуникации. 2017. № 2 (7). С. 15–20.
7. Энергосберегающие мероприятия в многоквартирных жилых домах / Д.М. Чудинов, Т.В. Щукина, Н.А. Петрикеева, Н.М. Попова // Высокие технологии в строительном комплексе. 2019. № 1. С. 32–36.
8. Реконструкция инженерного оборудования жилых зданий / О.А. Сотникова, Д.М. Чудинов, Н.А. Петрикеева, Н.М. Попова // Научно-технические проблемы совершенствования и развития систем газоснабжения. 2018. № 1. С. 216–223.
9. Гладышева Т.Ю., Петрикеева Н.А. Основные направления реконструкции инженерных систем зданий и сооружений // Научный журнал. Инженерные системы и сооружения. 2016. № 2 (23). С. 14–21.
10. Кузнецов С.Н., Петрикеева Н.А. Экологическая безопасность воздушной среды помещений с выделением вредных веществ различной плотности // Научный вестник воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Строительство и архитектура. 2013. №1 (29). С. 82–90.
11. Формирование и развитие инновационной инфраструктуры в целях коммерциализации технических проектов / Е.В. Шкарупета, О.А. Попова, О.Г. Шальнев, Н.В. Колосова // Энергетическое управление муниципальными объектами и устойчивые энергетические технологии: сборник трудов по материалам XXI Международной научной конференции. Воронеж, 2020. С. 52–56.
12. Лапшина К.Н., Сотникова О.А. Разработка и обоснование применения экспертной системы для проектирования зданий с учетом стандартов «Зеленого строительства» // В сборнике: Современные системы искусственного интеллекта и их приложения в науке: материалы II Всероссийской научной Интернет-конференции с международным участием. 2014. С. 58–66.
13. Системный подход к повышению эксплуатационного качества промышленных и гражданских зданий / В.Я. Мищенко, Ю.Д. Сергеев, Р.Ю. Мясичев, О.А. Сотникова // Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. 2015. № 4 (40). С. 49–57.

Для цитирования: Применение зеленых технологий в системах вентиляции и кондиционирования / А.А. Бакаева, М.Г. Барков, Д.В. Максимов, М.А. Долбилова // Градостроительство. Инфраструктура. Коммуникации. 2022. № 2 (27). С. 13–20.

УДК 697.3

СРАВНЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕПЛООВОГО НАСОСА И ГАЗОВОГО КОТЛА ДЛЯ ОТОПЛЕНИЯ ЖИЛОГО ЗДАНИЯ

М. К. Агафонов, К. Е. Алексеев, Г. А. Кузнецова

Воронежский государственный технический университет

М. К. Агафонов, студент кафедры теплогазоснабжение и нефтегазового дела

Россия, г. Воронеж, тел: +7 (951)551-84-95, e-mail: maximttm1@mail.ru

К. Е. Алексеев, студент кафедры теплогазоснабжение и нефтегазового дела

Россия, г. Воронеж, тел: +7 (980)340-78-03, e-mail: u00111@vgasu.vrn.ru

Г. А. Кузнецова, канд. тех. наук, доц. кафедры теплогазоснабжение и нефтегазового дела

Россия, г. Воронеж, тел.: +7 (473)271-53-21, e-mail: ga_kuzn@mail.ru

Постановка задачи. Представлено описание технологического цикла работы теплового насоса и рассмотрены основные типы исполнения тепловых установок. Рассмотрен физический смысл теплового потока, и определены основные теплотери в жилом здании. Дан сравнительный анализ теплового и газового отопления жилого здания.

Результаты. Произведен расчет теплотерь с помощью программы «Valtec». Подобраны элементы газового и альтернативного отопления. Вычислены капитальные и эксплуатационные затраты теплового насоса и газового оборудования. Определен потенциал улучшения отопления с помощью теплового насоса.

Выводы. Получено, что эксплуатационные затраты при использовании теплового насоса меньше, чем при использовании природного газа. Это достигается за счет высокого теплового коэффициента, т.е. мы получаем в 4,4 раза больше тепловой энергии, чем тепловой насос потребляет электроэнергии. Так как эксплуатационные расходы теплового насоса оказались ниже, чем расходы на эксплуатацию газового оборудования, то проведен расчет срока окупаемости теплового насоса.

Ключевые слова: тепловой насос, тепловой поток, расчет теплотерь, термическое сопротивление.

Введение. Холодильный агрегат обычно используется для охлаждения определенного объема, но если взглянуть с другой стороны, то можно осуществить обратный процесс. Конденсатор предназначен для отвода тепла в окружающую среду, но это тепло мы можем отводить в помещение для повышения температурного режима в нём. Следовательно, мы можем реализовать так называемый цикл теплового насоса. В таком цикле, например, для системы отопления дома тепло отбирается от неисчерпаемых, постоянно обновляемых ресурсов (грунтовые воды, грунт, воздух).

1. Принцип работы теплового насоса. Принцип действия теплового насоса основан на способности хладагента поглощать или отдавать тепло при изменении агрегатного состояния. По большей части, тепловые насосы практически ничем не отличаются от обычного холодильного цикла. Понять смысл работы такого насоса можно дотронувшись до конденсатора, который находится на задней стенке бытового холодильника.

Схему теплового насоса, можно разделить на три контура. Первый контур обычно заполняется теплоносителем, за счет которого и отбирается энергия от низкотемпературного источника. Второй контур заправляется хладагентом, который циркулирует по контуру. Он испаряется, когда отбирает тепло у первого контура и конденсируется, когда отдает тепло третьему контуру.

Третий контур, в котором обычно в качестве теплоприемника используется вода, принимает тепло от второго контура и разносит его по всей системе отопления.

2. Рабочий цикл. Рабочий цикл теплового насоса можно представить следующим. Хладагент в жидком состоянии входит в испаритель, где он испаряется и нагревается на несколько градусов, при этом отбирая тепло у теплоносителя в первом контуре. Затем хладагент поступает на всасывание в компрессор, где сжимается до определенного давления и, соответственно, перегревается до достаточно высоких температур. Например, на линии всасывания хладагент имеет температуру 5–10 °С, а в нагнетательном трубопроводе уже около 70–80 °С. После этого сжатый перегретый газ хладагента поступает в конденсатор, где отдает тепло уже в систему отопления и сам при этом охлаждается. Следом хладагент проходит через дроссельный клапан, где происходит процесс расширения и соответственно наблюдается снижение температуры. После чего цикл повторяется заново (рис.1).

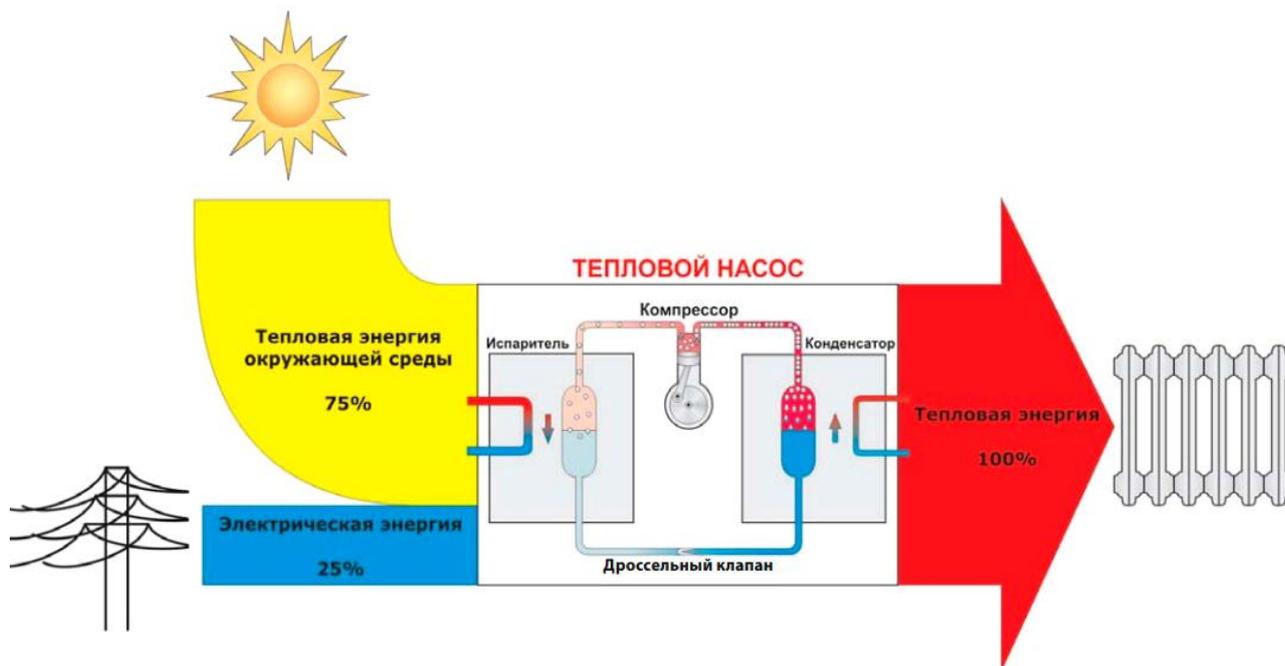


Рис. 1. Схема работы теплового насоса [1]

3. Разновидности тепловых насосов и систем. Энергия, которая расходуется на отопление дома, а также для нагрева воды, является результатом переноса тепла с помощью теплового насоса. Насос за счет теплообменного оборудования способен отбирать у природных ресурсов достаточно большое количество тепловой энергии [1].

Исходя из конструкции первого контура все тепловые насосы делят на грунтовые, водные и воздушные. Грунт обеспечивает грунтовые тепловые насосы необходимым количеством тепла для подогрева хладагента в испарителе. На глубине нескольких метров температура грунта практически не подвержена сезонным колебаниям. По таким системам обычно протекает «рассол». Рассол в нашем случае соли в себе не содержит.

Трубы теплообменного аппарата могут быть уложены в грунте как горизонтальным, так и вертикальным способом (рис.2). Для размещения в вертикальном положении теплообменника не требуется большого земельного участка, в этом случае просто бурят скважины где удобно.

Далее используется новый термин – «коэффициент эффективности». Было бы неправильно не пояснить, что это такое, тем более что это важная характеристика тепловых

насосов, позволяющая сравнивать насосы разных типов между собой и другим оборудованием для отопления. Коэффициент эффективности (называемый также коэффициентом трансформации) – это отношение выработанной насосом тепловой энергии к потребленной им электрической. По сути это коэффициент полезного действия теплового насоса. В случае водяных теплонасосов этот коэффициент равен 5 вне зависимости от времени года. Это означает, что при потреблении 1 кВт·ч электроэнергии установка вырабатывает 5 кВт·ч тепловой энергии. У грунтовых насосов величина коэффициента эффективности чуть ниже – от 4 до 4,5.

И, наконец, самым маленьким коэффициентом характеризуются воздушные тепловые насосы, при этом их эффективность сильно зависит от температуры окружающего воздуха: при 0 °С величина коэффициента равна приблизительно 3,5, а при минус 20 °С он уже не превышает 1,5 (при такой низкой эффективности насос попросту не окупится и имеет смысл подумать о приобретении более дешевого климатического оборудования, например, электрического котла) [2].



Рис. 2. Геотермальный зонд [1]

4. Понятие теплопроводности. Способность того или иного материала передавать тепло называется теплопроводностью. В общем случае она всегда выше, чем больше плотность вещества и чем лучше его структура приспособлена для передачи кинетических колебаний.

Величиной, обратно пропорциональной тепловой проводимости, является термическое сопротивление. У каждого материала это свойство принимает уникальные значения в зависимости от структуры, формы, а также ряда прочих факторов. Например, эффективность передачи тепла в толще материалов и в зоне их контакта с другими средами могут отличаться, особенно если между материалами есть хотя бы минимальная прослойка вещества в другом агрегатном состоянии [3].

В контексте расчёта теплотерь термическое сопротивление играет определяющую роль. Любая ограждающая конструкция может быть представлена как плоскопараллельная преграда на пути теплового потока. Её общее термическое сопротивление складывается из сопротивлений каждого слоя, при этом все перегородки складываются в пространственную

конструкцию, являющуюся, собственно, зданием. Термическое сопротивление рассчитывается:

$$R_t = \frac{l}{\lambda \cdot S} \quad (1)$$

где R_t – термическое сопротивление конструкции, К/Вт; l – толщина конструкции, м; λ – коэффициент теплопроводности материала конструкции, Вт/(м·К); S – площадь конструкции, м².

5. Дифференцированные схемы расчёта. Простейший способ установить размер тепловых потерь здания – суммировать значения теплового потока через конструкции, которыми это здание образовано. Такая методика полностью учитывает разницу в структуре различных материалов, а также специфику теплового потока сквозь них и в узлах примыкания одной плоскости к другой. Такой дихотомический подход сильно упрощает задачу, ведь разные ограждающие конструкции могут существенно отличаться в устройстве систем теплозащиты. Соответственно, при раздельном исследовании определить сумму теплопотерь проще, ведь для этого предусмотрены различные способы вычислений [4].

Для стен потери теплоты количественно равны общей площади, умноженной на отношение разницы температур к теплому сопротивлению. При этом обязательно берётся во внимание ориентация стен по сторонам света для учёта их нагрева в дневное время, а также продуваемость строительных конструкций.

Для перекрытий методика та же, но при этом учитывается наличие чердачного помещения и режим его эксплуатации. Теплопотери через пол рассчитывают зонально, описывая пояса по периметру здания. Связано это с тем, что температура грунта под полом в центре здания выше по сравнению с фундаментной частью.

Тепловой поток через остекление определяется паспортными данными окон, типом примыкания окон к стенам и глубиной откосов.

Основное уравнение теплового потока [5]:

$$Q = S \cdot \left(\frac{\Delta t}{R} \right), \quad (2)$$

где Q – тепловые потери, Вт; S – площадь стен (поверхности), м²; Δt – разница температур внутри и снаружи помещения (или слоя), °С; R – сопротивление теплопередаче конструкции (слоя), (м² · °С)/Вт.

Для многослойной стенки это представлено суммой тепловых потоков каждого слоя:

$$Q_1 = S \cdot \left(\frac{t_1 - t_2}{R_1} \right), \quad (3)$$

$$Q_2 = S \cdot \left(\frac{t_2 - t_3}{R_2} \right), \quad (4)$$

$$Q_n = S \cdot \left(\frac{t_n - t_{n+1}}{R_n} \right). \quad (5)$$

где Q_i – тепловые потери каждого слоя, Вт; n – количество слоев в конструкции, шт.

Температура в каждом из последующих слоев будет отличаться тем сильнее, чем больше его термическое сопротивление. Таким образом, чтобы сохранить определенную температуру в объеме, нам необходимо изолировать его от внешнего воздействия за счет материала с низким коэффициентом теплопроводности. В нашем случае это минеральная вата.

Для расчета теплотерь использовалась программа «Valtec», которая работает по вышеописанному принципу. Для расчета был выбран жилой двухэтажный дом с цокольным этажом, его общая площадь составляет 183 м². Наружная стена состоит из газобетона толщиной 250 мм, слоя минеральной ваты марки «Роквул» толщиной 100 мм и штукатурки толщиной 10 мм. В итоге получаем общее значение теплотерь в размере 10600 Вт. Чтобы учесть работу установки в максимально неблагоприятных условиях, принимаем запас мощности, равный 5 % [4]. Так как мы будем сравнивать две установки, то мощность газового котла должна быть равна мощности теплового насоса.

6. Расчет капитальных затрат. Для начала рассмотрим стоимость установки, использующей цикл теплового насоса (ТН). Для этого обратимся к каталогу, приведенному в таблицах 1 и 2.

Таблица 1

Каталог тепловых насосов компании «PhsEnergy»

Модель	Цена ТН с НДС, руб.	Площадь дома, м ²	Тепловая мощность в режиме В0/W50, кВт	Тепловая мощность в режиме В0/W50, кВт	Тепловая мощность в режиме W35/W50, кВт	Коэффициент мощности, COP
Smart 7	414569	90-150	7-10,6	6-9,1	1,3-2,9	5,4-3,2
Smart 10	436528	110-190	9,3-13,5	8,4-12,7	1,6-3,5	5,3-3,5
Smart 13	460981	160-240	11,8-17,8	11,2-16,9	2,3-5	5,2-3,3
Smart 16	480917	210-290	14,4-21,7	13,4-20,2	2,8-5,9	5,4-3,4
Smart 20	551208	260-350	17,6-24,5	14-23,3	3,5-7,5	4,6-3,3
Smart 25	617338	300-600	19,5-32,5	18,8-31,3	4,4-9,7	4,4-3,3

Таблица 2

Каталог тепловых насосов компании «PhsEnergy»

Модель	Метраж бурения, м	Стоимость бурения, руб.	Колодец с коллектором, руб.	Теплотрасса 5 м п., руб.	Стандартный монтаж ТН, руб.	Итоговая цена, руб.
Smart 7	200	240000	41800	10000	68423	774792
Smart 10	250	300000	46600		71783	864911
Smart 13	330	396000	51400		77159	995540
Smart 16	400	480000	56200		81863	1108980
Smart 20	500	600000	63400		100023	1324631
Smart 25	650	780000	75400		110103	1592841

По каталогу выбрана модель «Smart 10». В итоге капитальные затраты на монтаж системы отопления с помощью теплового насоса «под ключ» составляют 864911 рублей. Проект, подключение газопровода и монтаж газового оборудования за исключением

стоимости котла, составляют для Воронежской области в среднем 178000 рублей. В качестве котла выбран двухконтурный котел «Гепард 12 MTV 12 кВт», стоимость которого составляет 56086 рублей. Расчет проводился в ценах 2021 года. Капитальные затраты на устройство газового отопления составили 234086 руб. Сравнивая полученные величины, видно, что капитальные затраты на тепловой насос превышают затраты на газовое оборудование почти в 4 раза.

Сравним эксплуатационные расходы двух систем отопления. Начнем с системы отопления, которая работает от теплового насоса. Тепловой коэффициент примем равным 4,4 [3]. В результате ежедневные расходы на отопление составят 171,8 рублей, а ежедневные расходы на отопление, работающее на газовом оборудовании, составят 243,18 рублей [5].

Получаем, что эксплуатационные затраты при использовании теплового насоса меньше, чем при использовании природного газа. Это достигается за счет высокого теплового коэффициента, т.е. мы получаем в 4,4 раза больше тепловой энергии, чем тепловой насос потребляет электроэнергии.

Так как эксплуатационные расходы теплового насоса оказались ниже, чем расходы на эксплуатацию газового оборудования, то имеет смысл проверить срок окупаемости теплового насоса. Разница в капитальных затратах составляет 630825 рублей, а разница в эксплуатационных затратах 71,38 рублей. Также необходимо учесть продолжительность отопительного периода в Воронежской области, который длится 190 дней. В итоге тепловой насос при данных параметрах окупает себя через 46 лет.

Выводы. Изучены типы тепловых насосов, разобраны их преимущества и недостатки относительно друг друга в климатической зоне города Воронежа. Произведен расчет теплопотерь с учетом всех факторов: расположения дома относительно сторон света; инфильтрации; назначения помещений; теплового разделения пола на зоны; наличия стеклопакетов различных типоразмеров. В итоге, так как расчет был произведен для самого неблагоприятного исхода, тепловой насос окупит себя через 46 лет. Это слишком много времени, отсюда сделан вывод, что использование теплового насоса в системе отопления пока крайне невыгодно, так как срок его службы 25 лет.

Однако необходимо учесть, что тепловые насосы по сравнению с газовым отоплением экологически чистые источники тепла. Также они не взрывопожароопасные, нет нужды устанавливать счетчики и проводить их поверки. С техническим развитием теплообменной техники, а также компрессоров, мы сможем наблюдать, что газовое отопление будет потихоньку исчезать из наших домов.

Библиографический список

1. Снижение энергозатрат на охлаждение природного газа в АВО КС / О.Е. Аксютин, А.А. Пятибрат, С.В. Кубаров, А.К. Прохонов // Газовая промышленность. 2009. № 2. С. 74–76.
2. Черных Е.М., Китаев Д.Н. Математическая модель конвективного теплопереноса при зарядке теплового аккумулятора // Вестник воронежского государственного технического университета. 2007. №6. С. 124–128.
3. Определение затрат на эксплуатацию системы охлаждения газа при оптимальном режиме работы / С.Ю. Вобленко, И.И. Бредихин, Д.С. Забродин, Д.Ю. Агапов // Градостроительство. Инфраструктура. Коммуникации. 2021. № 2 (23). С. 44–47.
4. Энергосберегающие мероприятия в многоквартирных жилых домах / Д.М. Чудинов, Т.В. Щукина, Н.А. Петрикеева, Н.М. Попова // Высокие технологии в строительном комплексе. 2019. № 1. С. 32–36.
5. Мелькумов В.Н., Китаев Д.Н. Математическая модель конвективного теплообмена при зарядке теплового аккумулятора системы теплоснабжения / // Научный журнал строительства и архитектуры. 2017. № 1 (45). С. 40–49.

Для цитирования: Агафонов М.К., Алексеев К.Е., Кузнецова Г.А. Сравнение эффективности использования теплового насоса и газового котла для отопления жилого здания // Градостроительство. Инфраструктура. Коммуникации. 2022. № 2 (27). С. 21–26.

УДК 620.19

ВНУТРЕННЯЯ КОРРОЗИЯ РАДИАТОРОВ ОТОПЛЕНИЯ И СПОСОБЫ БОРЬБЫ С НЕЙ

З. С. Гасанов, Д. А. Кучин, А. В. Панин

Воронежский государственный технический университет

З. С. Гасанов, канд. техн. наук, доц. кафедры теплогазоснабжения и нефтегазового дела

Россия, г. Воронеж, тел.: +7(473)271-53-21, e-mail: zgasanov@cchgeu.ru

Д. А. Кучин, студент кафедры теплогазоснабжения и нефтегазового дела

Россия, г. Воронеж, тел.: +7(473)271-53-21, e-mail: tawervn@gmail.com

А. В. Панин, канд. техн. наук, доц. кафедры теплогазоснабжения и нефтегазового дела

Россия, г. Воронеж, тел.: +7(473)271-53-21, e-mail: panin@vgasu.vrn.ru

Постановка задачи. В современных реалиях актуален вопрос о защите отопительного оборудования от коррозии. Также для создания качественной и долговечной системы отопления, необходимо иметь представление об особенностях и типах отопительных радиаторов.

Результаты. Рассмотрены различные типы отопительных приборов, произведен анализ их плюсов и минусов в тех или иных условиях эксплуатации. Изучены современные методы борьбы с внутренней коррозией радиаторов отопления.

Выводы. В помещениях с центральным отоплением самая неблагоприятная среда для отопительных радиаторов. Зачастую там используется некачественный теплоноситель, а потребитель не имеет возможности влиять на его качество. Поэтому необходимо устанавливать наиболее коррозионно-устойчивые приборы отопления для избежания протечек и аварий.

Ключевые слова: отопительные приборы, радиатор, коррозия, деаэрация, теплоноситель, надежность.

Введение. Коррозия приборов отопления – это разрушение стенок радиатора, вызванное постоянным воздействием теплоносителя (часто некачественного) на металл. Кроме сокращения сроков эксплуатации системы, она приводит к росту затрат на обслуживание и к снижению ее эффективности и надежности. Рано или поздно с проблемой коррозии сталкиваются практически все отопительные системы. Их стенки на поврежденных участках истончаются, а внутренняя часть забивается продуктами коррозии, накипью и прочими отложениями [1, 2].

В данной статье мы рассмотрим и сравним виды отопительных радиаторов, выделим плюсы и минусы использования приборов из тех или иных материалов. Также разберемся, какие существуют показатели оценки коррозионной стойкости металлов, выделим факторы, влияющие на образование коррозии, и обратим внимание на способы защиты отопительных систем и радиаторов от коррозионного воздействия.

1. Коррозионная стойкость металлов. Показатели оценки скорости коррозии. Коррозионная стойкость – способность металла оказывать сопротивление коррозионному воздействию среды. Сделать выводы о стойкости того или иного металла можно по показателям оценки коррозионной стойкости металлов [3, 4]. Рассмотрим некоторые из них.

Массовый показатель:

$$K_{\text{масс}} = \frac{\Delta m}{St}, \quad (1)$$

где Δm – изменение массы металла при коррозии, г; S – единица поверхности, мм²; t – единица времени, год.

Временной показатель:

$$P = K_{\text{масс}} \frac{8760}{1000\rho}, \tag{2}$$

где ρ – плотность металла, г/см³; 8760 – количество часов в году.

На основе этих и многих других показателей определяется срок службы, долговечность и надежность используемых металлоконструкций и металлических изделий.

2. Виды отопительных радиаторов. Отопительные приборы в процессе эксплуатации находятся под воздействием вредных факторов, в результате которых прибор может лопнуть, подвергнуться коррозии и недостаточно обогреть помещение. Для долгой службы необходимо правильно выбрать качественный отопительный прибор [5].

При выборе радиатора необходимо учитывать следующие особенности работы центрального отопления:

- перепад температуры теплоносителя;
- наличие в воде ржавчины, мусора, соли, извести и нежелательных компонентов;
- снижение температуры воды при циркулировании в системе (обратка);
- перепады давления;
- возникновение гидроударов;
- слив воды из системы отопления.

В зависимости от материала изготовления радиаторы подразделяют на пять видов:

1. Чугунные радиаторы (рис. 1). Преимущества и недостатки приведены в таблице 1.



Рис. 1. Чугунный радиатор [1]

Таблица 1

Преимущества и недостатки чугунных радиаторов

Преимущества	Недостатки
Хорошая теплопроводность	Большой вес Для крепления к стене необходимы громоздкие кронштейны
Выдерживают гидроудары до 16 бар	
Можно подключать любыми трубами	
Высокоустойчивы к коррозии и агрессивным веществам в воде	
Возможность добавлять секции	
Простота монтажа	
Доступная цена	

2. **Алюминиевые радиаторы** (рис. 2). Данный тип радиаторов рекомендуется использовать при автономном отоплении. Также для монтажа лучше использовать трубы из полипропилена [6, 7]. Преимущества и недостатки приведены в таблице 2.

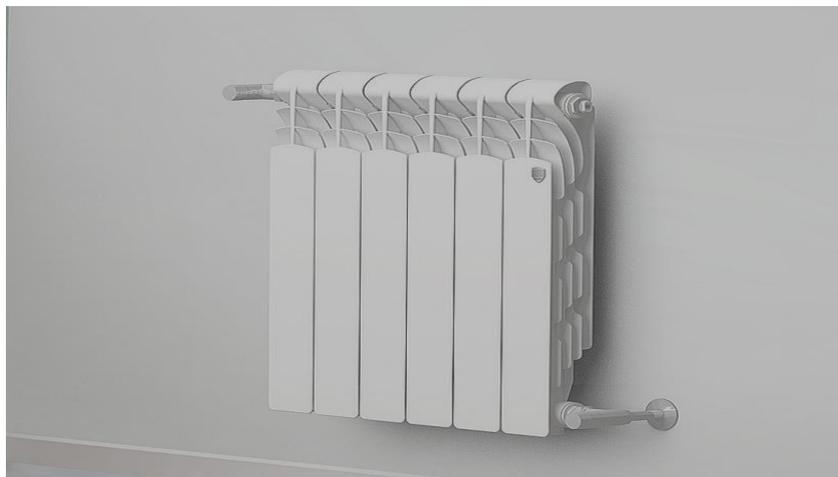


Рис. 2. Алюминиевый радиатор [1]

Таблица 2

Преимущества и недостатки алюминиевых радиаторов

Преимущества	Недостатки
Высокая теплоотдача	Высокие требования к кислотности и жесткости воды в системе
Компактные размеры и небольшой вес	Образование коррозии при контакте с трубами и арматурой из меди, стали или латуни
Простота монтажа	Выдерживают температуру 70–80 градусов
	Низкая устойчивость к перепадам давления и гидроударам

3. **Стальные радиаторы**. Батареи из стали бывают как панельные (рис. 3), так и трубчатые (рис. 4). Преимущества и недостатки приведены в таблицах 3 и 4.



Рис. 3. Панельный радиатор [1]

Таблица 3

Преимущества и недостатки панельных стальных радиаторов

Преимущества	Недостатки
Быстрый нагрев батареи и хорошая теплоотдача	Большой расход электроэнергии в условиях автономной системы отопления. Радиатор вмещает мало воды, и поэтому котлу нужно часто включаться
Обработка поверхности эмалью, защищающей от различных поражений	Не выдерживают гидроудары
Большой выбор размеров и конвективных решеток	Чувствительны к уровню жесткости воды
Выдерживают высокую температуру в 100–110 градусов	Могут иметь большие габариты



Рис. 4. Трубчатый радиатор [1]

Таблица 4

Преимущества и недостатки трубчатых стальных радиаторов

Преимущества	Недостатки
Плотность сварки между секциями исключает возможность протечек	Невозможно добавить дополнительные секции
Устойчивость к агрессивному воздействию агрессивных веществ в теплоносителе	Невысокое рабочее давление 8–10 бар
Разнообразие форм и размеров	Средняя степень теплоотдачи
	Высокая стоимость

4. Биметаллические радиаторы (рис. 5). Данный вид радиаторов является лучшим решением для домов с центральным отоплением. Могут представлять собой как монолитную, так и секционную конструкцию [8]. Преимущества и недостатки приведены в таблице 5.



Рис. 5. Биметаллический радиатор [1]

Таблица 5

Преимущества и недостатки биметаллических радиаторов

Преимущества	Недостатки
Компактные размеры и небольшой вес	Высокая стоимость. Невыгодно использовать в частных домах с автономной системой отопления.
Использование любого теплоносителя	
Высокая теплоотдача	
Прочность	При покупке сложно внешне отличить от алюминиевых или полубиметаллических радиаторов
Выдерживают гидроудары	
Устойчивость к коррозии	

5. Медные радиаторы (рис. 6). Преимущества и недостатки приведены в таблице 6.



Рис. 6. Медный радиатор [1]

Преимущества и недостатки медных радиаторов

Преимущества	Недостатки
Лидер по отдаче тепла среди других материалов	Самые дорогие на рынке
Не подвергается коррозии	При монтаже необходимо использовать латунные фитинги
Срок службы – до 50 лет	
Выдерживают температуру до 150 градусов	
Устойчивы к гидроударам	
Выдерживают давление 40 – 50 бар	
Материал останавливает размножение бактерий на поверхности	

3. Факторы, вызывающие и ускоряющие процесс коррозии. Рассмотрим некоторые.

Температура. С повышением температуры скорость коррозии увеличивается, так как возрастают скорость химических реакций, скорость диффузии и растворимость продуктов коррозии, защищающих поверхность металла. Однако с повышением температуры уменьшается растворимость кислорода в воде. Поэтому, если коррозия протекает в закрытой системе, то ее скорость растет с повышением температуры. Чтобы этого избежать, необходимо устанавливать автоматические клапаны или механические газоотводные вентили в отопительной системе. Если система открытая, то скорость коррозии начнет падать около 70–80 °С, так как кислород будет удаляться из теплоносителя. Приведем график данной зависимости на рисунке 7. Кроме того, с повышением температуры могут создаться условия для возникновения защитной оксидной пленки на поверхности и тогда скорость коррозии также уменьшится [9, 10].

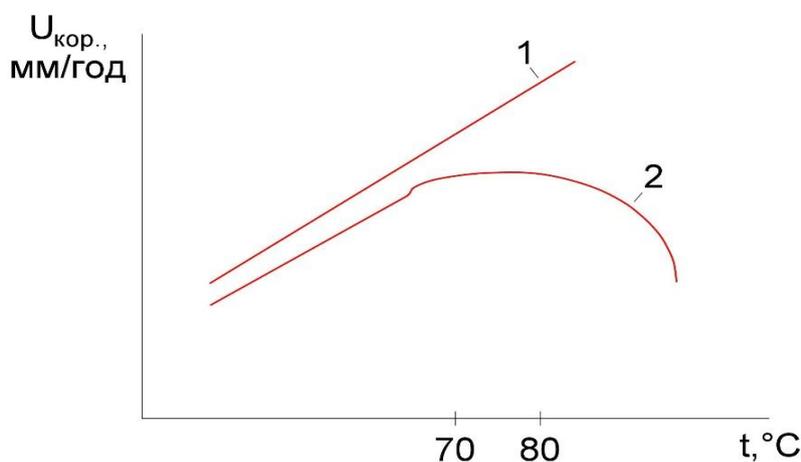


Рис. 7. Зависимость скорости коррозии от температуры: прямая 1 – закрытая система, прямая 2 – открытая система [1]

Наличие растворенных солей. Химический состав теплоносителя в системе может быть разный, но особую опасность представляет наличие соли в большой концентрации. Помимо ускорения коррозионных процессов, соль способна разрушать оксидные пленки, уменьшая этим стойкость металла к коррозии. Стоит выделить опасность ионов сульфата. Их наличие часто является причиной образования биологической коррозии, которая провоцируется наличием активности анаэробных бактерий.

Уровень pH. Кислотность теплоносителя оказывает влияние на скорость протекания коррозионных процессов. Когда уровень pH низок, есть больший риск растворения металлов и сплавов. Также опасность представляет растворение защитных пленок из-за низкого уровня pH, которые ранее были нанесены на материал. Металлы разделяют на несколько групп, в зависимости от влияния pH на скорость протекания коррозии [11]. Проиллюстрируем это на рисунке 8.

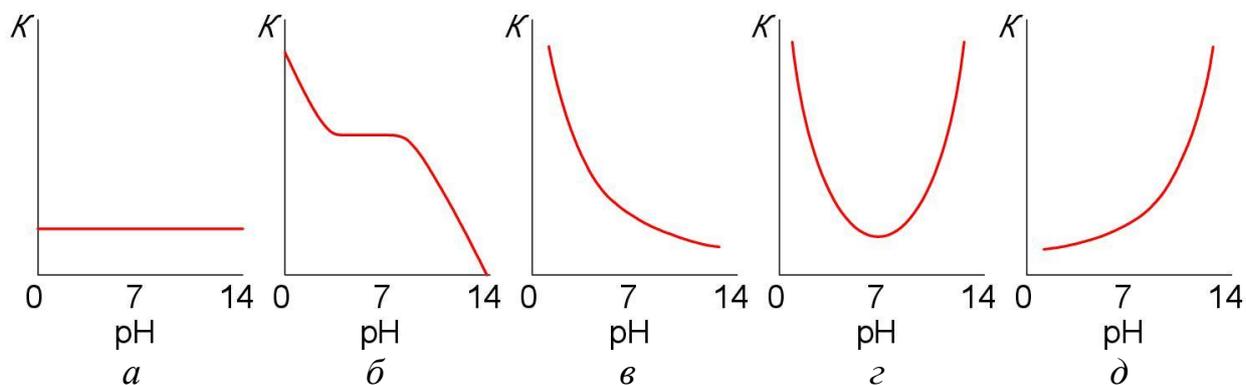


Рис. 8. Разделение металлов по виду зависимости скорости коррозии от pH среды: а) металлы, устойчивые в кислотной и щелочной средах; б) металлы, нестойкие в кислотной среде и недостаточно стойкие в нейтральной среде, но устойчивые в щелочной среде за счет образования пленок гидроксида; в) металлы, неустойчивые в кислотах, но устойчивые в нейтральной и щелочной среде; г) металлы, стойкие только в нейтральной среде, за счет образования амфотерных гидроксидных плёнок; д) металлы, устойчивые в кислой среде и неустойчивые в щелочной среде [1]

Наличие растворенных газов. Особую опасность представляет наличие в теплоносителе диоксида углерода, а также кислорода. Высокая концентрация кислорода значительно ускоряет скорость протекания коррозии. Наличие диоксида углерода в свою очередь способно уменьшать pH среды. Как результат – защитные пленки и отложения начинают намного стремительнее растворяться, возникает вероятность контакта с катализаторами окисления.

Контакт между разными типами материалов. Когда рядом находятся два металла, разных по своему составу, наблюдается электрический контакт. В таком случае выделяют три фактора, влияющие на образование коррозии и скорость её протекания [12].

- Соотношение между площадями контактирующих металлов. Один металл выступает как катод и если его площадь больше чем площадь анода, то процесс ржавления будет развиваться более интенсивно.

- Степень проводимости электролита. Когда проводимость низкая, коррозия возникнет только в области наиболее плотного контакта. Большие участки будут затрагиваться в том случае, если проводимость высокая.

- Тип материалов, которые вступают между собой в электрический контакт. Здесь многое зависит от сплава, использованного при изготовлении изделия. Некоторые типы материалов способны создавать защитные оксидные пленки, не допускающие контактов с катализаторами окислительного процесса.

Ударное воздействие. Внутри системы отопления происходит постоянное движение воды. Когда вода движется с большой скоростью, происходит появление и постоянное вымывание продуктов коррозии. Также в системе может наблюдаться и процесс кавитации. Как правило, наиболее активно начинает проступать ржавчина в местах, наиболее подверженных давлению жидкости.

Блуждающие токи. Наибольшую опасность представляет ситуация, в которой ток становится постоянным. Самое высокоинтенсивное протекание коррозионных процессов наблюдается в том случае, если трубопровод находится в земле и при этом происходит проникновение токов в почву. Самый эффективный метод борьбы с блуждающими токами – катодная защита трубопроводов, схема которой приведена на рисунке 9.

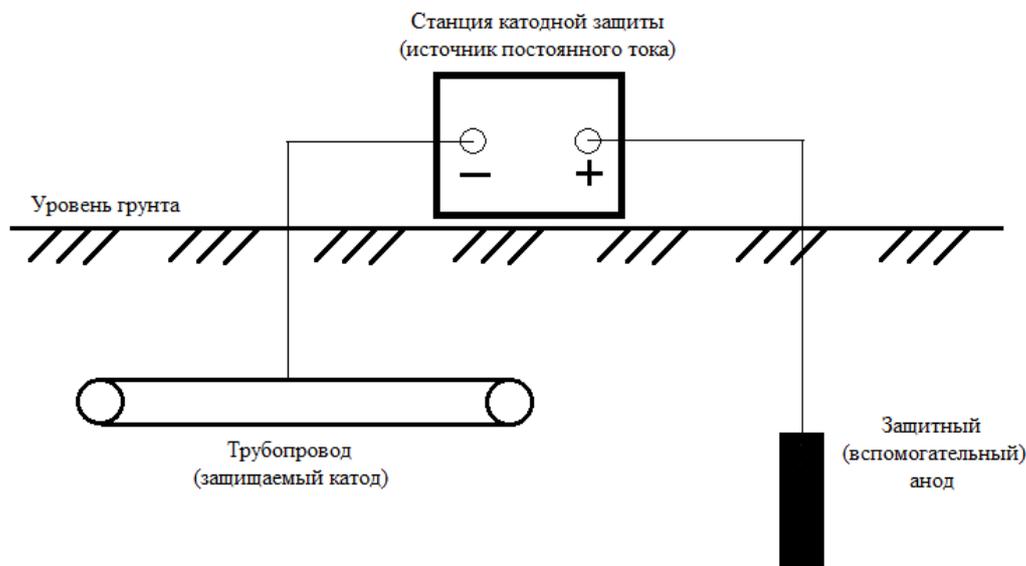


Рис. 9. Схема катодной защиты [1]

Наличие органических веществ. Большую опасность несут в себе растворенные в воде органические вещества. Они способны изменять кислотность воды и вызывать биологическую коррозию.

4. Способы профилактики и защиты радиаторов от коррозии. Если речь идет о зданиях и сооружениях с центральным отоплением, то в основном образование коррозии связано с использованием некачественной воды в роли теплоносителя, которая содержит большое количество газообразных примесей, солей и других нежелательных элементов. В большинстве случаев местные теплосети при заполнении отопительной системы используют водопроводную воду без предварительной подготовки. То же самое можно наблюдать и при заполнении маленьких закрытых систем, например, в частных домах. Такая вода оказывает разрушительное действие как на отопительные радиаторы, так и на систему в целом. Поэтому одним из важных способов профилактики коррозии является облагораживание теплоносителя (снижение коррозионной активности воды, использование специально подготовленной воды, антифризов и т.д.). Для этого используют два основных принципа: химический и физический [13].

Суть физического метода – в удалении лишних газов из теплоносителя (деаэрация).

Суть химического метода заключается в использовании специальных присадок в процессе подготовки воды. Так же воду обрабатывают силикатом натрия. При этом на внутренней поверхности радиаторов образуется пленка, которая защищает металл от коррозионного воздействия. Если трубопровод и отопительные приборы изготовлены с применением оцинкованной стали, можно вводить в систему полифосфаты, силикаты и фосфаты, которые тоже образуют защитный слой.

Образование защитных плёнок на внутренней поверхности радиаторов отопления может происходить как в процессе эксплуатации, так и при их изготовлении. Все известные

производители при изготовлении радиаторов обрабатывают его защитными средствами. Это может быть химическое вещество или слой металла, который не подвергается коррозионному воздействию.

Для предупреждения появления накипи необходимо периодически проводить подпитку смягченной водой или просто контролировать ее жесткость. Щелочная обработка содой и известью, установка катионитовых фильтров, специальная обработка, в результате которой из воды удаляется растворенный воздух и карбонаты – все это можно использовать для смягчения воды.

Так же необходимо помнить и о кислотности воды. Стоит заметить, что при наличии автономной системы отопления нужно поддерживать уровень рН воды в соответствии с рекомендациями производителя отопительных радиаторов (например, для литых алюминиевых радиаторов это 7–8 рН). Данная мера значительно увеличит срок и эффективность использования отопительного оборудования.

Выводы. Исходя из вышесказанного, становится ясно, что в помещениях с центральным отоплением самая неблагоприятная среда для отопительных радиаторов. Зачастую там используется некачественный теплоноситель, а потребитель не имеет возможности влиять на его качество. Поэтому необходимо устанавливать наиболее коррозионно-устойчивые приборы отопления для избежания протечек и аварий. Для домов с автономной отопительной системой необязательна покупка и установка дорогих приборов отопления, но крайне необходимо следить за качеством теплоносителя и поддерживать все необходимые показатели на должном уровне.

Библиографический список

1. Основные показатели коррозии и методы оценки коррозионной стойкости [Электронный ресурс]. URL: <https://lektsia.com/6x9427.html> (дата обращения: 10.11.2021).
2. Коррозия и защита системы отопления [Электронный ресурс]. URL: <https://santerm-ural.ru/a203514-korroziya-zaschita-sistemy.html> (дата обращения 10.11.2021).
3. Лучкин Р.С. Коррозия и защита металлических материалов (структурные и химические факторы) : электронное учебное пособие. Тольятти, Изд-во: ТГУ, 2017. С.10–61.
4. Метод электрического потенциала подключение проводников к более активным металлам. [Электронный ресурс]. URL: <https://martensit.ru/wp-content/uploads/2019/12/katodnaya-zashita-6.jpg.webp> (дата обращения: 25.11.2021).
5. Гасанов З.С., Горлова А.В., Харин С.О. Защита от коррозии в системах теплоснабжения // Градостроительство. Инфраструктура. Коммуникации. 2021. № 4 (25). С. 16–25.
6. Антикоррозионные покрытия трубопроводов / З.С. Гасанов, А.И. Коровкина, М.С. Кучмасов, И.С. Волков // Градостроительство. Инфраструктура. Коммуникации. 2022. № 1 (26). С. 28–35.
7. Китаев Д.Н. Современные отопительные приборы и их показатели // Сантехника. Отопление. Кондиционирование. 2014. № 1 (145). С. 48–49.
8. Китаев Д.Н. Влияние современных отопительных приборов на регулирование тепловых сетей // Научный журнал. Инженерные системы и сооружения. 2014. № 4-2 (17). С. 49–55.
9. Китаев Д.Н., Щукина Т.В. Современные отопительные приборы и система теплоснабжения Энергосбережение. 2012. № 6. С. 59–63.
10. Еремкин А.И., Баканова С.В., Смелский А.П. Новые отопительные приборы на Российском рынке // Образование и наука в современном мире. Инновации. 2019. № 4 (23). С. 172–181.
11. Обеспечение тепловой устойчивости работы системы отопления здания / Б.П. Новосельцев, М.Н. Жерлыкина, К.В. Гармонов, И.В. Михневич // Сантехника, Отопление, Кондиционирование. 2019. № 7 (211). С. 56–61.
12. Сергеев А.Е. Исследование эффективности отопительных приборов и их возможностей для отопления помещений // Наукосфера. 2021. № 7-2. С. 238–245.
13. Балабан-Ирменин Ю.В. Новые подходы к оценке интенсивности внутренней коррозии металла трубопроводов тепловых сетей // Теплоэнергетика. 2001. № 6. С. 77–80.

Для цитирования: Гасанов З.С., Кучин Д.А., Панин А.В. Внутренняя коррозия радиаторов отопления и способы борьбы с ней // Градостроительство. Инфраструктура. Коммуникации. 2022. № 2 (27). С. 27–35.

УДК 621.039

**СЕПАРАЦИОННЫЕ ИСПЫТАНИЯ ПАРОГЕНЕРАТОРА
ПГВ-1000МКП НА НОВОВОРОНЕЖСКОЙ АЭС-2**

К. Е. Алексеев, Г. Н. Мартыненко, А. Э. Бачурина

*Воронежский государственный технический университет**К. Е. Алексеев, студент кафедры теплогазоснабжения и нефтегазового дела**Россия, г. Воронеж, тел.: +7 (920)406-27-30, e-mail: alexxkost@mail.ru**Г. Н. Мартыненко, канд. техн. наук, доц. кафедры теплогазоснабжения и нефтегазового дела**Россия, г. Воронеж, тел.: +7(900)304-62-51, e-mail: glen2009@mail.ru**А. Э. Бачурина, студент кафедры теплогазоснабжения и нефтегазового дела**Россия, г. Воронеж, тел.: +7(950)770-91-56, e-mail: bachurina.angelika@mail.ru*

Постановка задачи. Получить сепарационные характеристики парогенератора, которые изучаются в процессе натуральных сепарационных испытаний, которые необходимо производить во время проведения пусконаладочных работ при вводе энергоблоков атомной электростанции (АЭС) в эксплуатацию.

Результаты. Были проведены испытания с целью определения уровня воды в парогенераторе, при котором будет наблюдаться предельная влажность пара.

Выводы. В период промышленной эксплуатации блоков АЭС полученная информация дает оперативному персоналу еще одну возможность контроля над влажностью пара в случае, если выйдут из строя датчики контроля влажности. Сепарационные испытания также могут производиться в случае возникновения необходимости в исследованиях. Такие ситуации могут возникнуть в случае изменений условий и обстоятельств эксплуатации, при модернизации блока АЭС, а также при переработке его конструкции или повышения выработки электроэнергии.

Ключевые слова: сепарация, парогенератор, атомная станция, влажность пара, испытания.

Введение. Работа парогенераторов (ПГ) исследована и описана в ряде инженерных и исследовательских работ [1–5]. Однако возникает ряд актуальных вопросов, связанных с их оптимальной работой. В данной работе проводятся исследования по получению предельной влажности пара в парогенераторе. Испытание проводится на этапе опытно-промышленной эксплуатации при тепловой мощности 100 % от номинальной.

Целью испытаний является:

– получение сепарационной характеристики каждого парогенератора в диапазоне изменения уровня воды в нем от 2650 мм (уровень может быть откорректирован по результатам испытаний датчиков оперативного контроля уровнемеров подсистемы КУП-1200) до уровня влажности выходящего из парогенератора пара, доля которого в результате может достигать от 0,7 % до 1,0 % (по массе). Сепарационная характеристика используется для уточнения номинального необходимого значения воды в ПГ, обеспечивающего влажность выходящего пара из парогенератора. Величина не должна превышать более 0,2 %;

– подтверждение проектного значения влажности пара (не более 0,2 % по массе) на выходе из одного из парогенераторов при номинальном уровне воды в нем при номинальной мощности реактора и минимально возможном давлении в стационарном состоянии (при избыточном выходном давлении из коллектора ПГ не выше 6,7 МПа);

– доказательство достижения проектного значения влажности пара (не более 0,2 %) на выходе из ПГ при номинальном уровне воды и номинальной мощности реактора.

1. Методика проведения испытаний. Исходное состояние блока:

- блок устойчиво работает на номинальной мощности;
- давление пара на выходе из коллекторов пара ПГ номинальное;
- температура питательной воды 220 ± 5 °С;
- уровень воды в ПГ проектный.

Влажность пара определяется по соотношению концентраций азотнокислого натрия в пробе конденсата пара и в пробе воды ПГ. Для определения влажности пара используется солевая методика без ввода дополнительного раствора соли-индикатора. Необходимая концентрация азотнокислого натрия в ПГ создается за счет его накопления, для этого уменьшается значение расхода непрерывной продувки ПГ (периодическая продувка ПГ закрыта). Концентрация азотнокислого натрия в воде ПГ в нижнем отборе индикатора уровня системы КУП-КВПП-1000 должна составлять $50\text{--}200$ мкг/дм³ [6].

Испытания проводятся по следующей методике:

- установить в испытываемом ПГ по базовому однокамерному уровнемеру уровень на $40\text{--}50$ мм ниже проектного уровня и обеспечить стабильное поддержание этого уровня регулятором уровня ПГ в автоматическом режиме в течение не менее 12 часов;

- уменьшить расход непрерывной продувки ПГ (непрерывную продувку из солевого отсека ПГ и продувку из «карманов» его коллекторов), вплоть до полного закрытия (величина расхода определяется, исходя из необходимости создания требуемой концентрации азотнокислого натрия из пробоотборной линии нижнего штуцера индикатора уровня $50\text{--}200$ мкг/дм³);

- при заданных параметрах работы и уровне воды в ПГ на $40\text{--}50$ мм ниже проектного уровня в течение не менее 40 минут (но не менее времени запаздывания проб) выполнить фиксацию показаний автоматических анализаторов азотнокислого натрия и показаний штатных анализаторов азотнокислого натрия из линии непрерывной продувки ПГ. Произвести расчет влажности пара;

- измерение содержания азотнокислого натрия в пробах пара и воды должны осуществляться при ступенчатом изменении уровня воды в ПГ с шагом $30\text{--}50$ мм с соответствующими временными выдержками на каждой ступени не менее 40 минут (но не менее времени запаздывания проб).

По результатам измерения содержания азотнокислого натрия в пробах рассчитывается влажность пара. При достижении предельно допустимой по условиям безопасной работы турбины влажности $0,7\text{--}1,0$ % дальнейший подъем уровня прекращается. При достижении значения влажности пара $0,5\text{--}0,6$ % (по массе), дальнейший подъем уровня в ПГ выполнять с шагом $10\text{--}20$ мм для предотвращения превышения значения влажности пара более предельно допустимых значений. При каждой ступени повышения уровня воды в подконтрольном ПГ должны фиксироваться концентрации натрия по показаниям автоматических анализаторов и сниматься показания приборов, характеризующих условия работы ПГ [6, 7].

Влажность пара рассчитывается вручную или с использованием сертифицированной программы по соотношению:

$$\omega = \frac{S}{S_{\text{инд}}} \cdot 100\% , \quad (1)$$

где ω – влажность пара, %; S – концентрация азотнокислого натрия в пробе пара, мг/кг; $S_{\text{инд}}$ – концентрация азотнокислого натрия в пробе воды из нижнего отбора индикатора уровня подсистемы КВПП-1200, мг/кг.

2. Результаты испытаний. Результаты получены на основе работ, выполняемых на энергоблоке №2 Нововоронежской АЭС-2. В ходе сепарационных испытаний ПГ выполнены следующие работы:

- определена зависимость влажности пара в паропроводе ПГ от уровня 2550 мм до значения, при котором влажность пара в паропроводе парогенератора достигнет 0,7 – 1,0 % по массе;

- определен предельно допустимый уровень воды в каждом парогенераторе, при котором влажность пара в паропроводе ПГ не более 0,2 % по массе;

- для одного из парогенераторов определен предельно допустимый уровень воды, при котором влажность пара в паропроводе ПГ не более 0,2 % по массе (при давлении на выходе из коллектора ПГ не выше 6,7 МПа по показаниям приборов).

Работы проводились на четырех ПГ с учетом программы сепарационных испытаний ПГ NW2O.T.189.2.0UJA&&.JEA&&.021.PA.0002.

Исходное состояние испытываемой системы:

- давление пара в ПГ номинальное ($7,0 \pm 0,1$ МПа);

- уровень в ПГ номинальный (2700 ± 50 мм);

- показатели качества питательной и продувочной воды ПГ должны совпадать с показателями, которые выдвигаются к водно-химическому режиму для воды второго контура при работе на мощности более 50 % от номинальной.

В соответствии с [6] после проведения испытаний одним из пунктов является построение графических зависимостей влажности пара в паропроводе с учетом транспортного времени проб от уровня воды в «холодном» торце ПГ по базовому уровнемеру [8, 9].

На рисунках 1, 2, 3 и 4 показана корреляция между влажностью пара в паропроводе и уровнем наполнения в «холодном» торце ПГ для первого, второго, третьего и четвертого ПГ соответственно.

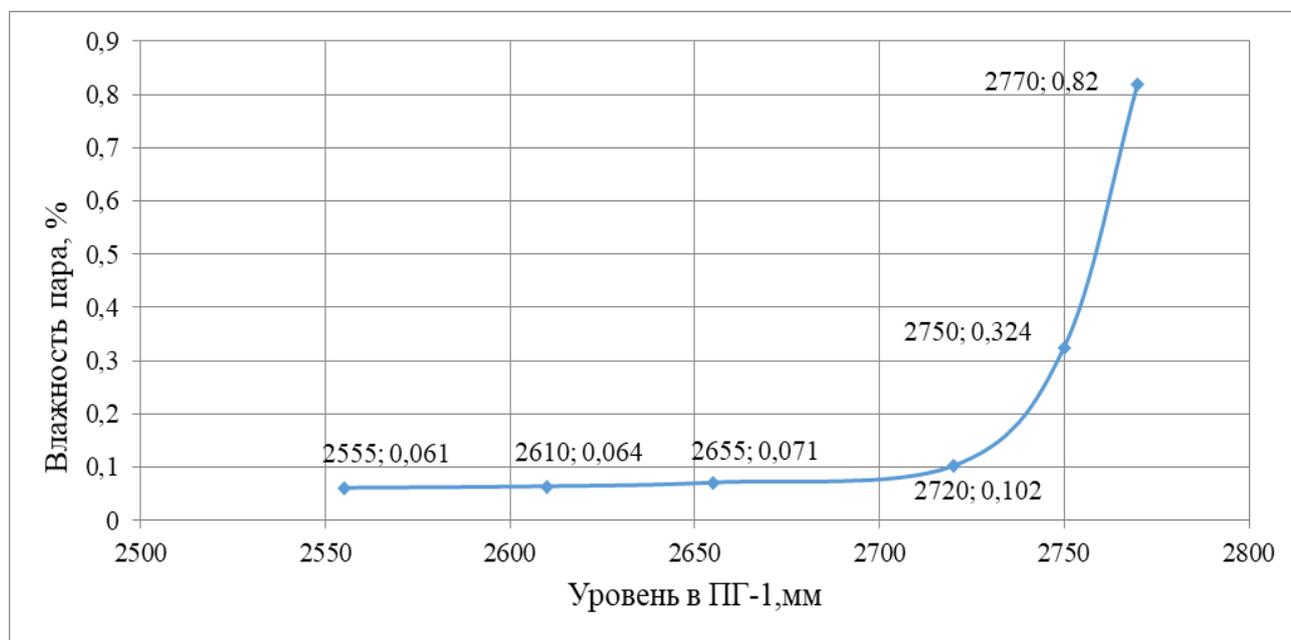


Рис. 1. График зависимости влажности пара в паропроводе от уровня воды в ПГ-1

Таким образом, предельно допустимый максимальный уровень воды в ПГ принимается на 50 мм ниже значения, при котором влажность составляет 0,2 %.

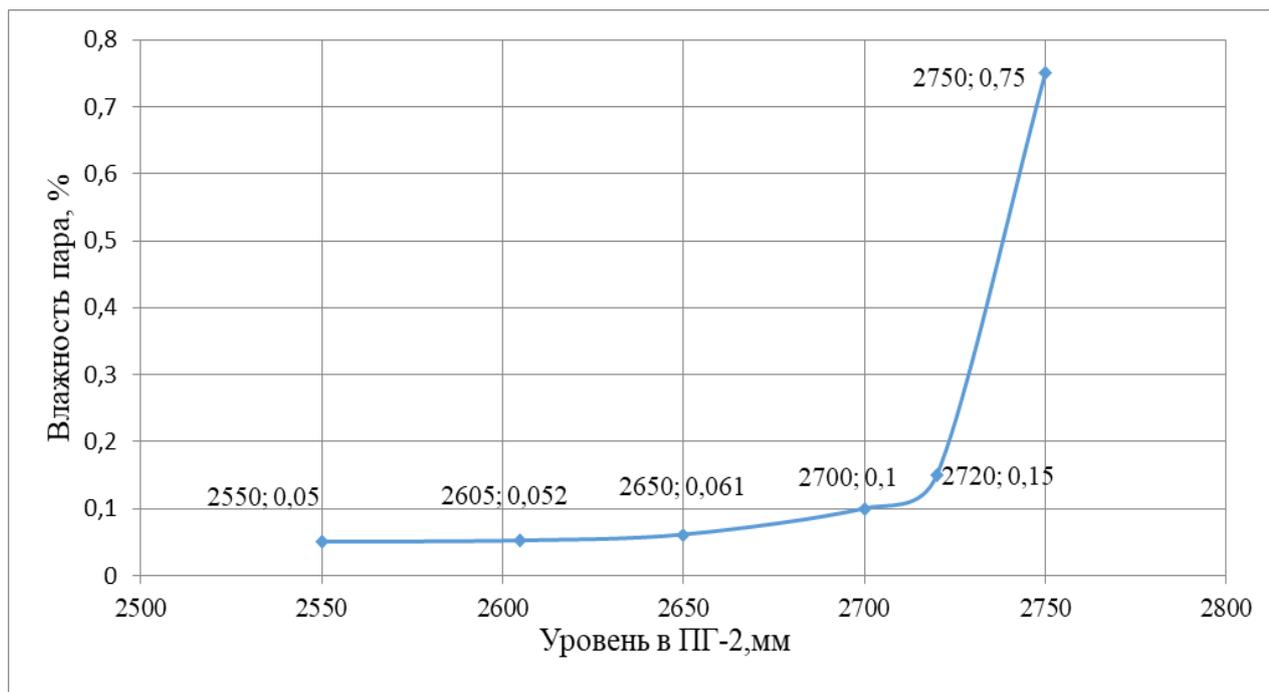


Рис. 2. График зависимости влажности пара в паропроводе от уровня воды в ПГ-2

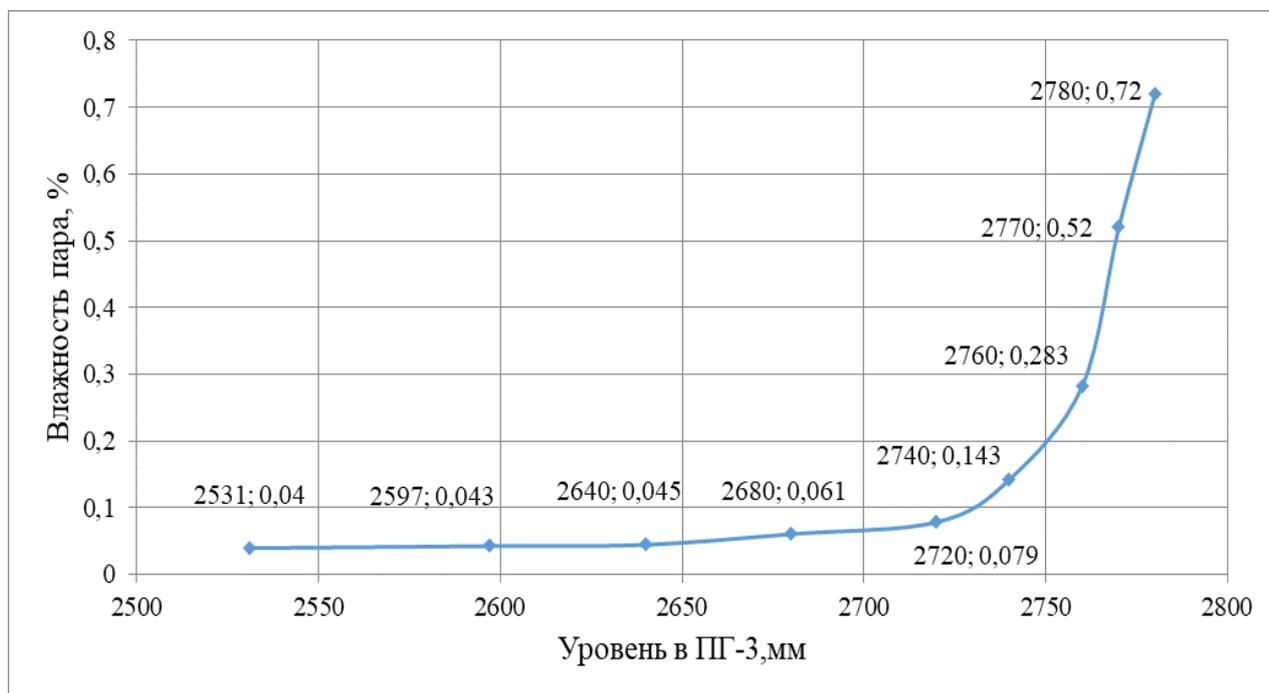


Рис. 3. График зависимости влажности пара в паропроводе от уровня воды в ПГ-3

Предельно-допустимый максимальный уровень воды для ПГ-1 составит 2690 мм, для ПГ-2 – 2675 мм, для ПГ-3 – 2700 мм, для ПГ-4 – 2665 мм. Номинальное (эксплуатационное) значение уровня воды в ПГ рекомендуется принять в диапазоне от 2665 мм до 2700 мм.

Предельно-допустимый уровень воды, при котором влажность выходящего из паропровода ПГ пара равна 0,2 % по массе составил: ПГ-1 – 2740 мм, для ПГ-2 – 2725 мм, для ПГ-3 – 2750 мм, для ПГ-4 – 2715 мм.

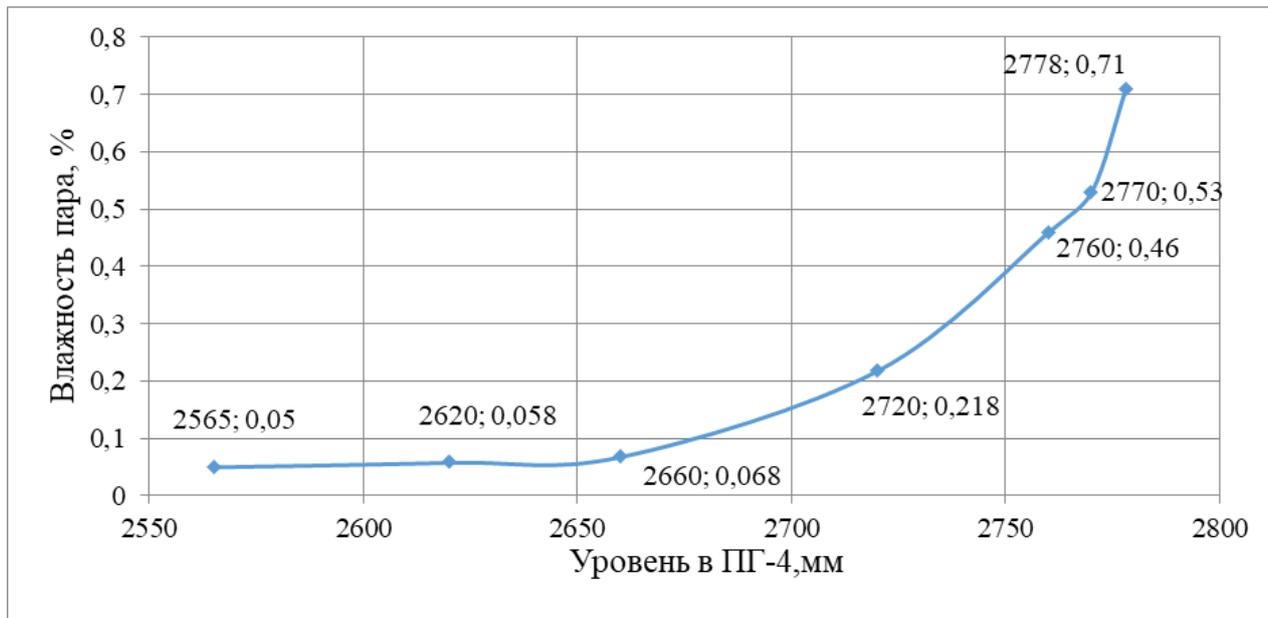


Рис. 4. График зависимости влажности пара в паропроводе от уровня в ПГ-4

Для одного из парогенераторов (ПГ-4) был определен предельно-допустимый уровень воды, при котором влажность выходящего из паропровода ПГ пара не более 0,2 % по массе (при выходном давлении из коллектора ПГ не выше 6,7 МПа) [10].

На рисунке 5 представлен график зависимости предельно-допустимого уровня воды для ПГ-4 при выходном давлении из коллектора ПГ 6,7 МПа от влажности пара.

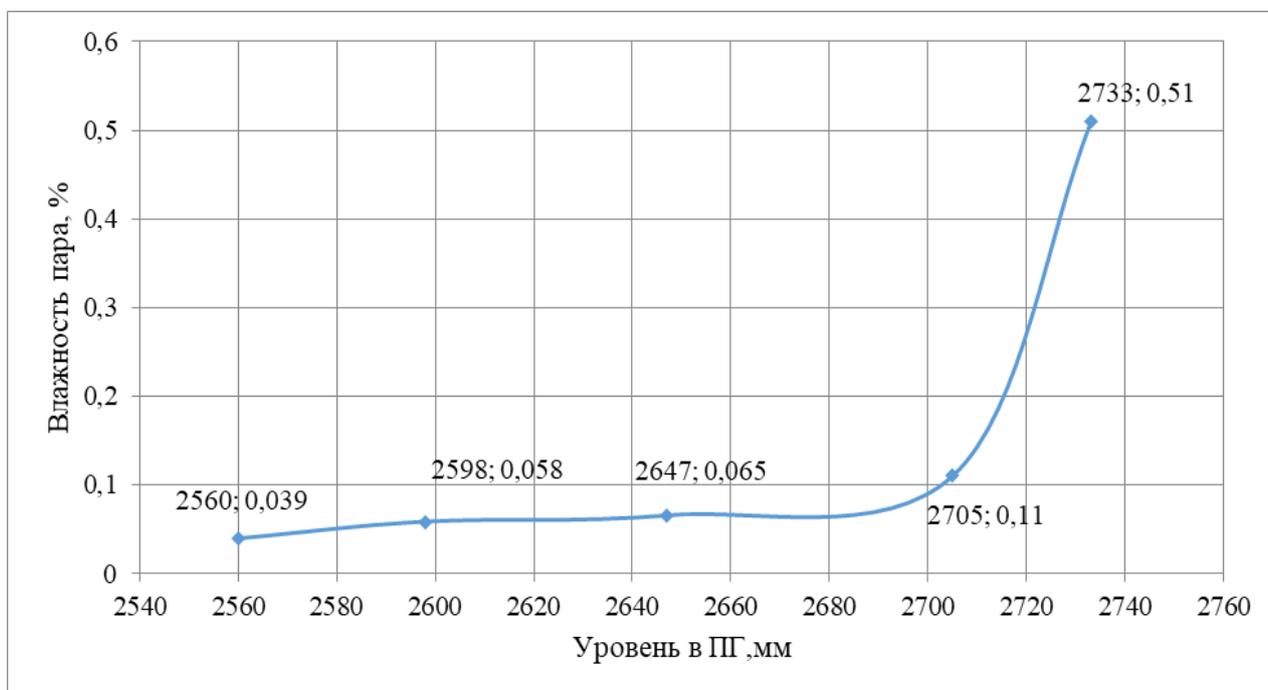


Рис. 5. График зависимости предельно допустимого уровня воды для ПГ-4 при давлении на выходе из коллектора ПГ 6,7 МПа от влажности пара

Как видно из графической зависимости (рис. 5), предельно-допустимый уровень воды, при котором влажность пара в паропроводе ПГ-4 равна 0,2 % по массе (при давлении на выходе из коллектора ПГ-4 не выше 6,7 МПа), составил 2716 мм. Похожие задачи ставились ранее [11–13], однако такие зависимости сформированы в данной работе.

Вывод. Во время испытаний оборудование систем отработало в штатном режиме, как и было заложено в программе. Процент погрешности оказался незначительным. Построены зависимости влажности пара в паропроводе от уровня воды в четырех парогенераторах, предельно допустимого уровня воды для ПГ-4 при давлении на выходе из коллектора парогенератора 6,7 МПа от влажности пара, что имеет важное практическое значение.

По итогам физического эксперимента можно сделать вывод, что подтверждены все проектные значения влажности пара. Графические зависимости влажности пара в паропроводе от уровня воды в парогенераторах отображают важную информацию для дальнейших исследований.

Библиографический список

1. Определение сепарационных характеристик ПГ без ввода соли-индикатора в объем парогенератора с использованием автоматических анализаторов высокой чувствительности измерений [Электронный ресурс]. URL: <http://www.gidropress.podolsk.ru/files/proceedings/seminar8/documents/sgpg2010-045.pdf> (дата обращения: 07.04.2022).
2. Опыт выполнения сепарационных испытаний парогенераторов энергоблоков №1 НВАЭС-2 и №1 ЛАЭС-2: новые задачи и пути их решения [Электронный ресурс]. URL: <http://www.gidropress.podolsk.ru/files/proceedings/mntk2019/documents/mntk2019-104.pdf> (дата обращения: 07.04.2022).
3. Петров А.Ю. Модернизация сепарационных устройств парогенераторов АЭС с ВВЭР : Дис. канд. техн. наук : 05.14.03. Москва, 2005. 108 с.
4. Совершенствование технологии проведения сепарационных испытаний ПГВ 1000(М) [Электронный ресурс]. URL: <https://pandia.ru/text/78/325/53890.php> (дата обращения: 07.04.2022).
5. Парогенераторные установки атомных электростанций - характеристики и требования к парогенераторам [Электронный ресурс]. URL: <https://leg.co.ua/arhiv/generaciya/parogeneratornye-ustanovki-atomnyh-elektrostantsiy-4.html> (дата обращения: 21.14.2022).
6. Приложение к научно-техническому сборнику «Вопросы атомной науки и техники» Сер. Обеспечение безопасности АЭС, Вып. 35, Реакторные установки [под редакцией д.т.н. проф. А.С. Зубченко]. Подольск: АО ОКБ «ГИДРОПРЕСС», 2015. 64 с.
7. Сорокин В.В. Парогенераторы АЭС: учеб. пособие / В.В. Сорокин. Минск.: Вышэйшая школа. 2020. 239 с.
8. Определение сепарационных характеристик ПГ без ввода соли-индикатора в объем парогенератора с использованием автоматических анализаторов высокой чувствительности измерений [Электронный ресурс]. URL: <http://www.gidropress.podolsk.ru/files/proceedings/seminar8/documents/sgpg2010-045.pdf> (дата обращения: 07.04.2022).
9. Опыт выполнения сепарационных испытаний парогенераторов энергоблоков №1 НВАЭС-2 и №1 ЛАЭС-2: новые задачи и пути их решения [Электронный ресурс]. URL: <http://www.gidropress.podolsk.ru/files/proceedings/mntk2019/documents/mntk2019-104.pdf> (дата обращения: 07.04.2022).
10. Проект энергоблока нового поколения для Ленинградской АЭС-2. Парогенератор ПГВ 1000МКП [Электронный ресурс]. URL: https://studbooks.net/2111335/matematika_himiya_fizika/parogenerator_1000mkr (дата обращения: 07.04.2022).
11. Министерство энергетики РФ. Основные характеристики Российской энергетики [Электронный ресурс]. URL: <https://minenergo.gov.ru/node/532> (дата обращения: 11.10.2021).
12. Зорин В.М., Горбунов В.И. Об организации водного режима в паропроизводящих установках // Теплоэнергетика. 2000. № 6. С. 41–45.
13. Сахибгареев А.Р., Морозов А.В. Теплоотдача от парогазовой смеси к свободнопадающей струе жидкости в ограниченном объеме применительно к аварийным режимам АЭС с ВВЭР // Вопросы атомной науки и техники. Серия: Ядерно-реакторные константы. 2018. № 3. С. 127–137.

Для цитирования: Алексеев К.Е., Мартыненко Г.Н., Бачурина А.Э. Сепарационные испытания парогенератора ПГВ-1000МКП на Нововоронежской АЭС-2 // Градостроительство. Инфраструктура. Коммуникации. 2022. № 2(27). С. 36–41.

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ СТРОИТЕЛЬСТВА И ГОРОДСКОГО ХОЗЯЙСТВА

УДК 504.064

ПРИРОДООХРАННАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ НА НОВОЛИПЕЦКОМ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОМ КОМБИНАТЕ

П. Д. Пушкарева, Е. И. Головина

Воронежский государственный технический университет

П. Д. Пушкарева, студент кафедры техносферной и пожарной безопасности

Россия, г. Воронеж, тел.: +7(920)544-98-00, e-mail: polina.pushkareva.01@mail.ru

Е. И. Головина, канд. техн. наук, доц. кафедры техносферной и пожарной безопасности

Россия, г. Воронеж, тел.: +7 (473)271-53-21, e-mail: u00111@vgasu.vrn.ru

Постановка задачи. Изучить повышение эффективности управления природоохранной деятельностью в условиях устойчивого развития на примере группы Новолипецкого металлургического комбината (НЛМК).

Результаты. Проанализированы основные направления природоохранной деятельности на НЛМК.

Выводы. В результате проведенных исследований выявлены перспективные направления в области экологического контроля. Система управления природоохранными расходами обеспечивает обратную связь по управлению природоохранной деятельностью предприятия и позволяет определить, каким образом может быть достигнут требуемый результат.

Ключевые слова: природоохранная деятельность, эколого-экономическое развитие, мониторинг, защита среды, экологические показатели, экологический контроль.

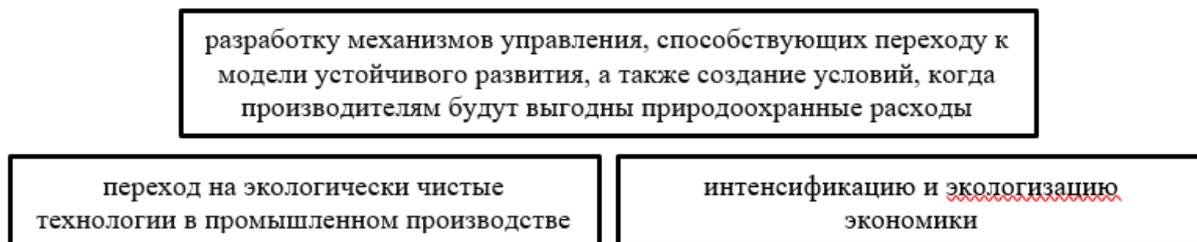
Введение. Основные аспекты природоохранной деятельности промышленных производств заключаются в следующем:

- 1) способность оценивать экологическую эффективность;
- 2) получение экономических стимулов;
- 3) повышение экономической деятельности на производстве, сохраняя качества окружающей природной среды.

На сегодняшний день актуальной проблемой является охрана окружающей среды от загрязнений. В рамках устойчивого развития российских промышленных производств является внедрение системы управления природоохранной деятельностью [1, 2].

Первым шагом в области устойчивого эколого-экономического развития национальной экономики является организация природоохранной деятельности на производстве [2, 3]. Но, в большинстве случаев экологический контроль на отечественных производствах носит в лучшем случае вынужденный характер, т. е. любое финансирование в экологическую безопасность воспринимаются как лишнее вложение денег, а нередко вовсе игнорируется. Экологически опасные риски несет также за собой изношенное оборудование, в том числе очистное, на промышленных предприятиях.

Целью стратегии перехода на путь устойчивого развития является снижение антропогенной нагрузки на биосферу всеми возможными способами, включая:



Поэтому для обеспечения устойчивого развития на уровне промышленного предприятия возникают следующие задачи:

- сочетать устойчивое развитие предприятия с его экономическим ростом;
- оценить экологическую эффективность развития предприятия;
- поиск путей стимулирования природоохранной деятельности производителей.

Задача исследования – изучение повышения эффективности управления природоохранной деятельностью в условиях устойчивого развития на примере группы Новолипецкого металлургического комбината (НЛМК) – одного из лидеров по внедрению современных экологических технологий в мировой металлургической отрасли.

Цель компании – минимизировать воздействие на окружающую среду и стремиться к достижению наилучших экологических стандартов. Поэтому ответственное отношение к окружающей среде, а также стремление к повышению качества жизни и социального благополучия граждан являются одними из ключевых принципов НЛМК в области устойчивого развития [3–5].

В числе основных приоритетов работы компании следующие экологические показатели:

- охрана атмосферного воздуха;
- бережное отношение к водным ресурсам;
- высокая степень переработки отходов [4, 6].

Группа Новолипецкого металлургического комбината последовательно сокращает удельные эмиссии в атмосферу. В Группе работает более 500 современных установок для улавливания пыли и очистки газа. С 2000 года Группа НЛМК снизила интенсивность выбросов более чем в 2 раза (рис.1). В 2021 г. данный показатель составил 19,8 кг/т стали.

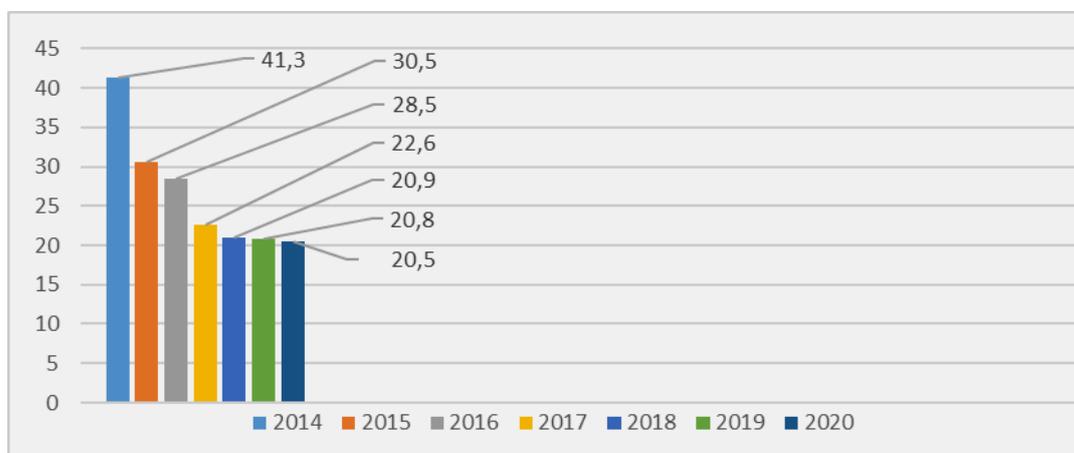


Рис. 1. График удельных выбросов группы НЛМК, кг/т стали

Высокие результаты были достигнуты благодаря комплексу управленческих мер и инвестиционных проектов. Проводились такие работы, как реконструкция производственных цехов, замена пыле- и газоочистных установок, модифицировано фильтрующее оборудование, внедрены технологии по обезвреживанию, улавливанию и переработке вторичных ресурсов в производственном обороте [5, 7].

Минимальное негативное воздействие на водный бассейн регионов от НЛМК было достигнуто за счет существенного снижения потребления воды для производства, отсутствия деятельности в вододефицитных регионах, работы замкнутых водооборотных систем (без сброса сточных вод), либо систем для повторного использования воды, которыми оборудованы все производственные площадки НЛМК. В результате, за последние 40 лет использование воды из реки Воронеж на основной площадке Группы НЛМК в Липецке сокращено в 9 раз.

В рамках стратегического цикла компании была поставлена и экологическая цель – увеличить уровень переработки отходов до 92 %. С 2004 года на Липецкой производственной площадке прекращено накопление отходов и начата планомерная работа по их переработке. В 2020 году в Липецке был построен новый комплекс по переработке доменного шлака на месте шлакового отвала, накопленного еще с 1970-х годов [3, 8]. В результате, переработано почти 6 миллионов тонн различных материалов и извлечено более 300 тысяч тонн железа, повторно использованного для производства стали.

Таким образом, благодаря использованию современных технологий переработки и реализации различных инициатив по рециклингу, НЛМК удалось значительно сократить количество отходов и увеличить использование побочных продуктов без привлечения потребления свежих ресурсов.

Одним из направлений управления природоохранной деятельностью является производственный экологический контроль, осуществляющий обеспечение мероприятий по охране окружающей среды, рациональному использованию природных ресурсов, установленных законодательством Российской Федерации [6, 9]. Система внутренних экологических улучшений (СВЭУ) – это проект, предполагающий выявление предпосылок возникновения экологических проблем и их предотвращение путем личного участия каждого сотрудника в экологическом контроле на постоянной основе. Он был внедрен в 2016 году на производственной площадке в Липецке.

Другой важной областью управления природоохранной деятельности является производственный мониторинг, который включает в себя:



Периодичность мониторинга определяется графиком контроля воздушного бассейна, разработанным на предприятии и утвержденным Роспотребнадзором на границе санитарно-защитной зоны НЛМК и прилегающих территорий.

В настоящее время реализуется проект по установке приборов онлайн-мониторинга в восьми точках на границе санитарно-защитной зоны НЛМК и дополнительной установке пунктов в четырех точках города. Также в планах установить автоматические комплексы для непрерывного измерения [3, 10].

В результате исследования выявлены перспективные направления в области экологического контроля. Моделирование влияния эмиссий помогает значительно сократить время для анализа состояния атмосферы на различных участках. Поэтому был разработан цифровой сервис, который позволяет автоматически строить несложные графики и диаграммы оценки влияния НЛМК на уровень атмосферных выбросов.

В настоящее время в разработке система анализа видимых эмиссий НЛМК с использованием алгоритмов машинного зрения и методов глубокого обучения. С ее помощью можно выявить любые нетипичные выбросы в атмосферу, которые зафиксируют камеры видеонаблюдения, определить их местоположение, а также их объем [11–13].

Новейшие технологии беспилотного летательного аппарата используются для экологического мониторинга природоохранной деятельности не только на территории предприятия, но и за его пределами, включая труднодоступные районы и объекты.

Выводы. Система управления природопользованием и охраной окружающей среды промышленных предприятий должна быть интегрирована в общую систему управления предприятием. Программная инвестиционная деятельность и плановые природоохранные мероприятия вне инвестиционного процесса являются основным вектором в минимизация негативного воздействия предприятий на окружающую среду

Система управления природоохранными расходами обеспечивает обратную связь по управлению природоохранной деятельностью предприятия и позволяет определить, каким образом может быть достигнут требуемый результат.

Библиографический список

1. Хованский А.Д. Управление природоохранной деятельностью на предприятии: учеб. пособие [Электронный ресурс]. URL: file:///C:/Users/Home/Downloads/4f668190-c87a-40c2-87a8-3affa913dfbe.pdf (дата обращения: 07.04.2022).
2. НЛМК [Электронный ресурс]. URL: <https://nlmk.one/stream> (дата обращения: 09.04.2022).
3. Ключевые экологические показатели [Электронный ресурс]. URL: <https://nlmk.com/ru/responsibility/ecology/key-indicators/> (дата обращения: 07.04.2022).
4. Экологический менеджмент [Электронный ресурс]. URL: <https://iso-management.com/wp-content/uploads/2018/10/ISO-50001-2018> (дата обращения: 15.04.2022).
5. Природосберегающие технологии [Электронный ресурс]. URL: <https://rg.ru/2014/10/28/reg-cfo/pravila.html> (дата обращения: 07.04.2022).
6. Аржановский Е.В. Анализ загрязнения окружающей среды от заводов по изготовлению железобетонных изделий и конструкций // Молодой ученый. 2017. №22. С. 221–222.
7. Цуканова О.С., Петрикеева Н.А. Проблемы борьбы с шумом. История и основные направления развития методов снижения уровня шума // Научный журнал. Инженерные системы и сооружения. 2009. № 1 (1). С. 67–74.
8. Сальникова Л.А., Соколов Д.А., Головина Е.И. Анализ влияния шума и запыленности на железобетонном производстве // Градостроительство. Инфраструктура. Коммуникации. 2022. № 1(26). С. 48–50.
9. Хабибулин М.И. Проблемы повышения уровня производительности труда // Молодой ученый. 2018. С. 200–202.
10. Формирование и развитие инновационной инфраструктуры в целях коммерциализации технических проектов/ Е.В. Шкарупета, О.А. Попова, О.Г. Шальнев, Н.В. Колосова // Энергетическое управление муниципальными объектами и устойчивые энергетические технологии: сборник трудов по материалам XXI Международной научной конференции. Воронеж, 2020. С. 52–56.
11. Пути решения экологических проблем в черной металлургии / А.Н. Пыриков, С.К. Вильданов, А.В. Лиходиевский, Н.Н. Мартынов // Сталь. 2008. № 5. С. 99–103.
12. Ховавко И.Ю. Институциональный анализ системы платежей за загрязнение в Российской Федерации // Экономическая наука современной России. 2012. № 3 (58). С. 117–126.
13. Галкин Ю.А., Жигаленко В.А. Разработка и внедрение экологически безопасной системы производственного водоснабжения ОАО «Новолипецкий металлургический комбинат» // Водоснабжение и канализация. 2014. № 1–2. С. 81–83.

Для цитирования: Пушкарева П.Д., Головина Е.В. Природоохранная деятельность на Новолипецком металлургическом комбинате // Градостроительство. Инфраструктура. Коммуникации. 2022. № 2 (27). С. 42–45.

СТРОИТЕЛЬСТВО И ЭКСПЛУАТАЦИЯ НЕФТЕГАЗОПРОВОДОВ, БАЗ И ХРАНИЛИЩ

УДК 620.1

ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАИБОЛЕЕ ЭФФЕКТИВНОГО МЕТОДА ПОВЫШЕНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ НАДЕЖНОСТИ НЕФТЕПРОВОДА В УСЛОВИЯХ ВЕЧНОЙ МЕРЗЛОТЫ

Е. С. Аралов, В. И. Менько, С. В. Глыжко

Воронежский государственный технический университет

Е. С. Аралов, ст. преподаватель кафедры теплогазоснабжения и нефтегазового дела

Россия, г. Воронеж, тел.: +7(473)271-53-21, e-mail: vgtu.aralov@yandex.ru

В. И. Менько, студент кафедры теплогазоснабжения и нефтегазового дела

Россия, г. Воронеж, тел.: +7(910)245-17-99, e-mail: reedook@yandex.ru

С. В. Глыжко, студент кафедры теплогазоснабжения и нефтегазового дела

Россия, г. Воронеж, тел.: +7(901)092-61-31, e-mail: ysergey-2000@mail.ru

Постановка задачи. В виду актуальности проблематики повышенной опасности аварий и отказов при эксплуатации нефтепроводов в зоне вечной мерзлоты, стоит вопрос, связанный с проблемой надлежащей надежности и безопасности трубопроводного транспорта. Само строительство и эксплуатация нефтепроводов в данных климатических условиях характеризуется значительными экономическими потерями, из-за чего его устойчивость к таким специфическим климатическим и рельефным условиям, обеспечение надежностью и долговечностью является актуальной задачей.

Результаты. В работе рассмотрены часто используемые методы эксплуатации нефтепроводов в сложных условиях. Изложены и проанализированы способы повышения надежности и долговечности отдельных участков магистральной сети.

Выводы. В результате проведенных исследований установлены ключевые достоинства и недостатки основных методов закрепления нефтепроводов в вечно мерзлых грунтах, а также сформулированы некоторые рекомендации по выбору наиболее эффективного метода, который подойдет для того или иного участка нефтепровода.

Ключевые слова: нефтепровод, мерзлые грунты, анкерные устройства, термостабилизатор.

Введение. На сегодняшний день нефтепроводы занимают большую часть территории России, транспортируя нефть из самых отдаленных уголков страны в крупные города и другие страны. Большая часть запасов углеводородов находится в Западной Сибири, а прокладка и эксплуатация нефтепроводов в северных регионах России на сегодняшний день является неотложной задачей. Однако специфика проектирования, строительства и эксплуатации магистральных нефтепроводов на территории вечной мерзлоты накладывает определенные ограничения на строительство объектов. В процессе эксплуатации зачастую происходят негативные геокриологические процессы, например: пучение грунтов, морозобойное растрескивание, солифлюкция, формирование повторно-жильных льдов. В совокупности они негативно влияют на эксплуатационную надежность магистральных нефтепроводов вследствие потери устойчивости системы «магистральный трубопровод – грунт оснований» и в итоге приводят к негативным инцидентам [1, 2].

В результате особенностей климата усложняется и технология строительства систем, поскольку необходимо брать во внимание факторы, такие как влияние низких температур на систему; воздействие тепла, выделяемого установкой, на промерзший грунт; повреждения нефтепровода, происходящие при оттаивании и промерзании почвы.

Так как проблема обеспечения надежности северных нефтепроводов до сих пор не решена полностью, во время разработки появляются нюансы их надежности, то необходимо искать пути решения на всех стадиях строительства и во все периоды последующей эксплуатации. Из-за ряда возникающих специфических организационно-технических вопросов, достижение этой цели зачастую является более сложной задачей, чем укладка на стадии строительства [1, 3].

1. Проблемы, возникающие при эксплуатации в сложных климатических условиях многолетнемерзлых грунтов. В Российской Федерации в северных районах наибольшую площадь занимают грунты, которые находятся в состоянии вечной мерзлоты. Свойства таких грунтов зависит от процентного содержания в них льда: прочностные свойства тем выше, чем ниже температура. В зависимости от количества льда в грунте, он может варьироваться как от достаточно сухих грунтов, так и весьма льдистыми, доходя до состояния грязного льда.

Многолетние мерзлые грунты бывают прерывистыми и сплошными, это зависит от их распространения на крайнем севере. В связи с изменением температуры происходит нарушение поверхности растительного слоя, что приводит к стремительному таянию мерзлоты и разрушению ее структуры. Из-за этих факторов грунты после нескольких лет становятся трясинной и нарушается стабильная работа трубопроводов [4].

Для решения этих задач при проектировании необходимо определить: где возможно изменить условия их залегания, а где должен сохраниться естественный слой залегания мерзлых грунтов. К примеру, одним из возможных решений является строительство трубопровода надземным методом, используя специальные опоры, или же наземным, с использованием специальной грунтовой подушки. Прокладка трубопроводов на крайнем севере может прокладываться различными способами.

Существуют следующие типы искусственных оснований применяемых для укладки трубопровода в условиях вечной мерзлоты: свайные, продольно-лежневые опоры, «плавающие». Такие конструкции требуют большие затраты труда на их возведение и финансово затратны. Наиболее выгодным типом является грунтовое основание.

При прокладке трубопровода подземным способом в условиях просадочных грунтов используют проходные каналы, которые могут быть одноярусными или двухъярусными. На практике подземный способ прокладки используют реже, чем надземный [2, 5].

2. Способ повышения устойчивости анкерными устройствами (АУ). Методы балластировки и укрепления анкерами производят для предотвращения трубопровода от всплытия при возможном оттаивании. А для предотвращения оттаивания мерзлых грунтов по возможности необходимо использовать стационарное отсечное устройство (СОУ), особенно в зоне установки опорных элементов или анкеров.

Анкерная система типа «УАЗТ» предназначена для предотвращения всплытия трубопроводов в обводненных грунтах с сезонным промерзанием. Устройство состоит из ведущих стержней, а также стержней одинаковой длины для набора необходимой глубины погружения закрепляющего устройства. Основные преимущества «УАЗТ» по сравнению с традиционными способами прокладки магистральных трубопроводов:

– устройство анкерное для закрепления трубопроводов не имеет острых и повреждающих изоляцию конструкций, благодаря этому целостность трубы остается неизменной;

– анкера позволяют прокладывать магистрали без дополнительных фундаментов как открытым, так и закрытым способом укладывая трубы на грунт;

– значительно сокращается время строительства в виду отсутствия дополнительных работ;

– складирование и перевозка «УАЗТ» для закрепления трубопровода анкерами очень компактное и собирается в проектное положение на месте монтажа силами двух рабочих;

– анкерная система спроектирована таким образом, что во время закрепления трубопроводов от всплытия составные элементы не требуют антикоррозийной обработки. Все детали выполняются из цельной толстой стали с высоким уровнем текучести и сопротивления к нагрузкам.

В условиях вечной мерзлоты применяют следующие виды АУ:

Раскрывающийся анкер (рис. 1) устанавливается в грунт и под воздействием ударной нагрузки, прикладываемой к оголовнику его штанги, раскрывается обратным частичным извлечением из грунта с помощью мощного трубоукладчика или специально разработанного для этого механизма [6].

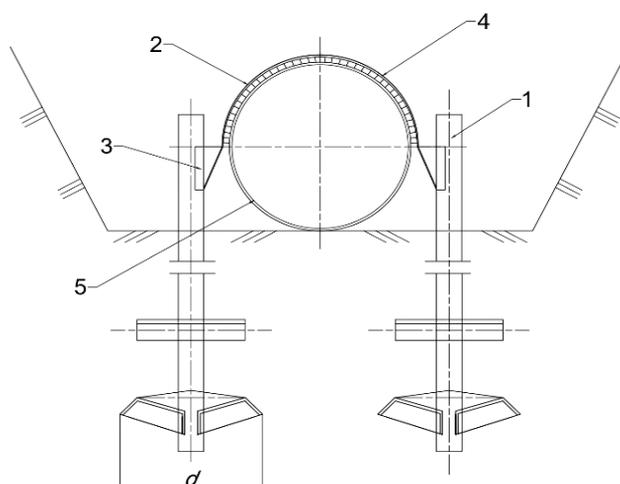


Рис. 1. Анкерное устройство раскрывающегося типа: 1 – анкер раскрывающийся; 2 – прокладка; 3 – хомут; 4 – мат; 5 – трубопровод [1]

Вмораживаемые АУ существуют дискового (рис. 2) и стержневого (рис. 3) типов.

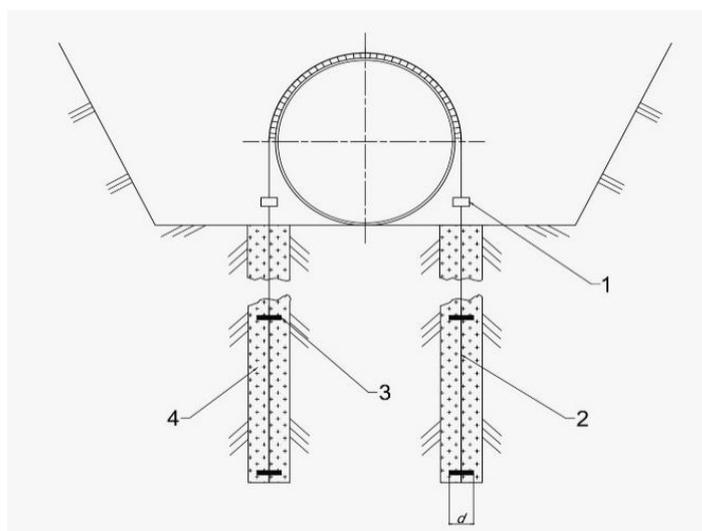


Рис. 2. Схема конструкции вмораживаемого анкерного устройства дискового типа: 1 – ограничитель усилий; 2 – тяга; 3 – металлические диски; 4 – грунтовый раствор [1]

Анкерное устройство дискового типа (рис. 2) состоит из двух тяг с круглыми дисками, расположенными на определенном расстоянии друг от друга, двух ограничителей усилий и силового пояса. А анкерное устройство стержневого типа (рис. 3) отличается от предыдущего тем, что в нем отсутствуют диски, а тяги выполнены из арматуры периодического профиля. Ограничители усилий в анкерном устройстве применяются в случае закрепления трубопроводов, прокладываемых в пучинистых грунтах [7].

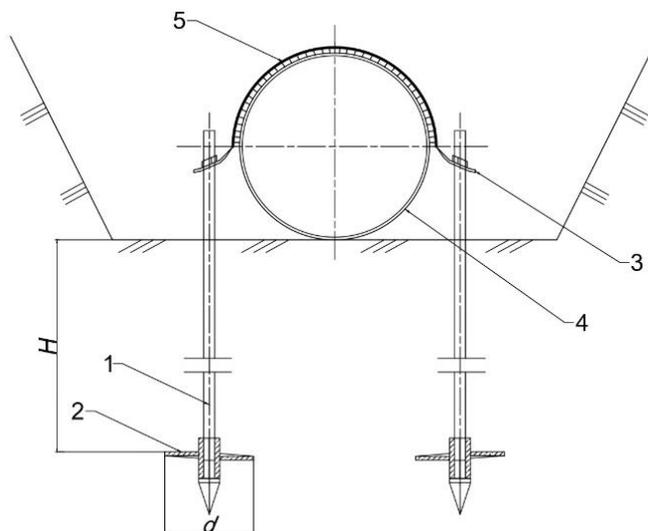


Рис. 3. Схема конструкции стержневого анкерного устройства: 1 – тяга анкерная; 2 – винт анкера; 3 – силовой пояс; 4 – трубопровод; 5 – прокладка [1]

3. Применение термостабилизаторов. Самый значительный вклад в устойчивость трубопроводов вносят, как указывалось выше, инженерно-геологические и геокриологические условия. Важнейшими из них являются льдистость, засоленность и физико-механические свойства многолетних мерзлых грунтов (ММГ), а также изменения их свойств в процессе эксплуатации и строительства трубопроводов. Подземная прокладка на территории вечной мерзлоты усугубляется образованием вокруг трубы ореолов оттаивания, которые приводят к последующим проблемам: формирование протяженных обводненных зон вдоль трубы. Они вызывают на этом месте просадки грунта, формирование озерно-болотных котловин термокарстового происхождения, развитие термоэрозии и другие процессы, ведущие часто к неустойчивому положению трубы в грунтах с перспективой ее разрыва.

ММГ могут надежно выдерживать несущую нагрузку нефтепровода, но только при условии их сохранности, в том числе естественного температурного режима. Поэтому при их проектировании требуется разработка мероприятий, предотвращающих или ограничивающих их тепловое влияние на грунты основания. В зависимости от грунтовых условий применяется необходимый способ термостабилизации грунтов трубопровода, причем особое внимание при проектировании следует уделять надежности сохранения ММГ при возможном выходе части систем термостабилизации грунтов из работы.

Термостабилизаторы – это парожидкостные сифоны, которые заправляют хладагентом, помещаемые в специально пробуренные скважины, расположенные рядом с опорным фундаментом. Они необходимы для понижения температуры грунта. В них встроены испаритель и конденсатор. Испаритель нужен для поглощения тепла из грунта, а конденсатор рассеивает это тепло в окружающей атмосфере. В теплые периоды, когда

температура конденсатора превышает температуру теплоносителя (хладагента), циркуляция останавливается и процесс прекращается до следующего похолодания.

За последние несколько десятков лет данный метод получил большую популярность в инженерной защите многолетних мерзлых грунтов (ММГ) от деградации благодаря его эффективности [4, 5, 8].

Рассмотрим различные схемы компоновки термостабилизаторов в грунте: в наклонном положении (рис. 4, 5б) и в вертикальном (рис.5а). Сравним данные схемы.

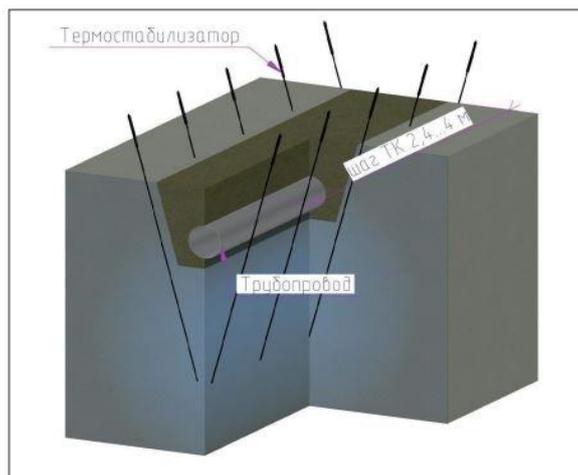


Рис. 4. Установка термостабилизатора в наклонном положении [1]

Область, которую мы рассматриваем, является трехмерным объектом с ограниченной сверху дневной поверхностью, а снизу – плоскостью, которая находится на достаточной глубине, не влияющей ни на какие процессы в интересующей части области. Соответствие условию симметрии означает то, что на боковых гранях расчетной области задается нулевой тепловой поток. В зависимости от граничных условий третьего рода с параметрами, определяемыми по времени, моделируется работа охлаждающих устройств.

Для оценки работы вертикальных и наклонных термостабилизаторов выбраны расчетные области размерами соответственно $50,0 \times 49,0 \times 30,0$ м и $50,0 \times 49,2 \times 30,0$ м (по осям x , y , z соответственно).

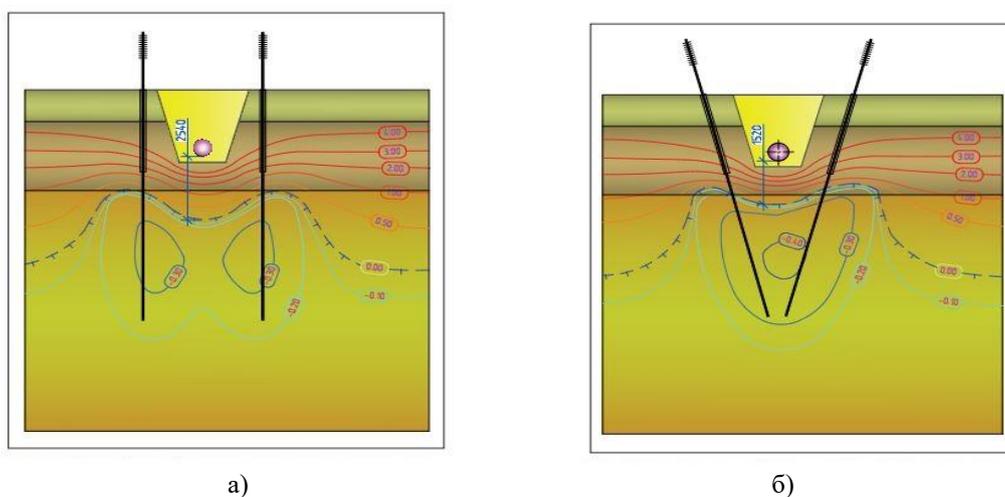


Рис. 5. Сравнительный анализ работы вертикальных (а) и наклонных (б) термостабилизаторов [1]

С учетом снежного покрова были заданы граничные условия третьего рода для верхней границы. Граничные условия второго рода были заданы на боковых границах, а для нижних границ приняли постоянную температуру грунта, равную минус 0,24 °С (согласно термометрическим данным по С-233н). Нефтеконденсатопровод моделируется условиями теплообмена третьего рода посредством задания температуры продукта и коэффициента теплоотдачи. Прогнозные расчеты температурного режима грунтов основания нефтеконденсатопровода проводились при следующих исходных данных:

- температура продукта в трубе равна плюс 47 °С;
- диаметр трубы равен 426 мм, толщина стенки трубы равна 9 мм;
- теплоизоляция трубы из пенополиуретана на исследуемом пикете нефтеконденсатопровода составляет 100 мм (коэффициент теплопроводности принят равным 0,03 Вт/(м/°С);
- вертикальные и наклонные термостабилизаторы имеют угол наклона от вертикали соответственно 0 и 15 градусов и установлены вдоль трубы с шагом 3,5 м;
- учитывается работа термостабилизаторов с октября по май.

Сравнительный анализ работы вертикальных и наклонных термостабилизаторов (рис. 5) по результатам прогнозных расчетов показал следующие данные (таблица).

Глубина оттаивания и величина осадки грунтов
под нефтеконденсатопроводом

Конец летнего периода (1 октября)	Глубина оттаивания грунтов под нефтеконденсатопроводом от низа теплоизоляции трубы, м		Осадка грунта, м	
	Термостабилизатор		Термостабилизатор	
	Вертикальный	Наклонный	Вертикальный	Наклонный
Первый год	2,54	1,52	0,3	0,17
Второй год	1,58	1,07	0,07	0,02
Третий год	1,18	0,85	0,03	0,01

Из таблицы следует, что:

– способствуют понижению температур грунтов основания оба варианта установки термостабилизаторов;

– у варианта с вертикальным положением термостабилизаторов глубины и ореолы оттаивания ММГ, а также осадка тающих грунтов по годам больше, а у наклонных термостабилизаторов стабильно меньше.

По динамике глубины и ореолов оттаивания ММГ и осадке тающих грунтов можно сделать вывод, что при термостабилизации мерзлых грунтов, вмещающих подземные нефтепроводы, более выгодно использовать наклонные термостабилизаторы, чем вертикальные [9, 10].

Выводы. Проанализировав всю вышеизложенную информацию можно сделать вывод, что на данный момент эффективными методами повышения надежности нефтепровода в условиях вечной мерзлоты, а также его защиту от пучения грунтов, морозобойного растрескивания, солифлюкции, формирования повторно-жильных льдов является использование анкерных устройств повышения устойчивости различного вида и методов закрепления в грунтах сетей нефтепроводов. Еще одним эффективным методом является применение термостабилизаторов в грунтовых основаниях ввиду значительного снижения затрат и сроков строительства.

Библиографический список

1. Бурков П.В., Буркова С.П., Клюс О.В. Исследование напряженно-деформированного состояния подземных трубопроводов проложенных в условиях вечной мерзлоты // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2011. № 2. С. 184–189.
2. Забелин М.В., Хлестков А.Р., Лебедева С.М. Проектирование трубопроводов компрессорных станций в условиях вечной мерзлоты // Неделя Науки СПбПУ: материалы научной конференции с международным участием. С.-Пб., 13–19 ноября 2017 года. С. 195–197.
3. Хисматуллина И.З. Надземная прокладка трубопровода в условиях вечной мерзлоты // Материалы Международной научно-практической конференции молодых исследователей им. Д. И. Менделеева. Тюмень, 21–24 октября 2017 года. С. 49–51.
4. Романюк Е.В., Нечваль А.М. Оценка типовых методик расчета глубины оттаивания ореолов грунта под трубопроводами в условиях вечной мерзлоты // Научные технологии в решении проблем нефтегазового комплекса : материалы Международной молодежной научной конференции. Уфа, 19–24 декабря 2016 года. С. 249–255.
5. Гаррис Н.А., Кутлыева З.Р., Баева Г.Н. Алгоритм регулирования процесса протаивания-промерзания грунта вокруг наземного трубопровода в условиях вечной мерзлоты // Нефтегазовое дело. 2018. № 6. С. 46–55.
6. Тульская С.Г., Калинина А.И., Петрикеева Н.А. Основные аспекты экологических проблем нефтегазовой отрасли // Нефтяная столица. Материалы 4-й Международного молодежного научно-практического форума. Ханты-Мансийск, 2021. С. 199–202.
7. Журавлев П.О., Плаксина Е.В. Разрушающие методы контроля трубопроводов // Градостроительство. Инфраструктура. Коммуникации. 2021. № 1 (22). С. 34–38.
8. Чеснокова И.В. Экономическая оценка и вопросы страхования последствий опасных геологических и геокриологических процессов. Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений. 2013. № 6. С. 10–14.
9. Коннова Л.А., Львова Ю.В. Деграция вечной мерзлоты в контексте безопасности жизнедеятельности в арктической зоне Российской Федерации Проблемы управления рисками в техносфере. 2019. № 3 (51). С. 27–33.
10. Инженерные решения в строительстве на вечной мерзлоте в плане повышения энергоэффективности сооружений / В.П. Мельников, А.А. Мельникова, Г.В. Аникин, К.С. Иванов, К.А. Спасенникова // Криосфера Земли. 2014. № 3. С. 82–90.

Для цитирования: Аралов Е.С., Монько В.И., Глыжко С.В. Определение наиболее эффективного метода повышения эксплуатационной надежности нефтепровода в условиях вечной мерзлоты // Градостроительство. Инфраструктура. Коммуникации. 2022. № 2(27). С. 46–52.

ПРАВИЛА НАПИСАНИЯ И ОФОРМЛЕНИЯ СТАТЕЙ

Уважаемые авторы, пожалуйста, строго следуйте правилам написания и оформления статей для опубликования в журнале «Градостроительство. Инфраструктура. Коммуникации».

1. Изложение материала должно быть ясным, логически выстроенным. Обязательными структурными элементами статьи являются *Введение* (~0,5 страницы) и *Выводы* (~0,5 страницы), другие логические элементы (пункты и, возможно, подпункты), которые следует выделять в качестве заголовков.

1.1. *Введение* предполагает:

- обоснование актуальности исследования;
- анализ последних публикаций, в которых начато решение исследуемой в статье задачи (проблемы) и на которые опирается автор в своей работе;
- выделение ранее не решенных частей общей задачи (проблемы);
- формулирование цели исследования (постановка задачи).

1.2. Основной текст статьи необходимо структурировать, выделив логические элементы заголовками (например, «Анализ характера разрушения опытных образцов...», «Расчет прочности тела фундамента»). В основном тексте рекомендуется выделение не менее двух пунктов (разделов).

1.3. Завершить изложение необходимо *Выводами*, в которых следует указать, в чем заключается научная новизна изложенных в статье результатов исследования («Впервые определено/рассчитано...», «Нами установлено...», «Полученные нами результаты подтвердили/опровергли...»).

1.4. Оригинальность научной работы должна составлять не менее 75 %, при этом величина цитирования и самоцитирования в это значение не входят.

2. Особое внимание следует уделить аннотации: она должна в сжатой форме отражать содержание статьи. Логически аннотация, как и сам текст статьи, делится на три части - *Постановка задачи* (или *Состояние проблемы*), *Результаты*, *Выводы*, которые также выделяются заголовками. Каждая из этих частей в краткой форме передает содержание соответствующих частей текста - введения, основного текста и выводов. Аннотация приводится сразу после информации об авторах.

Требуемый объем аннотации – 7÷10 строк, набранных шрифтом высотой 10 пт. Отступ справа и слева – 1 см, выравнивание по ширине.

3. Обязательно указание мест работы всех авторов, их должностей, контактной информации (сведения об авторах приводятся в начале статьи и набираются шрифтом высотой 10 пт.).

4. Объем статьи должен составлять не менее 4 и не более 10 страниц формата А 4. Поля слева и справа – по 2 см, снизу и сверху – по 2,5 см.

5. Обязательным элементом статьи является индекс УДК, который приводится перед заглавием.

6. Ключевые слова, расположенные в тексте после аннотации, приводятся шрифтом высотой 10 пунктов и помогают в поиске материала статьи в сети Интернет.

7. Для основного текста используйте шрифт Times New Roman высотой 12 пунктов с одинарным интервалом. Не используйте какой-либо другой шрифт. Для обеспечения однородности стиля не используйте курсив, а также не подчеркивайте текст. Отступ первой строки абзаца – 1 см.

8. Графики, рисунки и фотографии монтируются в тексте после первого упоминания о них. Название иллюстраций (10 пт., обычный) дается под ними после слова Рис. с

порядковым номером (10 пт., полужирный). Если рисунок в тексте один, номер не ставится. Все рисунки и фотографии желательно представлять в цветном варианте; они должны иметь хороший контраст и разрешение не менее 300 dpi. Избегайте тонких линий в графиках (толщина линий должна быть не менее 0,2 мм). Рисунки в виде ксерокопий из книг и журналов, а также плохо отсканированные не принимаются.

9. Слово «Таблица» с порядковым номером размещается по правому краю. На следующей строке приводится название таблицы (выравнивание по центру без отступа) без точки в конце. Единственная в статье таблица не нумеруется.

10. На первой странице внизу также обязательным элементом является указание авторского знака © с перечислением ФИО всех авторов и года издания статьи.

11. Используемые в работе термины, единицы измерения и условные обозначения должны быть общепринятыми. Все употребляемые автором обозначения и аббревиатуры должны быть определены при их первом появлении в тексте.

12. Все латинские обозначения набираются курсивом, названия функций (sin, cos, exp) и греческие буквы - обычным (прямым) шрифтом. Все формулы должны быть набраны только в редакторе формул MathType. Расположение формулы по центру, нумерация по правому краю. Пояснения к формулам (экспликация) должны быть набраны в подбор (без использования красной строки).

13. Ссылки на литературные источники в тексте заключаются в квадратные скобки [1]. Библиографический список приводится после текста статьи на русском языке в соответствии с требованиями ГОСТ Р 7.0.5-2008. Список источников приводится в алфавитном порядке или по порядку их упоминания в тексте.

14. Статьи представляются в электронном и отпечатанном виде, печатный экземпляр должен быть подписан всеми авторами.

15. Редакция обеспечивает рецензирование статей. Статья рецензируется не более двух раз, после повторной отрицательной рецензии статья отклоняется.

16. Для публикации статьи необходимо заполнить и выслать на адрес редакции сопроводительное письмо (шаблон письма размещен на сайте журнала <http://journal-gik.wmsite.ru>).

17. Редакция имеет право производить сокращения и редакционные изменения текста рукописи.

18. Редакция поддерживает связь с авторами преимущественно через электронную почту – будьте внимательны, указывая адрес для переписки.

19. Представляя рукопись в редакцию, автор гарантирует, что:

– он не публиковал и не будет публиковать статью в объеме более 50 % в других печатных и (или) электронных изданиях, кроме публикации статьи в виде препринта;

– статья содержит все предусмотренные действующим законодательством об авторском праве ссылки на цитируемых авторов и издания, а также используемые в статье результаты и факты, полученные другими авторами или организациями;

– статья не включает материалы, не подлежащие опубликованию в открытой печати, в соответствии с действующими нормативными актами.

Автор согласен с тем, что редакция журнала имеет право:

– предоставлять материалы научных статей в российские и зарубежные организации, обеспечивающие индексы научного цитирования;

– производить сокращения и редакционные изменения текста рукописи;

– допечатывать тираж журнала со статьей автора, размещать в СМИ предварительную и рекламную информацию о предстоящей публикации статьи и вышедших в свет журналах.

20. Рукописи статей авторам не возвращаются (даже в случае отказа в публикации) и вознаграждение (гонорар) за опубликованные статьи не выплачивается.