

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«ТЮМЕНСКИЙ ИНДУСТРИАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ЭНЕРГЕТИКИ

*Материалы
I Национальной научно-практической конференции*

Тюмень
ТИУ
2022

УДК 69
ББК 003
С 653

Ответственный редактор:

доктор экономических наук, профессор А. В. Воронин

Редакционная коллегия:

А. П. Белкин, О. А. Степанов,
Е. О. Антонова, Н. В. Рыдалина

С 653 Современные проблемы энергетики: материалы I Националь-
ной научно-практической конференции / отв. ред. А. В. Воронин. –
Тюмень: ТИУ, 2022. – 106 с. – Текст: непосредственный.
ISBN 978-5-9961-2840-2

В издании опубликованы статьи, доклады, представленные на I Национальной научно-практической конференции, в которых изложены результаты исследовательских и опытно-конструкторских работ по широкому кругу вопросов. В сборник вошли материалы работы секций: «Энерго и ресурсосбережение», «Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии», «Теплоэнергетика».

Издание предназначено для научных, инженерно-технических работников, а также обучающихся технических вузов.

УДК 69
ББК 003

ISBN 978-5-9961-2840-2

© Федеральное государственное
бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Тюменский индустриальный
университет», 2022

СОДЕРЖАНИЕ

СЕКЦИЯ «ЭНЕРГО И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ».....	5
<i>Гареева Н. А., Шагеева Д. Т., Аскаров Р. М.</i> СПОСОБ СНИЖЕНИЯ ПОТЕРЬ НЕФТИ И НЕФТЕПРОДУКТОВ ОТ «МАЛЫХ ДЫХАНИЙ» ИЗ РЕЗЕРВУАРОВ ВЕРТИКАЛЬНЫХ СТАЛЬНЫХ.....	5
<i>Казаринов Ю. И., Васильева М. Е., Глазкова В. А.</i> РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ПОРШНЕВЫХ ПАЛЬЦЕВ ГОРЯЧИМ ПЛАСТИЧЕСКИМ ДЕФОРМИРОВАНИЕМ.....	9
<i>Казаринов Ю. И., Рустамов К. А., Шафигов М. А.</i> ВОССТАНОВЛЕНИЕ ДЕТАЛЕЙ НА ОСНОВЕ ТЕХНОЛОГИИ МОКРОЙ НАПЛАВКИ.....	13
<i>Лазовик А. С.</i> ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ СИСТЕМ «УМНОГО ДОМА».....	17
<i>Охлопков Д. А., Егорова Т. Р.</i> ПОДЗЕМНОЕ ХРАНИЛИЩЕ ГЕЛИЯ КАК ИНСТРУМЕНТ РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЯ.....	19
<i>Пак Чхоль Мин, Штым К. А.</i> МЕТОД РАСЧЕТА СТЕПЕНИ НЕПОЛНОГО СГОРАНИЯ КОМПОНЕНТОВ ГАЗООБРАЗНОГО ТОПЛИВА.....	23
<i>Полтавец В. В., Шаповалова Н. Н.</i> ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩАЯ РОЛЬ АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ ИЗГОТОВЛЕНИИ ТИТАНОВЫХ ИЗДЕЛИЙ.....	26
<i>Процко Д. С., Панов С. Ю.</i> ПОВЫШЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ПОЛЕЗНОГО ДЕЙСТВИЯ СИСТЕМ ОТОПЛЕНИЯ.....	30
<i>Руфанова И. М., Фаттахова А. И.</i> СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДИК ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ГАЗОВОГО ПРОСТРАНСТВА РЕЗЕРВУАРОВ ПРИ РАСЧЕТЕ ПОТЕРЬ НЕФТИ И НЕФТЕПРОДУКТОВ ОТ «МАЛЫХ ДЫХАНИЙ».....	33
<i>Симонов А. Ю., Доманский В. О.</i> ДОПОЛНЕННАЯ РЕАЛЬНОСТЬ, КАК ЭЛЕМЕНТ СИСТЕМЫ ГЕОЛОКАЦИИ	36
<i>Сомов А. М., Захаренко С. О.</i> ВЛИЯНИЕ ШАГА СПИРАЛИ-ТУРБУЛИЗАТОРА НА ИНТЕНСИФИКАЦИЮ ТЕПЛООБМЕНА ..	38
СЕКЦИЯ «НЕТРАДИЦИОННЫЕ И ВОЗОБНОВЛЯЕМЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ».....	41
<i>Гиясов А. И., Гиясов Р. Б.</i> СОЛНЕЧНЫЙ РЕСУРС КАК ИСТОЧНИК ЭНЕРГИИ И ВОЗМОЖНОСТЬ ЕГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ.....	41
<i>Дусалимов М. Э., Валиуллина С. Я., Гундорова И. Г.</i> ОСОБЕННОСТИ ТРАНСПОРТА И ХРАНЕНИЯ ВОДОРОДА.....	45
<i>Куликов Р. В.</i> ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ТЕРМОЯДЕРНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ. ТОКАМАК.....	47
<i>Рахматуллин С. С.</i> КЛЮЧЕВЫЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ПРОЕКТЫ В ОТРАСЛИ ВИЭ В 2022 ГОДУ	50

<i>Рахматуллин С. С.</i> ОСНОВНЫЕ ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ ВОЗОБНОВЛЯЕМОЙ ЭНЕРГЕТИКИ В 2022 ГОДУ	53
<i>Логачев Е. С., Калпакова Ю. А. Бурило Н. А.</i> ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ АВТОНОМНЫХ ОБЪЕКТОВ НА БАЗЕ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ	56
<i>Магомедов М. М., Овчинников И. Г.</i> ВЕТРОВОЕ ЭНЕРГООБЕСПЕЧЕНИЕ МОСТОВЫХ СООРУЖЕНИЙ В ГОРНЫХ УСЛОВИЯХ	60
<i>Стадник М. Н.</i> АЛЬТЕРНАТИВНЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ КАК СПОСОБ РАЗГРУЗКИ АТОМНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ И НЕФТЕГАЗОВОГО КОМПЛЕКСА	64
СЕКЦИЯ «ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКА»	67
<i>Антонова Е. О., Шириков К. Н.</i> ВЕНТИЛЯЦИЯ И ДЫМОУДАЛЕНИЕ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ, С ПРИМЕНЕНИЕМ УЛЬТРАЗВУКА	67
<i>Антонова Е. О., Юрченко А. С.</i> ПРИМЕНЕНИЕ ПРИТОЧНО-ВЫТЯЖНЫХ УСТАНОВОК В СИСТЕМАХ ВЕНТИЛЯЦИИ ЖИЛЫХ ЗДАНИЙ	70
<i>Ахметшина Л. А., Фазлеев Т. Р. Смородова О. В.</i> ЭФФЕКТИВНОЕ ПРИМЕНЕНИЕ КОМПОЗИТНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ В СИСТЕМЕ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ	73
<i>Бакиров Р. Т., Шабалин А. С.</i> ОЦЕНКА УЧЕТА ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ, ПРОБЛЕМЫ И ПУТИ РЕШЕНИЯ	77
<i>Быта А. О., Антонова Е. О.</i> РАЗРАБОТКА СИСТЕМ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ МЕГАПОЛИСА	79
<i>Давлетбаев К. В., Поташкин Н. В., Рыдалина Н. В.</i> ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОХЛАЖДЕНИЯ ТЕПЛОНОСИТЕЛЯ В ТЕПЛООБМЕННИКАХ С РАЗЛИЧНЫМ КОЭФФИЦИЕНТОМ ПОРИСТОСТИ МЕТАЛЛА	82
<i>Ковязина В. А., Антонова Е. О.</i> ОПТИМИЗАЦИЯ РЕМОНТНЫХ РАБОТ ТЕПЛОВЫХ СЕТЕЙ В УСЛОВИЯХ ОГРАНИЧЕННЫХ РЕСУРСОВ	85
<i>Кузьменко К. Е., Куриленко Н. И.</i> ЗАВИСИМОСТЬ ТЕПЛОВЫХ ПОТЕРЬ ТРУБОПРОВОДОВ ОТ СТЕПЕНИ ВЛАЖНОСТИ ГРУНТА И ТЕПЛОВОЙ ИЗОЛЯЦИИ	87
<i>Рубцов Д. Д., Сомов А. М.</i> УТИЛИЗАЦИЯ ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ ПРИ РАСТОПКЕ КОТЕЛЬНОГО АГРЕГАТА С ПОМОЩЬЮ КТАНОВЫХ УСТАНОВОК	91
<i>Рябухина В. Е.</i> СПОСОБЫ УЛАВЛИВАНИЯ И УТИЛИЗАЦИИ УГЛЕКИСЛОГО ГАЗА	94
<i>Третьякова П. А., Халикова А. А.</i> ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ СИСТЕМ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ	97
<i>Третьякова П. А., Глазкова С. Е.</i> ЭФФЕКТИВНОСТЬ СИСТЕМ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ	101

УДК 622.692.23

СПОСОБ СНИЖЕНИЯ ПОТЕРЬ НЕФТИ И НЕФТЕПРОДУКТОВ ОТ «МАЛЫХ ДЫХАНИЙ» ИЗ РЕЗЕРВУАРОВ ВЕРТИКАЛЬНЫХ СТАЛЬНЫХ

Гареева Н. А., магистрант, nuriagar@rambler.ru

Шагеева Д. Т., магистрант, dinara.gis@inbox.ru

Аскарров Р. М., д-р техн. наук, доцент, askarov1943@mail.ru

г. Уфа, Уфимский государственный нефтяной технический университет.

Аннотация. В данной работе рассматривается методика расчета потерь нефти при «малых дыханиях» из резервуара вертикального стального (РВС) и приводится обоснование технического предложения, автономного источника электроэнергии в виде солнечных панелей, позволяющего минимизировать потери от «малых дыханий» в резервуарах вертикальных стальных.

Ключевые слова: резервуар вертикальный стальной, потери при малых дыханиях, солнечные панели, минимизация потерь.

Как известно, при транспорте и хранении нефти и нефтепродуктов происходит потеря некоторой ее части. Это связано с физическими свойствами нефти и нефтепродуктов и изменением термобарических условий в процессе эксплуатации, а также с проведением технологических операций по их опорожнению и наполнению. Такие потери могут достигать до 20% от общего количества.

Доминирующими являются потери в больших резервуарах, не оснащенных современным оборудованием (понтон и др.), на них приходится основная доля потерь (до 75%).

Помимо прямых потерь продукта эти процессы оказывают негативное влияние на экологию. Например, по Парижскому соглашению, РФ должна достичь к 2030 году выбросов парниковых газов не более 70% от уровня 1990 года [1], и в этом направлении нужно предпринимать конкретные шаги.

В данной работе рассматривается новое техническое решение, позволяющее минимизировать потери нефти и нефтепродуктов при «малых дыханиях» в резервуарах вертикальных стальных[2].

«Малые дыхания» РВС происходят вследствие изменения температуры паровоздушной смеси и хранимого нефтепродукта в течение суток. Днем температура повышается, испарение и объем паровоздушной смеси увеличиваются, срабатывает клапан и выпускает смесь в атмосферу, ночью давление в газовом пространстве резервуара уменьшается, при вакууме

свыше допустимого срабатывает дыхательный клапан, впуская воздух из атмосферы в резервуар.

Потери нефти и нефтепродуктов от «малых дыханий» вычисляются по формуле Н. Н. Константинова [3]:

$$G_{MD} = \sigma \cdot V_r \cdot \ln \left[\frac{(P_a - P_{KB} - P_{\min}) \cdot T_{r \max}}{(P_a + P_{KD} - P_{\max}) \cdot T_{r \min}} \right], \quad (1)$$

где σ – среднее массовое содержание паров нефти в ПВС; V_r – объем ГП резервуара; $P_{\min}$, $P_{\max}$ – соответственно, минимальное и максимальное парциальные давления паров нефти в ГП резервуара в течение суток; $T_{r \min}$, $T_{r \max}$ – минимальная и максимальная температуры ГП резервуара в течение суток.

σ и V_r будут при всех вариантах расчета, но могут изменяться в зависимости от температуры, степени заполнения ПВС и других факторов.

Из математики известно, что $\ln 1 = 0$, если математическое выражение в квадратных скобках будет приближаться к единице, то все выражение будет приближаться к 0.

P_a – атмосферное давление, имеется и в числителе и знаменателе.

$T_{r \max}$ и $T_{r \min}$ – максимально приблизить, например $\pm 1^\circ\text{C}$.

$P_{\max}$ и $P_{\min}$ – также зависят от $T_{r \max}$ и $T_{r \min}$

Расчет величин $T_{r \min}$ и $T_{r \max}$ выполняется по формулам:

$$T_{r \min} = \theta_{r \min} + T_{n.ср}, \quad (2)$$

$$T_{r \max} = \theta_{r \max} + T_{n.ср}. \quad (3)$$

Из вышеизложенного следует, что главным фактором воздействия на величину «малого дыхания» является температура, которая, в т.ч. формирует $P_{\min}$, $P_{\max}$. Исходя из концепции расчета потерь в формуле (1), рассмотрим теоретическую возможность избежать этих потерь.

В качестве примера, рассмотрим эксплуатационные потери от "малого дыхания" ПВС 20000 м³, заполненного нефтью, расположенного в Оренбургской области. Для расчета был принят максимально допустимый уровень взлива резервуара для ПВС 20000 м³. Условно, опорожнения резервуара в течение месяца не производились. В таблицах 1 и 2 приведены результаты расчета потерь нефти при «малых дыханиях» из резервуара ПВС 20000 в течение года.

Таблица 1

Потери нефти от «малых дыханий» при средних месячных температурах в Оренбургской области

	Январь	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь
T max	-5	-4	5	12	22	25	32	26	20	13	-1	-12
Tmin	-6	-8	-2	3	11	13	18	15	8	3	-6	-15
G сут, кг	11,9	17,1	35,8	71,7	124,7	150	207,6	152	100,2	62,1	46,8	12,6
G мес, кг	368,9	495,9	1109,8	2151	3866	4500	6435,6	4712	3006	1925,1	1404	390,6

Потери нефти от «малых дыханий»
при минимальном температурном перепаде

	Январь	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь
T max	-5	-3	1	4	8	12	16	15	9	4	-5	-13
T min	-6	-4	0	3	7	11	15	14	8	3	-6	-14
G сут, кг	11,9	17	30,8	49,8	76,3	102,3	116,4	104,4	68,5	42,4	21,5	10,7
G мес, кг	368,9	493	954,8	1494	2365	3069	3608,4	3236,4	2055	1314,4	645	331,7

Суммарные потери, таблица 1, составили 30364,9 кг, таблица 2—16692,2 кг. Таким образом, если обеспечить «теплонепроницаемую» для колебаний температуры стенку и крышу РВС и обеспечить стабильную, с минимумом колебаний, например, $\pm 1^\circ\text{C}$ температуру продукта, теоретически, «малые дыхания» можно минимизировать, а значит, в значительной степени предотвратить выбросы продукта в атмосферу.

Практическое обеспечение хранения нефти и нефтепродуктов с минимальными потерями возможно при использовании принципиально новой конструкции РВС с теплонепроницаемой стенкой. Однако, основная цель нашей работы - приспособить под эту технологию существующие РВС, поэтому предлагается создать стенку и крышу с возможностью регулирования температуры, таким образом, чтобы обеспечить постоянство (например, плавное в пределах $\pm 1^\circ\text{C}$) температуры продукта в РВС.

Рассмотрим схему с охлаждением (подогревом) стенки РВС, с устройством холодильного контура, изображенного на рис. 1. Источник электроэнергии автономный – солнечные панели, на боковой поверхности и крыше резервуаров вертикальных стальных, расположенных по траектории движения солнца, от восхода до захода солнца, связанных между собой, аккумуляторными батареями и автоматической системой управления, регулирующей температуру хладагента, проложенного по кольцевой схеме по внутренней поверхности стенки резервуаров вертикальных стальных, где они понижают и стабилизируют температуру внутренней поверхности резервуаров вертикальных стальных, а также нефтепродукта. Управление электроснабжением осуществляется автоматической компьютерной системой, которая поддерживает заданную температуру продукта (например, понижает днем и стабилизирует ночью). Чем выше температура воздуха, тем больше энергии потребуется использовать, обеспечивая стабильную температуру стенки РВС, а значит и нефтепродукта. Эффект заключается в том, что с увеличением солнечной активности в панелях увеличивается выработка электроэнергии, которая и обеспечивает потребность в достаточных объемах.

Расчет для резервуара РВС-20000 согласно [4] показал, что необходимая холодопроизводительность установки с теплоизоляцией составила 763,176 кВт, а без теплоизоляции – 2,579 МВт.



Рис. 1. Принципиальная схема установки с охлаждением

Таким образом, из произведенных расчетов можно сделать вывод, что минимизация колебаний температуры продукта, оснащение РВС автономным источником электроэнергии, в виде солнечных панелей, позволят в разы сократить потери от «малых дыханий».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Определяемый на национальном уровне вклад Республики Беларусь в сокращение выбросов парниковых газов до 2023 года : [сайт]. - URL: <https://www4.unfccc.int> (дата обращения: 23.10.2021). – Текст : электронный.

2. Патент № 2762048С1 Российская Федерация, МПК В65D 88/74. Способ снижения потерь нефтепродуктов, хранящихся в резервуарах вертикальных стальных: № 2021105572/11(012111): заявл. 03.03.2021 : опубл. 15.12.21 / Р. М. Аскаров, Н. А. Гареева, Д. Т. Гизатуллина, Р. Г. Аскаров ; патентообладатель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Уфимский государственный нефтяной технический ун-т» (УГНТУ). - 9 с. – Текст : непосредственный.

3. Типовые расчеты при проектировании и эксплуатации нефтебаз и нефтепроводов : учебное пособие для вузов / П. И. Тугунов, В. Ф. Новоселов, А. А. Коршак, А. М. Шаммазов. – Уфа : ДизайнПолиграфСервис, 2002. - 332 с. – Текст : непосредственный.

4. Михеев М. А. Основы теплопередачи: учебное пособие для вузов / М. А. Михеев, И. М. Михеева. – Изд. 2-е, стереотип. – Москва : Энергия, 1977. - 344 с. – Текст: непосредственный.

РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ПОРШНЕВЫХ ПАЛЬЦЕВ ГОРЯЧИМ ПЛАСТИЧЕСКИМ ДЕФОРМИРОВАНИЕМ

Казаринов Ю. И., канд. техн. наук, доцент, kazarinovji@tyuiu.ru

Васильева М. Е., студент, mashavasilyeva2602@gmail.com

Глазкова В. А., студент, lera.glazkova2001@mail.ru

г. Нижневартовск, филиал ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный университет»

Аннотация: Метод горячей пластической деформации является одним из перспективных методов восстановления поршневых пальцев шатунно-поршневой группы двигателей внутреннего сгорания. В работе предлагается методика расчета напряженно-деформированного состояния в сопряжении «пуансон-штамп». Результат был получен для выбранной схемы формообразования – открытой прошивки. Процесс восстановления поршневых пальцев горячим пластическим деформированием позволяет повысить их прочность и, в частности усталостную прочность.

Ключевые слова: восстановление, пластическая деформация, прочность, напряженное состояние, пуансон.

Ресурсосбережение при проведении технического обслуживания и ремонта автотранспортных средств представляет собой систему технических, организационных, нормативно-правовых и экономических мер, направленных на рациональное использование всех видов ресурсов при осуществлении технологических процессов в производстве.

Важной проблемой ресурсосбережения является решение вопросов сохранения ресурсов в сфере их использования в производстве. Как правило, здесь процессы ресурсосбережения протекают динамично и являются ресурсоемкими. Решение незначительных вопросов на небольшом этапе такого динамического процесса приносит ощутимый конечный результат. На конечный результат сохранения ресурсов влияют многие факторы, которые могут быть сгруппированы на организационные, экономические, технические и другие.

Постановка проблемы. Поршневой палец (англ. gudgeon pin (UK) или англ. wrist pin (US)) – деталь типа «палец» кривошипно-шатунного механизма поршневых двигателей или насосов, что обеспечивает шарнирное соединение шатуна с поршнем. Для изготовления поршневых пальцев тракторных дизелей чаще всего применяют хромоникелевую сталь марки 12ХНЗА. Данная марка стали обладает вязкостью поэтому можно изготавливать детали методами пластического деформирования.

Для повышения твердости наружной поверхности поршневого пальца применяется цементация, после чего дополнительно закаливают деталь.

Большие нагрузки, действующие на детали цилиндропоршневой группы, обуславливают высокий уровень требований к поршневым пальцам. Нагрузка на излом (при испытаниях на трещиностойкость) составляет от 18 до 70 тонн для различных размеров пальцев поршней.

Повышение надежности работы двигателей внутреннего сгорания возможно за счет систематического и высококачественного проведения диагностических мероприятий и своевременного и качественного ремонта. Восстановление изношенных деталей относится к перспективным направлениям повышения эффективности использования техники и экономии материальных ресурсов автотранспортных предприятий.

Анализ последних исследований и публикаций. Нами был проведен анализ литературных источников [2, 3] по техническому состоянию поршневых пальцев, поступивших в ремонт. При этом было установлено, что толщина стенки поршневых пальцев, которые поступают на восстановление, находится в пределах от 9 до 10,5 мм, а большинство поршневых пальцев имеют размер таков, что для их восстановления необходимо увеличение наружного диаметра поршневого пальца на величину до 0,30 мм.

Существуют различные методы наращивания диаметра нанесением дополнительного слоя материала: оставление, контактная наварка ленты, гальванические методы осаждения хрома и плазменное нанесение порошковых материалов, гидротермическая раздача и тому подобное.

Анализируя вышеперечисленные методы восстановления поршневых пальцев, приходим к выводу, что возникновение внутренних напряжений при растяжении пальцев во время их восстановления приводит к существенному снижению усталостной прочности детали.

Существует еще один метод наращивания диаметра изношенных деталей – это пластическое деформирование. Горячая прошивка – продавливание пуансона через деталь, нагретую до высоких температур.

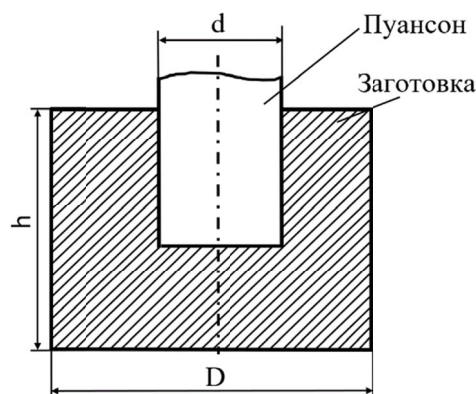


Рис. 1. Прошивка заготовки

Восстановление деталей пластическим деформированием основано на использовании запаса металла детали и его пластических свойств.

При разработке технологического процесса восстановления поршневого пальца горячим пластическим деформированием и проектировании штамповой оснастки важно в первую очередь определить усилие, которое необходимо развивать в процессе штамповки. От этого во многом зависит качество штамповки [3, 4].

Постановка задачи. Целью исследования является создание теоретической базы для расчёта полного удельного усилия на пуансоне, достаточного для горячего пластического деформирования поршневого пальца.

Изложение основного материала. Прошивка (открытая и закрытая) – кузнечная операция для получения в заготовках отверстия (Рис. 1).

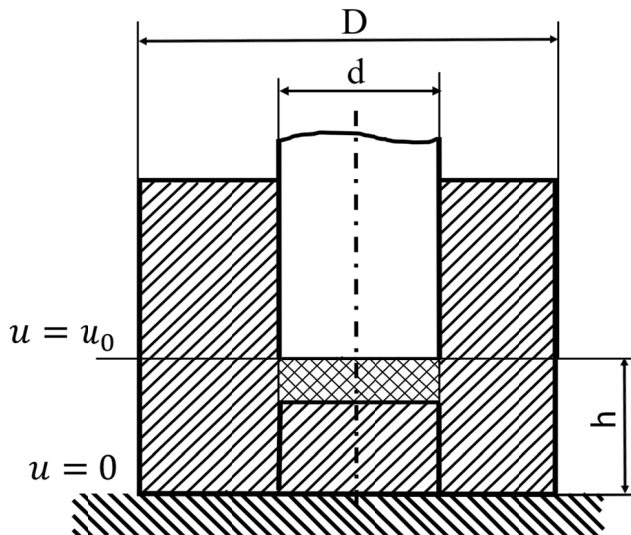


Рис. 2. Схема открытой прошивки

Открытая прошивка цилиндрических заготовок осуществляется обычно при соотношении диаметров заготовки D и пуансона d более 2: $D/d > 2$.

При закрытой прошивке соотношение D/d обычно меньше 2.

Для открытой прошивки (Рис. 2) полное усилие на пуансоне при известном P_1 (усилие, требуемое для осаждения материала непосредственно под пуансоном) и P_2 (усилие скола материала по контуру пуансона) задается формулой

$$P = P_1 + P_2 \quad (1)$$

При горячей прошивке формула для осаждения полосы может быть преобразована для осесимметричного случая следующим образом:

$$\tau_k = -f \cdot \sigma_s \quad \text{или} \quad \tau_k = -0,5 \cdot \sigma_s \quad (2)$$

$$\sigma_{33} = \frac{2\tau_k}{h} \cdot x_1 + C \quad \text{или} \quad \sigma_{33} = \frac{\sigma_s \cdot \rho}{h} \cdot x_1 + C, \quad (3)$$

где σ_s – предел текучести материала; σ_{33} – нормальные напряжения; τ_k – касательные напряжения.

Коэффициент C в формуле (3) можно определить, считая, что радиальные напряжения на границе отождествляются с радиальным давлением со стороны заготовки: $\sigma_\rho = \sigma_s^* \cdot \ln \frac{D}{d}$.

Используем также условием пластичности: $\sigma_{33} - \sigma_\rho = -\sigma_s$.

Применяя метод сечения для поршневого пальца, запишем:

$$P_1 = \int_0^{2\pi} d\varphi \int_0^{d/2} \sigma_{33} \cdot \rho \cdot d\rho, \quad P_1 = \sigma_s \cdot \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot \left[1 + \frac{2}{\sqrt{3}} \ln \frac{D}{d} - \frac{d}{6 \cdot h} \right],$$

или

$$p_1 = \sigma_s \cdot \left[1 + \frac{2}{\sqrt{3}} \ln \frac{D}{d} - \frac{d}{6 \cdot h} \right] \quad (5)$$

Работа преодоления сопротивления среза записывается формулой

$$A_{\text{сопр}} = p_2 \cdot \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot u_0. \quad (6)$$

Складывая формулы (5) и (6), получим полное удельное усилие:

$$p = \sigma_s \cdot \left[1 + \frac{2}{\sqrt{3}} \ln \frac{D}{d} - \frac{d}{6 \cdot h} + \frac{h}{d} \right]. \quad (7)$$

Выводы.

1. Восстановление поршневого пальца горячим пластическим деформированием позволяет восстановить 95% пальцев.
2. Поршневые пальцы, восстановленные горячим пластическим деформированием, по своим техническим параметрам не уступают новым, усталостная прочность повышается на 15...20%.
3. В работе получены зависимости удельного усилия на пуансоне в зависимости от соотношения диаметров заготовки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кириллов А. В. Анализ технологических процессов восстановления зубчатых колес с неравномерным износом по длине зубьев / А. В. Кириллов. – Текст : непосредственный // Ремонт тракторов и с/х машин : сб. научных трудов. – Саратов : Саратовский СХИ, 1982. – С. 72-83.
2. Сторожев М. В. Теория обработки металлов давлением / М. В. Сторожев, Е. А. Попов. – Москва : Машиностроение, 1977. – 423 с. – Текст : непосредственный.
3. Теория пластических деформаций металлов : монография / Е. П. Унксов, У. Джонсон, В. Л. Колмогоров [и др.]; под ред. Е. П. Унксова, А. Г. Овчинникова. – Москва : Машиностроение, 1983. – 598 с. – Текст : непосредственный.
4. Томленов А. Д. Теория пластического деформирования металлов / А. Д. Томленов. – Москва : Металлургия, 1972. – 408 с. – Текст : непосредственный.

ВОССТАНОВЛЕНИЕ ДЕТАЛЕЙ НА ОСНОВЕ ТЕХНОЛОГИИ МОКРОЙ НАПЛАВКИ

Казаринов Ю. И., канд. техн. наук, доцент, kazarinovji@tyuiu.ru

Рустамов К. А., студент, kaxriman.rustamov.02@mail.ru

Шафигов М. А., студент, marat.shafikov.2001@bk.ru

г. Нижневартовск, филиал ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный университет»

Аннотация: В работе проведен анализ применения технологии мокрой наплавки для восстановления изношенных деталей. Суть использования данной технологии заключается в частичном погружении детали в воду во время наплавки, что позволяет минимизировать нагрев материала и все негативные последствия, связанные с этим процессом. Технология мокрой наплавки позволяет восстанавливать детали без их перегрева, и как следствие, уменьшить деформацию при нагреве материала на 60...70 %, а остаточные – почти вдвое. В работе также проведен анализ микроструктуры и твердость покрытий, нанесенных мокрой наплавкой. Наплавленные покрытия низкоуглеродистой проволокой Св-08Г2С с дополнительным обдувом углекислым газом имеют структуру, подобную атермическому мартенситу с низкой пористостью. Данные по микротвёрдости показали, что лишь поверхностные слои имеют сравнительно высокую твердость, которая снижается по глубине покрытия.

Ключевые слова: восстановление, мокрая наплавка, водяное охлаждение, низкоуглеродистая проволока, деформация.

Ресурсосбережение в технологических процессах технического обслуживания и ремонта подвижного состава представляет собой систему технических, организационных, нормативно-правовых и экономических мер, направленных на рациональное использование всех видов ресурсов в деятельности предприятий.

Важной проблемой ресурсосбережения является решение вопросов сохранения ресурсов в сфере их использования в производстве. Как правило, здесь процессы ресурсосбережения протекают динамично и являются ресурсоемкими. Решение незначительных вопросов по ресурсосбережению в жизненном цикле подвижного состава приносит ощутимый экономический результат для предприятия.

Наплавка является прогрессивным и высокопроизводительным способом восстановления изношенных рабочих поверхностей деталей. Одной из наиболее распространенных технологий восстановления диаметральных размеров валов является их наплавка в среде защитных газов. Однако при таком ремонте валов малого диаметра и большой длины возникают существенные деформации, и литейные продольные и поперечные укорочения связаны с чрезмерным нагреванием в процессе наплавки.

Изменение формы и размеров изделия делают его непригодным для дальнейшего использования. Особенно это относится к процессу наплавки валов малого диаметра с их нагревом до температур выше 600 °С. Как известно, предел текучести стали с повышением температуры выше 500 °С резко падает. В связи с этим валы, закрепленные по центру, получают осевую усадку, а детали с односторонним закреплением могут деформироваться за счет собственного веса. Одним из методов предотвращения повышения температуры является использование различных способов охлаждения, в том числе водного.

Наплавка сталей под водой. Технология подводной сварки и наплавки применяется как в нефтегазовой отрасли (при изготовлении трубопроводов для газоперерабатывающей и нефтеперерабатывающей отрасли), так и в процессах технического обслуживания и ремонта подвижного состава. Более широкому применению данной технологии препятствуют технологические трудности – это необходимость обеспечения герметичности оборудования и материалов для зажигания дуги под водой. Для устойчивой работы электрической дуги под водой требуется создание газового пузыря для работы дуги [1-3].

Суть процесса наплавки под водой заключается в том, что дуга горит в атмосфере парогазового пузыря. Такие условия приводят к уменьшению поперечного сечения столба дуги, увеличению плотности тока, повышению температуры в столбе дуги и напряжению на дуге. Кислород и водород воды насыщают расплавленный металл.

Металл шва быстро кристаллизуется, фиксируя в нем относительно высокое содержание кислорода (до 60 см³/100 гр.), при этом возрастает возможность появления неметаллических включений. Охлаждение металла происходит с высокой скоростью (в 10...15 раз быстрее, чем при наплавлении на воздухе) за счет интенсивного рассеивания теплоты в воду через нагретые поверхности свариваемых соединений, возрастает возможность снижения эффективного КПД источника теплоты и повышения его концентрации [3, 4].

Результаты исследований. Технология мокрой наплавки предусматривает частичное погружение детали, для восстановления в воде. В работе [3] для проведения экспериментальных исследований была использована установка для наплавки УД-209М, сварочная низкоуглеродистая проволока марки Св-08Г2С, цилиндрические заготовки длиной 420 мм и диаметром 28 мм, магнитная стойка с индикатором часового типа и видеофиксирующие средства. Измерения температуры проводились с использованием пирометра. Наплавку проводили в обычных условиях без охлаждения и с использованием водяной ванны, в которую на погружали деталь на 2/3 ее длины. В процессе эксперимента проводились измерения и все фиксировалось на видеокамеру. После чего данные оцифровывались и строились графики зависимости температуры, времени и деформаций.

Основным недостатком классической подводной наплавки и сварки является то, что дуга горит в атмосфере парогазового пузыря. Кислород и водород воды насыщают расплавленный металл. Металл шва быстро кристаллизуется, что приводит к увеличению содержания кислорода и повышению количества неметаллических включений. Однако использование рассмотренной технологии мокрой сварки позволяет снизить негативное воздействие воды на структурные свойства полученных покрытий. Это достигается за счет того, что дуга горит на участке, не погруженного в воду, и дополнительно обдувается углекислым газом. Значительная часть влаги, которая задерживается на поверхности детали за счет смачивания, успевает испариться за счет высоких температур непогруженного участка. Вместе с тем охлаждение наплавленного металла происходит с высокой скоростью за счет интенсивного рассеивания теплоты в воду.

Установлено [3], что в процессе наплавки без охлаждения температура в зоне термического влияния достигала 670 °С, что фиксировалось пирометром. В случае мокрой наплавки она не превышала 140 °С. Более крупные деформации были зафиксированы на начальном этапе классической наплавки (Рис. 1), когда температура довольно быстро возрастает до своего максимального значения в месте начала наплавки. При наплавлении нескольких витков температурный режим стабилизируется, а значение деформаций уменьшается вдвое и по завершению наплавки составляет 0,12...0,14 мм. При мокрой наплавке деформации не превышают 0,07 мм (Рис. 1) во время работы дуги. По завершению наплавки и полного охлаждения деформации составили 0,04...0,6 мм. Такой результат объясняется быстрым охлаждением и низкими температурными показателями во время всего процесса мокрой наплавки.

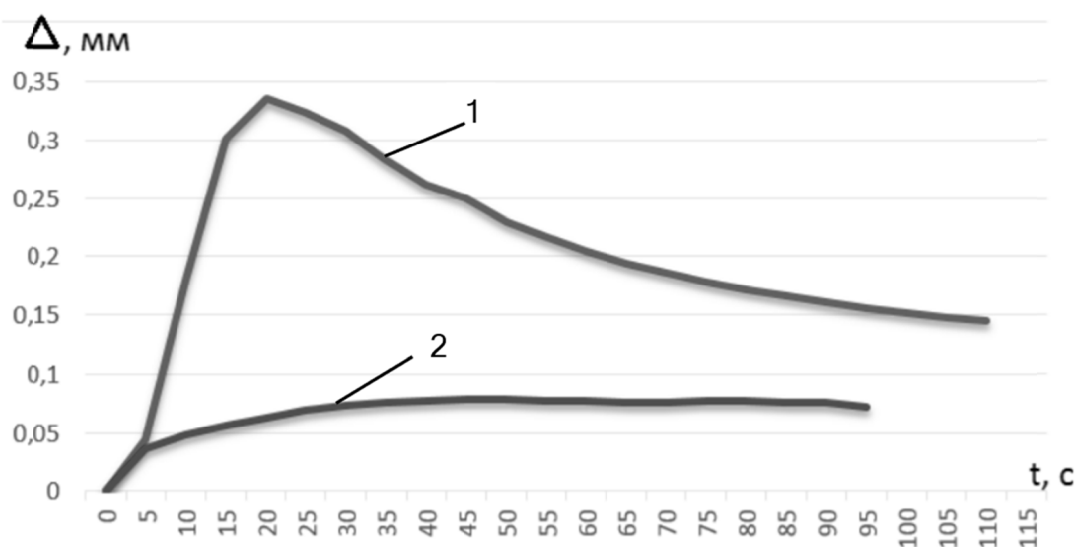


Рис. 1. Изменение текущих деформаций при наплавке вала [2]:
1 – обычная наплавка, 2 – мокрая наплавка

Быстрое охлаждение часто приводит к образованию закалочных структур мартенситного типа, что способствует деформации стали без образования трещин. Наплавленные покрытия мартенситного типа позволяют нести более продолжительно эксплуатационные нагрузки не разрушаясь.

Как показали [3] измерения твердости поверхностных слоев детали и микроструктурные исследования покрытий, наплавленных низкоуглеродистой проволокой Св-08Г2С, имеют структуру подобную атермическому мартенситу и низкую пористость. Измерения микротвердости показали, что только поверхностные слои имеют сравнительно высокую твердость $HV = 750...780$ МПа. Микротвердость всего сечения покрытия составляет $HV = 210...260$ МПа. Однако твердость основы можно увеличить путем использования более углесодержащих наплавочных проволок [2-4].

Выводы

Выполнен анализ литературных источников по технологии мокрой наплавки, которая позволяет восстанавливать детали без их перегрева, и как следствие, уменьшать текущие деформации на 60...70 %, а остаточные почти вдвое.

Полученные покрытия имеют мартенситную плотную структуру и низкую пористость, что является позитивным фактором для применения.

Микротвердость, полученных мокрой наплавкой покрытий, может составлять $HV = 750...780$ МПа на поверхности и $HV = 210...260$ МПа – по глубине покрытия.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шестаков С. А. Подводная сварка и резка металлоконструкций морских нефтегазовых сооружений / С. А. Шестаков. – Волгоград : Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет. 2008. – 164 с. – Текст : непосредственный.
2. Кононенко В. Я. Подводная сварка и резка в странах СНГ / В. Я. Кононенко – Текст : непосредственный // Автоматическая сварка. – 2014. – № 6-7. – С. 43-48.
3. Кононенко В. Я. Подводная сварка и резка / В. Я. Кононенко. – Киев : ун-т «Україна», 2011. – 264 с. – Текст : непосредственный.
4. Савич И. М. Подводная сварка порошковой проволокой / И. М. Савич – Текст : непосредственный // Автоматическая сварка. – 1969. – № 10. – С. 70.

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ СИСТЕМ «УМНОГО ДОМА»

Лазовик А. С., магистрант, a.lazovik@mail.ru
г. Тюмень, Тюменский индустриальный университет

Аннотация: В данной статье представлены основные аспекты и возможности системы «умный дом» как составного элемента интеллектуальной электроэнергетической системы. Система «умный дом» рассмотрена как с позиции её структуры и состава, так и с позиции возможности энергосбережения в системе. В статье приведена краткая информация о надёжности системы: возможность управлять всеми инженерными сетями одновременно; безопасное обслуживание дома благодаря системам автоматики, обеспечивающие своевременное отключение аварийных участков инженерных сетей и перевод их на аварийное питание; возможность модернизировать и изменять данную систему.

Ключевые слова: перспективы развития, энергосбережение, система «умный дом», управление.

На сегодняшний день очень много разновидностей оборудования, которое человек использует в квартирах и домах. Создать автономную систему, которая будет сама себя содержать и поддерживать, очень сложно в связи с тем, что современное оборудование и техника потребляет очень высокую мощность. Но в нынешнее время появляются системы, упрощающие данную задачу, одна из которых - система умного дома. Многоэтажные дома сделать полностью автономными очень сложно и почти невозможно, но в малоэтажном строительстве, коттеджах уже применены проекты, позволяющие полностью поддерживать жизнедеятельность дома самостоятельно.

Система «умного дома» очень сложна, она состоит из множества компонентов, контролирующие жизнеобеспечение дома и позволяющие облегчить проживание жильцам. Данная система подскажет, когда случится протечка воды, газа, настроит необходимую комфортную температуру в доме, очистит окружающий воздух в помещении, где находится человек в данный момент и т. д.

Отсюда следует, что основные требования к «умному дому» заключаются в том, чтобы проживание в доме было комфортно и безопасно, чтобы система была стабильна, чтобы «умный дом» следил за ресурсным потреблением энергии и позволял экономить и сберегать электроэнергию. Также при каждой аварийной ситуации система проинформирует жильцов о данной ситуации и постарается на время отсутствия человека самостоятельно ликвидировать аварию.

Важным показателем «умного дома» является то, что данная система может заменять многие рутинные процессы человека. Жителю приходится вся необходимая информация по дому и ему только остается выбрать команду желаемой обстановки, а система сама соберет анализ внутренней и

внешней окружающей обстановки и определит, как это лучше сделать с минимальными ресурсными затратами.

В работе системы «умного дома» воплощен комплексный подход в совместной работе таких систем как:

- слаботочные системы;
- система отопления, вентиляции и кондиционирования;
- система освещения наружного и внутридомового пространства;
- система энергопотребления здания;
- система мониторинга и безопасности.

Система «умного дома» позволяет управлять всеми процессами дистанционно через интернет, но также можно прописать последовательность команд заранее, и система в доме будет действовать по данному алгоритму.

Система управления энергопотреблением «умного дома» может выполнять такие функции как:

- управление интенсивностью освещения в любой из комнат, экономия расходы на освещение;
- управление микроклиматом в помещении с помощью электротехнического оборудования;
- управление таймерами закрытия окон через определённый промежуток времени, чтобы создавать комфортный микроклимат в комнате;
- управление системой водоснабжения и отопления;
- управление параметрами охраны и видеонаблюдения.

Система «умного дома», позволяющая повысить энергоэффективность здания, экономит электроэнергию примерно на 40 процентов с помощью контроля и рационального расхода энергии на освещение. Также система сообщит об электроприборах, находящиеся долгое время в режиме ожидания, и отключит их питание на время. Это позволит не только сэкономить электроэнергию, но и исключить возможность возгорания.

Также система позволяет осуществлять анализ состояния электропроводки и благодаря этому скрытая старая проводка в квартире перестанет быть причиной возгорания. Как только произойдет аварийная ситуация система проинформирует жильцов и предпримет меры по обеспечению безопасности в доме.

Также система «умного дома» позволяет управлять системой отопления и вентиляции, анализируя температуру в каждой комнате и уровень CO₂. Система, работая на запрограммированном уровне и собирая анализ предпочтения жильцов и окружающей обстановки, определит и изменит окружающую температуру в доме до комфортной, а с помощью датчиков CO₂ система определит местоположение человека в доме и сделает окружающий его воздух чистым и свежим. Также система проанализирует места, где человек редко бывает, и в момент его отсутствия снизит или отключит обогревательные устройства, с помощью этого система уменьшит расходы на отопление. А в случае аварийной ситуации система предотвра-

тит ее продолжения, перекрыв краны и сообщив о данной ситуации человеку, и включит резервное отопление.

В целом использование умных энергосберегающих технологий позволяет сэкономить расходы при оплате коммунальных услуг. Интеллектуальная система анализирует и адаптируется под конкретные условия и желания человека, с помощью этого рационально расходует энергоресурсы и повышает энергоэффективность дома. Массовое применение системы умного дома позволит не только экономить ресурсы и денежные средства в узком направлении, но и также может сделать модернизацию в целых отраслях экономики в масштабах страны. Этим и объясняется положительное отношение многих стран к внедрению «умных» автоматизированных систем во всех сферах экономики.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Жукова М. «Умные дома»: или нужное, или всего лишь ставшее возможным? / М. Жукова. – Текст: непосредственный // Смена. - 2007. - № 11. – С. 70-75.

2. Сопер М. Практические советы и решения по созданию «Умного дома» / М. Сопер. – Москва: НТ Пресс, 2007. – 432 с. – Текст: непосредственный.

3. Тесля Е. «Умный дом» своими руками. Строим интеллектуальную цифровую систему в своей квартире / Е. Тесля. – Санкт-Петербург : Питер, 2008. – 224 с. – Текст: непосредственный.

4. Леонов Е. Н. Сетевая интеграция и коммуникационные технологии малых электротехнических систем / Е. Н. Леонов. – Текст : непосредственный // Новые технологии - нефтегазовому региону: материалы Всероссийской с международным участием научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. – Тюмень: ТюмГНГУ, 2014. – С. 189–191.

УДК 553.981.2+661.939.1

ПОДЗЕМНОЕ ХРАНИЛИЩЕ ГЕЛИЯ КАК ИНСТРУМЕНТ РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЯ

Охлопков Д. А.¹, специалист, okhlopkov.dima@list.ru

Егорова Т. Р.², магистрант, tuyaruslanovna@mail.ru

¹г. Якутск, ООО «Таас-Юрях Нефтегазодобыча»

²г. Якутск, Северо-Восточный федеральный университет им. М.К. Аммосова

Аннотация. Приведены общие запасы гелия и дана оценка высвобождаемого гелия при выходе на плановые показатели добычи газа в Восточной Сибири. Обоснована организация подземного хранилища гелиевого концентрата как наиболее эффективный метод ре-

сурсосбережения. Предложено месторождение имени Ивана Николаевича Кульбертинова как наиболее близкий и оптимальный по морфологии и литологии вариант для организации подземного хранилища гелиевого концентрата. Обозначены основные требования к выбору, освоению и организации подземного хранилища гелиевого концентрата.

Ключевые слова: ресурсы гелия, подземное хранилище, соляные пласты, газоконденсатные месторождения, Предпатомский региональный прогиб, газопровод, осинский горизонт, горизонтальные скважины.

Минерально-сырьевые ресурсы весьма ограничены и их сбережение является приоритетной государственной задачей. С выходом на плановые уровни добычи природного газа в Восточной Сибири проблема хранения большого объема высвобождаемого гелия становится весьма актуальной. По состоянию на 01.01.2021 на территории Республики Саха имеется 16 гелионосных месторождений в распределенном фонде с суммарными запасами 8,7 млрд м³. Только на Чаяндинском нефтегазоконденсатном месторождении при годовом объеме добычи газа в 25 млрд. м³ объем попутно добываемого гелия составит порядка 145 млн. м³ в год [1, 2]. При полномасштабном освоении газовых ресурсов Восточной Сибири объемы ежегодного попутно добываемого гелия как минимум утроятся.

На сегодняшний день имеется два варианта решения проблемы: хранение гелиевого концентрата в отдельных блоках самих месторождений и извлечение его на Амурском газоперерабатывающем заводе с целью дальнейшей реализации. Во втором варианте мировой рынок гелия может встретиться с негативными конъюнктурными изменениями. Таким образом, даже с экономической точки зрения возникает необходимость организации системы долгосрочного хранения гелия.

Возможность долгосрочного хранения и последующего успешного извлечения гелия была экспериментально подтверждена в хранилище гелия Клиффсайд (США) [3]. Параметры хранилища и анализы газа в период испытаний показали, что итоговое извлечение гелия может приблизиться к 100 %.

Долгосрочное хранение гелия в больших объемах возможно лишь при создании подземных хранилищ гелиевого концентрата (ПХГК) экранлируемых высокоэффективными флюидоупорами – соляными пластами [4]. Соляные пласты имеются только в пределах Непско-Ботуобинской антеклизы и Предпатомского регионального прогиба, т. е. на участках газопровода Сила Сибири до г. Олекминск. В непосредственной близости к газопроводу «Сила Сибири» находятся Бысахтахское, им. И. Н. Кульбертинова, Кэдэргинское, им. И. М. Меньшикова, Отраднинское и Хотого-Мурбайское газоконденсатные месторождения, расположенные в пределах Предпатомского регионального прогиба.

Максимально близко к газопроводу расположено месторождение им. И.Н. Кульбертинова приуроченное Нижнеджербинскому лицензионному

участку ПАО «НК «Роснефть» (ЯКУ 05188 НР). Через южную часть этого участка проходит магистральный газопровод «Сила Сибири» (рис. 1).

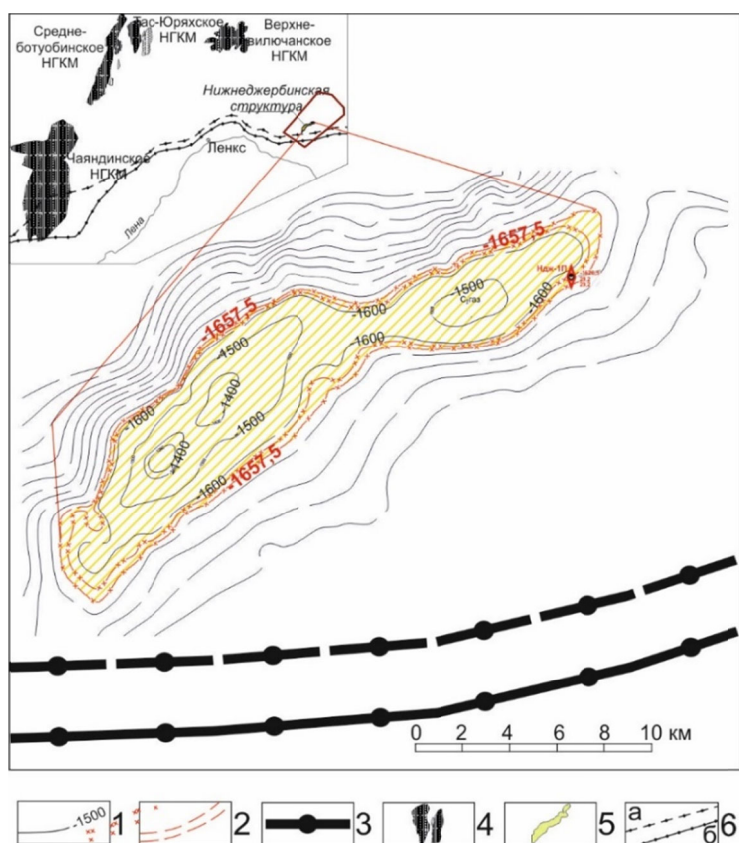


Рис. 1. Нижнеджербинская структура (по материалам ПАО «НК «Роснефть»)
Условные обозначения: 1 - изолинии по кровле верхнебилирской подсвиты, абс. глубины, в м; 2 – внешний и внутренний контуры газоносности; 3 – трасса газопровода «Сила Сибири»; 4 – наиболее крупные нефтегазоконденсатные месторождения Западной Якутии; на врезке: 5 – расположение Нижнеджербинской структуры; 6 – а – трасса газопровода «Сила Сибири», б – трасса нефтепровода «ВС-ТО»

На месторождении им. И. Н. Кульбертинова открыто 7 залежей на глубинах от 1500 до 2500 м. Надо заметить, оптимальными глубинами, при которой объем буферного газа составляет более 50% являются глубины в интервале 1300–1700 м. Выбор больших глубин ограничивается экономическими соображениями, т.к. требуют больших капиталовложений.

Исходя из вышеизложенного, наиболее приемлемым для организации подземного хранилища гелиевого концентрата представляется самая верхняя залежь пласта О-І осинского горизонта билирской свиты нижнего кембрия. В пласте выделена одна газовая структурная залежь, размером 19,3×3,8 км (рис.1). Эффективная газонасыщенная толщина пласта, вскрытая скважиной, составила 29,19 м.

Флюидоупором для осинского продуктивного пласта О-І служат отложения солей юрегинской свиты нижнего кембрия, характеризующиеся

региональным распространением и мощностью 200–300 м. Качество по-
крышки на всей территории участка весьма высокое. Положение условно-
го подсчетного уровня принято на а.о.-1657,5 м по подошве нижнего газо-
насыщенного пропластка в скважине Нижнеджербинская-1П.

Суммарные начальные геологические запасы природного газа по
пласту O_1 по категории C_2 приближаются к 2-м десяткам млрд. m^3 .

Для долгосрочного подземного хранилища гелиевого концентрата,
на наш взгляд, необходим нестандартный подход к созданию хранилища.
А именно, реализовать принцип минимизации разведочного и эксплуата-
ционного бурения до нуля. Данный подход можно реализовать путем ис-
пользования горизонтального бурения, которое исключит бурение разве-
дочных и эксплуатационных скважин в апикальных частях структур. Дан-
ное условие осуществимо в высокоамплитудных вытянутых узких струк-
турах. Вытянутые и узкие резервуары-месторождения технологически
можно разведать и выработать даже без бурения в апикальной части струк-
туры за счет применения горизонтального бурения и применения многоза-
бойных скважин (МЗС). Принципиальная схема разведки и выработки уз-
ких вытянутых месторождений представлена на рис. 2.

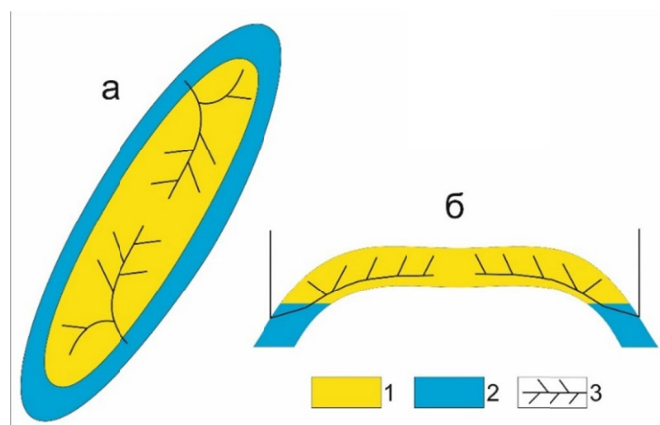


Рис. 2. Принципиальная схема разведки и выработки газовой залежи с применением
МЗС (без бурения в апикальной части).

Условные обозначения: 1 – газонасыщенная часть, 2 – водонасыщенная часть,
3 – профиль МЗС, а – план залежи, б – разрез залежи

Планируемая широкомасштабная добыча природного газа на место-
рождениях Восточной Сибири и ситуация на мировом рынке гелия обу-
славливают принятия решения по созданию стратегических запасов гелия
в подземных хранилищах.

Обозначены основные требования к организации подземного храни-
лища гелиевого концентрата:

- структура для хранения должна иметь соляной флюидоупор. Храни-
лище должно быть организовано в зоне площадного распространения
венд-кембрийских соляных пластов.

- необходимо снизить численность фонда разведочных и эксплуатационных скважин до минимально возможной. При применении горизонтальный многозабойных скважин можно снизить бурение скважин до нуля в апикальных частях структур.

Для повышения надежности хранения гелия предлагается обустроить подземного хранилища гелиевого концентрата в узких удлиненных структурах, выявленных в Предпатомском прогибе. В качестве потенциального хранилища рассмотрено месторождение им. И.Н. Кульбертинова, которое предлагается разведать и разрабатывать горизонтальными многозабойными скважинами.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ларионов А. В. Перспективы эффективного использования и сохранения ресурсов гелия в Восточной Сибири / А. В. Ларионов, Н. В. Павлов. – Текст : непосредственный // Национальные интересы: приоритеты и безопасность. – 2017. – Т. 13, вып. 6. – С. 157-167.

2. Sivtsev A. I. Meansto Solve the Problems of the Development of Helium Resources in Eastern Siberia/ Sivtsev A. I., Aleksandrov A. R., Petrov D. M. – Direct text // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – 2020. 459. 042097.

3. Скрыбина А. С. Опыт подземного хранения гелия / А. С. Скрыбина. – Текст : электронный // Международный научно-исследовательский журнал. – 2016. – № 10 (52), ч. 2. – С. 155-159. – URL: <https://research-journal.org/earth/opyt-podzemnogo-xraneniya-geliya> (дата обращения: 11.11.2021).

4. Сивцев А. И. Эффективное хранение - ключ к освоению гелиевого ресурса Восточной Сибири / А. И. Сивцев, А. Р. Александров, Д. М. Петров. – Текст : непосредственный // Геология и минерально-сырьевые ресурсы Сибири. – 2019. – № 3 (39). – С. 106-109.

УДК 620.92

МЕТОД РАСЧЕТА СТЕПЕНИ НЕПОЛНОГО СГОРАНИЯ КОМПОНЕНТОВ ГАЗООБРАЗНОГО ТОПЛИВА

Пак Чхоль Мин, аспирант, pakcholmin88320@gmail.com

Штым К. А., д-р техн. наук, профессор, kot_18@mail.ru

Владивосток, Дальневосточный федеральный университет

Аннотация. Газовые компоненты CO и H₂ не могут полностью сжигаться в CO₂ и H₂O при высокой температуре. Разработан метод расчета степеней неполного сгорания в зависимости от температуры, для горючих газов, в которых CO и H₂ существуют вместе. Одновре-

менно рассчитывались степени сгорания CO и H₂ по константам равновесия в зависимости от температуры и концентрации. Для сходимости решения использовался итерационный метод. Результаты расчета хорошо совпадают с экспериментальными данными.

Ключевые слова: газообразное топливо, неполное сгорание, степени диссоциации

CO и H₂, которые являются горючими газовыми компонентами, не могут полностью сжигаться в CO₂ и H₂O при высокой температуре 1700 °C или выше. В литературе [1] представлена таблица степеней диссоциации для CO₂ и H₂O для расчета степени неполного сгорания и приведены методы расчета отдельных компонентов.

Если степени сгорания CO и H₂ в газообразном топливе равны α_1 и α_2 , их уравнения реакции будут следующими.

$$CO + \frac{\alpha_1}{2} O_2 = \alpha_1 CO_2 + (1 - \alpha_1) CO \quad (1)$$

$$H_2 + \frac{\alpha_2}{2} O_2 = \alpha_2 H_2O + (1 - \alpha_2) H_2 \quad (2)$$

Допустим, указан состав газообразного топлива, то есть CO^0 – концентрация CO в газообразном топливе, H_2^0 – концентрация H₂, O_2^0 – концентрация O₂, CO_2^0 – концентрация CO₂, H_2O^0 – концентрация H₂O и N_2^0 – концентрация N₂. Концентрации выражаются как объемная доля.

Объем каждого компонента в продукте сгорания, полученный при сжигании 1 м³ газообразного топлива, выглядит следующим образом.

$$V_{CO_2} = CO_2^0 + CO^0 \times \alpha_1, \quad (3)$$

$$V_{H_2O} = H_2O^0 + H_2^0 \times \alpha_2, \quad (4)$$

$$V_{N_2} = N_2^0 + (1-m)V^0, \quad (5)$$

$$V_{O_2} = V_{O_2}^0 + O_2^0 - \frac{\alpha_1}{2} CO^0 - \frac{\alpha_2}{2} H_2^0, \quad (6)$$

$$V_{CO} = CO^0(1 - \alpha_1), \quad (7)$$

$$V_{H_2} = H_2^0(1 - \alpha_2), \quad (8)$$

где m – объемная доля кислорода в окислителе, V^0 – действительно необходимое количество воздуха, м³/ м³, V_{O_2} – действительно необходимое количество кислорода, м³/ м³.

Общий объем продуктов сгорания при сжигании 1 м³ газообразного топлива можно записать в следующем виде[2, 4]:

$$V_{\Gamma} = V_{CO_2} + V_{H_2O} + V_{CO} + V_{H_2} + V_{N_2} + V_{O_2} \quad (9)$$

Состав (мольная доля) продуктов сгорания получается делением объема каждого компонента газа на общий объем продуктов сгорания.

$$CO_2 = \frac{V_{CO_2}}{V_r}, H_2O = \frac{V_{H_2O}}{V_r}, H_2 = \frac{V_{H_2}}{V_r}, CO = \frac{V_{CO}}{V_r}, N_2 = \frac{V_{N_2}}{V_r}, O_2 = \frac{V_{O_2}}{V_r} \quad (10)$$

Когда CO_2 диссоциирует на CO и O_2 , константа равновесия реакции изменяется в зависимости от температуры следующим образом. [4]

$$K_p^{CO_2} = \text{Exp}(33877 / T - 10.39368) \quad (11)$$

С другой стороны, константа равновесия рассчитывается следующим образом в зависимости от концентрации.

$$K_p^{CO_2} = CO_2 / (CO \times O_2^{0.5}) \quad (12)$$

Когда H_2O диссоциирует на H_2 и O_2 , константа равновесия изменяется таким же образом.

$$K_p^{H_2O} = \text{Exp}(57832 / T - 2.18 \times \ln T - 0.001662T + 3.726 \times 10^{-7} T^2 - 3.9466) \quad (13)$$

$$K_p^{H_2O} = H_2O / (H_2 \times O_2^{0.5}) \quad (14)$$

Расчет происходит следующим образом.

Сначала предполагается температура газа, для которой должна быть рассчитана скорость горения, и предполагаются степени сгорания α_1 и α_2 CO и H_2 в газообразном топливе. Далее рассчитывается состав продуктов сгорания по уравнениям 3-10.

Используя полученный состав, рассчитывают константу равновесия согласно уравнениям 12 и 14.

Затем уравнения 11 и 13 используются для вычисления константы равновесия при заданной температуре.

Если два расчетных значения $K_p^{CO_2}$ и $K_p^{H_2O}$ рассчитанные по температуре и концентрации различаются, расчет необходимо повторить, скорректировав степени сгорания α_1 и α_2 .

Расчеты дорогостоящие, поэтому вам придется написать программу и использовать компьютер. При изменении α_1 и α_2 используется метод релаксации.

$$\alpha = r \times \alpha_{do} + (1 - r) \times (K_p^t / K_p^C)^n \quad (15)$$

где r – коэффициент релаксации, α_{do} – скорость горения до внесения удобрений и K_p^t, K_p^C – константы равновесия, рассчитанные по температуре и концентрации.

Целесообразно установить коэффициент релаксации r близким к 1 и выбрать показатель степени n в диапазоне от 0,001 до 0,005. Конкретные значения следует определять путем расчетных экспериментов.

Расчет проводился для газообразного топлива с концентрацией CO 30%. В результате степень неполного сгорания составила 1,93%. По литературным данным [3] – 1,9%. Так что видно, что они хорошо совпадают.

Состав газа, выходящего из ванны в ROMELT в верхнюю камеру сгорания, показан в следующей таблице.

Таблица 1

Состав газа, выходящего из ванны в ROMELT

Компоненты	CO	H ₂	CO ₂	H ₂ O	O ₂	N ₂
Содержания, %	0.67	0.057	0.01	0.08	0.005	0.178

Согласно расчету, можно сжечь 98,47% CO, 1,53% из которых сгорело не полностью, а 99,71% H₂ можно сжечь.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Основы практической теории горения : учебное пособие для вузов / В. В. Померанцев, К. М. Арефьев, Д. Б. Ахмедов [и др.]. – Изд. 2-е, перераб. и доп. – Ленинград : Энергоатомиздат, 1986. - 309 с. – Текст : непосредственный.
2. Мунц В. А. Горение и газификация органических топлив : учебное пособие для вузов / В. А. Мунц, Е. Ю. Павлюк. – Екатеринбург : Изд-во УрГУ, 2019. -151 с. – Текст : непосредственный.
3. Григорьева В. А. Промышленная теплоэнергетика и теплотехника : справочник / В. А. Григорьева, В. М. Зорина ; ред. В. А. Григорьева. – Изд. 2-е, перераб. – Москва : Энергоатомиздат, 1991. - 588 с. – Текст : непосредственный.
4. Белоусов В. Н. Топливо и теория горения. Ч. II. Теория горения : учебное пособие / В. Н. Белоусов, С. Н. Смородин, О. С. Смирнова. – Санкт-Петербург : СПбГТУРП, 2011. -141 с. – Текст : непосредственный.

УДК 621.791.923

ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩАЯ РОЛЬ АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ ИЗГОТОВЛЕНИИ ТИТАНОВЫХ ИЗДЕЛИЙ

Полтавец В. В., д-р техн. наук, профессор, poltavetsvv@gmail.com
Шаповалова Н. Н., аспирант, shapovalova.nn70@gmail.com
г. Донецк, Донецкий национальный технический университет

Аннотация. В аддитивном производстве особенно перспективным металлическим конструкционным материалом является титан и его сплавы. Получение титановых изделий на всех этапах производства генерирует большой объем выбросов CO₂. Масса затра-

ченного титана при использовании технологии 3D-печати уменьшается в 6-8 раз по сравнению с традиционными технологиями.

Ключевые слова: аддитивная технология, титан, 3D-печать, экономия.

В начале XXI века за очень небольшой промежуток времени от разработки до применения аддитивные технологии нашли свою нишу и технические решения почти во всех отраслях промышленного производства. За счет гибкости, вариативности в использовании, широкого выбора материалов, новейших программных продуктов с возможностями на грани фантастики они позволяют обеспечить быстрый выход производителей промышленной продукции на рынок с новым продуктом.

В частности, автомобильная промышленность с каждым годом расширяет перечень производимых деталей и демонстрирует рост количества компаний, которые очень активно используют аддитивные технологии: от прямого выращивания металлических или пластиковых компонентов до печати песчаных форм с последующим литьем. В дальнейшем с применением робототехники номенклатура производимых деталей будет только расширяться, а логистические услуги могут выйти на качественно новый уровень [1].

Одними из наиболее активных пользователей аддитивных технологий являются авиационно-космические компании (рис. 1). Это связано с тем, что данные компании применяют очень сложные в плане постобработки материалы, такие как титановые сплавы, жаропрочные сплавы, кобальт-хром, суперсплавы и т. д. Для облегчения конструкций активно изготавливаются различные детали из инженерного пластика, детали из керамики, применяемые в криогенных условиях. Современные производства требуют применения технологии с возможностью быстрого изготовления деталей или оснастки со сложной геометрией построения, а это могут обеспечить только аддитивные технологии [1].

С относительно недавнего времени благодаря снижению цены технологий и программного обеспечения в сфере 3D-печати стало возможным широкое использование других конструкционных материалов, кроме пластмасс. По своим характеристикам, наиболее подходящим для применения в индустрии 3D-печати промышленным металлическим конструкционным материалом, является титан. Этот высокопрочный металл имеет низкую плотность и высокую устойчивость к коррозии, а также характеризуется высокой температурой плавления, что делает его идеальным материалом для получения деталей, используемых во множестве отраслей промышленности, в том числе аэрокосмической, автомобильной, военной, строительной, для создания медицинских протезов, ортопедических и зубных имплантатов и даже ювелирных изделий. А теперь благодаря появившейся возможности использования для создания изделий на 3D-принтере титан стал еще востребованнее [2].



Рис. 1. Передняя стойка шасси самолета, изготовленная с использованием аддитивных технологий [1]

Один из основных производителей титана – компания из США Titanium Processing Center, расположенная в Мичигане, с целью проинформировать своих потенциальных клиентов о новых направлениях использования титана разработала информационный плакат «3D-печать титаном», на котором представлены преимущества данного металла перед традиционными материалами для 3D-принтеров. На этом плакате указано, что помимо того, что титан является самым прочным металлом, который на данный момент может быть задействован в 3D-печати, он является еще и самым легким. Обычно изделия, изготовленные из титана, должны обязательно проходить механическую обработку (токарную, фрезерную и т. п.), однако технологии 3D-печати, позволяющие создавать изделия разных уровней сложности, во многих случаях обеспечивают возможность исключения этапа механической обработки [2].

Для печати титаном на 3D-принтере применяется технология аддитивного производства металлических изделий, известная как прямое лазерное спекание металлов (DMLS): тонкий слой металла в виде мелкого

порошка подается на нагревательный стол в то время, как мощный углекислотный лазер спекает частицы металлического порошка между собой и с предыдущим слоем. При реализации такого процесса печатные слои титана обычно достигают толщины 20–40 мкм, а сами готовые изделия не отличаются привычным блеском (как у хромированных изделий), который часто ассоциируется с титаном. Для получения желаемого заказчиком традиционного блеска, присущего металлическому изделию, изготавливаемые детали можно подвергнуть дальнейшей отделочной обработке [2].

В качестве расходного материала в технологии 3D-печати титаном используется мелкодисперсный порошок, который слой за слоем формирует изготавливаемый объект. Основным способом получения такого порошка – атомизация. В атомайзере металл распыляется в специальной камере и образует наночастицы [3].

В порошкообразном виде металл обрабатывают методом электронно-лучевой плавки (ElectronBeamMelting). Эта технология позволяет создавать слои материала толщиной 130–200 мкм. Сплавление происходит в специальной вакуумной камере с помощью электронных излучателей, которые выступают источниками энергии в процессе плавки титана. В вакуумной камере образуются последовательные слои из титана до тех пор, пока не будет достигнут нужный размер и получена заданная форма изделия.

Получение титановых изделий на всех этапах производства от сырья до готовой продукции генерирует миллионы тонн выбросов CO₂. Соответственно, производство наносит существенный вред окружающей среде. Таким образом, создание по традиционным технологиям прочных и сложных по форме деталей из титана, применяемых в авиационных и ракетных двигателях, узлах летательных аппаратов, элементах теплообменников, в лопастях для паровых и газовых турбин, медицинских и ювелирных изделиях оставляет после себя заметный углеродный след и требует больших затрат энергии.

Украинская компания «Червона Хвыля» разработала собственный вариант аддитивной технологии 3D-печати, запатентовала как её, так и технологическую систему для её реализации – xBeam 3D Metal Printing. Этот экспериментальный 3D-принтер может печатать из металлической проволоки широкий спектр изделий из различных материалов.

По производительности указанной технологической системой достигнут показатель 3 кг напечатанных изделий в час, поскольку главной характеристикой 3D-печати является именно расход материала, а не количество деталей. При трехсменной работе установки в сутки на ней можно напечатать 35–40 кг деталей, а в денежном эквиваленте потенциальная рыночная стоимость 3D-печати продукции из титана составляет не более 250–300 \$ / кг изделий [4].

3D-печать металлами вообще имеет большое значение для ресурсо- и энергосбережения в обрабатывающей промышленности. Так, при произ-

водстве 1 кг титана образуется 35 кг выбросов CO₂ в атмосферу, а 3D-принтер существенно уменьшает количество использованного для производства деталей титана. По данным компаний, занимающихся 3D-печатью, если раньше для килограммового титанового изделия нужно было 10–20 кг материала, то сейчас достаточно 2–3 кг [4].

Исходя из этого основной эффект от использования аддитивных технологий при производстве титановых изделий – не только масса сэкономленного титана, но и уменьшение вредных выбросов в атмосферу.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Режимчук В. М. О развитии аддитивных технологий в России / В. М. Режимчук. – Текст: непосредственный // Аддитивные технологии. – 2021. – № 3. – С. 16–20.

2. Как, когда, почему: руководство по 3D печати титаном. – Текст: электронный // 3D печать в Украине. – URL: <https://3d-печать.укр/2015/12/30/как-когда-почему-руководство-по-3d-печа/> (дата обращения: 06.12.2021).

3. Просто космос! Огромная деталь из титана за 6,5 дней. – Текст: электронный // iQB Technologies. О 3D-технологиях в промышленности со знанием дела. — URL: https://habr.com/ru/company/iqb_technologies/blog/446316/ (дата обращения: 06.12.2021).

4. Как технология украинской компании 3-D печати титана помогает уменьшить выбросы CO₂. – Текст: электронный // Electrovesti.net. Истории. – URL: https://elektrovesti.net/66279_kak-tekhnologiya-ukrainskoy-kompanii-3-d-pechat-titana-pomogaet-umenshit-vybrosy-so2 (дата обращения: 06.12.2021).

УДК 338.32

ПОВЫШЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ПОЛЕЗНОГО ДЕЙСТВИЯ СИСТЕМ ОТОПЛЕНИЯ

Процко Д. С., инструктор практического обучения

Панов С. Ю., д-р. техн. наук, профессор, su-panov@yandex.ru

г. Воронеж, Военный учебно-научный центр военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н. Е. Жуковского и Ю. А. Гагарина»

Аннотация. На современном этапе технологического развития общества остро стоит проблема рационального использования энергетических ресурсов. Особенно это важно,

учитывая географическое положение нашей страны, для систем отопления. В результате работы были определены скрытые резервы уменьшения потерь энергии систем отопления и намечены пути реализации повышения их КПД.

Ключевые слова: системы отопления, КПД.

Для отопления помещений различного назначения в большинстве случаев применяется классическая схема водяного отопления: котельная, теплотрасса, центральный тепловой пункт (ЦТП), объект отопления. По этой схеме КПД использования тепловой энергии составляет $\eta = 0,75$. Такой низкий КПД устанавливается за счет потерь тепловой энергии на собственные нужды котельной около 5%, потерь тепла при транспортировке теплоносителя от котельной до ЦТП в среднем 15%, потери тепла на собственные нужды ЦТП порядка 5%. По этой схеме КПД использования природного горючего газа, как энергоносителя, составляет $\eta = 0,75$. Другими словами, по этой схеме 25% газа расходуется нецелесообразно.

Для отопления производственных помещений все чаще предусматривается газо-лучистое отопление (ГЛО) или газо-воздушное отопление (ГВО)[1]. Основным преимуществом такой схемы отопления состоит в том, что тепловая энергия для нужд теплоснабжения вырабатывается непосредственно на месте её использования. По этой схеме не требуются: котельная, теплотрасса, ЦТП объекта, в результате чего и потери тепловой энергии соответственно в размере 25% отсутствуют. При использовании систем ГЛО или ГВО выработка тепловой энергии осуществляется газовыми инфракрасными излучателями (ГИИ) или газо-воздушными нагревателями (ГВН) непосредственно на объекте. КПД использования тепловой энергии, выработанной ГИИ или ГВН составляет $\eta = 0,9-0,92$.

Естественно, потери тепловой энергии по схеме ГЛО или ГВО составляют 8–10 %, что в 2,5 меньше, чем по старой классической схеме, но все - таки и 10% потерь тела тоже достаточно много. Возникает вопрос выявления причин данных потерь и определения возможности раскрытия резерва теплоиспользования.

Принцип работы ГИИ можно описать следующим образом [2]: продукты сгорания природного газа направляются в излучающую трубу, которая за счет этого нагревается, отражатель с целью отопления помещения направляет инфракрасное излучение в нужном направлении. Отработанные продукты сгорания от каждого ГИИ или группы ГИИ отводятся и удаляются в атмосферу. Температура отводящих продуктов сгорания составляет порядка 200 °С. Удаляя, подогретый воздух вместе с вредными продуктами сгорания отводится непосредственно в атмосферу. При этом расход энергоносителя - природного газа на нагрев удаляемого воздуха расходуется бесполезно. Возможность использования этой тепловой энергии с пользой позволит сократить её потери и увеличить КПД газовых тепловых генераторов (ГИИ, ГВН) до $\eta = 0,98-0,99$.

С целью использования теплого воздуха, отводящего от ГИИ или ГВН, в качестве вторичного источника тепловой энергии его в первую очередь необходимо очистить от вредных примесей продуктов сгорания: оксид углерода (CO), диоксид углерода (CO₂), диоксид азота (NO₂), диоксид серы (SO₂) и бенз(а)пирен (C₂₀H₁₂). В этом случае невозможно использование очистителей дымовых газов, предназначенных для очистки именно дымовых газов от работы водогрейных котлов котельных установок (ТЭЦ) от загрязняющих веществ воздушного бассейна таких как диоксид серы SO₂ и диоксид азота NO₃ и др. [3]. Здесь очень важно подобрать аппаратов очистки дымовых газов нужной производительности применительно к условиям ГЛО или ГВО. После очистки отводящих дымовых газов от вредных примесей продуктов сгорания этот теплый воздух можно использовать с целью вторичного использования тепловой энергии, например в калориферах приточных вентиляционных систем, что позволит увеличить КПД сжигаемого природного газа в качестве топлива до $\eta = 0,99$. При этом бесполезное сжигание газа сводится к минимуму, что очень важно в разрезе экономии энергоресурсов, уменьшении выбросов вредных веществ в воздушный бассейн и, соответственно, уменьшении вредного влияния на окружающую среду, улучшения условий работы обслуживающего персонала и др.

С экономической точки зрения потребитель газового топлива на один и тот же отапливаемый объем будут использовать на 9% меньший расход газа, который можно учесть для уменьшения нужды в топливе на приточную вентиляцию. В реальных условиях размер экономии на закупке природного газа для нужд отопления и вентиляции легко определить в цифровом выражении. Так при решении газоснабжения для подразделения ЗАО «Воронежстальмост», г. Воронеж ГИИ мощностью 40,0 кВт в количестве 25 шт. требуется природного газа $25 \times 4,32 = 108,0 \text{ м}^3/\text{ч}$ из них $9,72 \text{ м}^3/\text{ч}$ можно перевести на выработку тепловой энергии для приточных систем вентиляции, экономия составит по расходу газа $9,72 \times 9 \text{ час.} \times 190 \text{ сут.} = 16621,2 \text{ м}^3/\text{год}$. В денежном выражении экономия за один год составит $16,6212 \times (4901 \times 1,2) = 97,75 \text{ тыс. руб.}$, а за 10 лет 977,5 тыс. руб., окупив капитальные вложения на монтаж очистителей и использование отводящего тепла. Для решения проблемы очистки дымовых газов от твердых частиц были предложены малогабаритные фильтр-циклоны с возможностью саморегенерации в процессе работы [4], что положительно отразилось на работе системы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Быстрицкий Г. Ф. Общая энергетика : учебное пособие / Г. Ф. Быстрицкий. – Москва : Академия, 2005. – 208 с. - Текст : непосредственный.
2. Кюблер Т. Инфракрасная отопительная техника для больших помещений / Т. Кюблер. – Санкт-Петербург: Печатный двор, 2004. – 224 с. - Текст : непосредственный.

3. Complex Flue Gas Cleaning of Thermal Power Plants/ D. S. Protsko, S. Y. Panov, N. N. Lobachova [et al.]. – Direct text // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science : 3rd International Scientific and Practical Conference on Actual Problems of the Energy Complex: Mining, Production, Transmission, Processing and Environmental Protection" . – 2021. – P. 1-5.

4. Заявка № 2021109277/04(020023) Российская Федерация, МКИ кл5 B01D46/02 (2006.01) B01D46/24 (2006.01) B04C9/00 (2006.01). Фильтр-циклон ": заявл. 05.04.2021 / Д. С. Процко, А. А. Хвостов, А. А. Бобков, С. В. Шахов, С. Ю. Панов ; заявитель ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет инженерных технологий» – 9 с. - Текст : непосредственный.

УДК 622.692.28

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДИК ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ГАЗОВОГО ПРОСТРАНСТВА РЕЗЕРВУАРОВ ПРИ РАСЧЕТЕ ПОТЕРЬ НЕФТИ И НЕФТЕПРОДУКТОВ ОТ «МАЛЫХ ДЫХАНИЙ»

Руфанова И. М., канд. техн. наук, доцент, imruf412@gmail.com

Фаттахова А. И. магистрант, albinafattahova@yandex.ru

г. Уфа, Уфимский государственный нефтяной технический университет

Аннотация. Температура газового пространства (ГП) резервуара является одним из главных параметров при определении потерь нефти и нефтепродуктов от «малых дыханий». Недостаточная точность определения этой температуры может привести к малой эффективности разрабатываемых средств борьбы с потерями или к неоправданному увеличению капитальных затрат. Целью исследования является упрощение и повышение точности существующей методики определения температуры газового пространства. Обработка обширных опытных данных позволила выявить зависимость между температурой окружающего воздуха и температурой газового пространства. Таким образом, предлагаемая нами зависимость описывает экспериментальные данные с большей точностью, а также позволяет избежать сложных и неудобных расчетов, которые предлагаются другими авторами.

Ключевые слова: потери, температура газового пространства, резервуар.

Потери нефтепродуктов от «малого дыхания» принято выполнять по формуле Н.Н. Константинова [1].

$$G_{МД} = m_v \cdot V_r \cdot \ln \left(\frac{P_{Г1} - P_{\min}}{P_{Г2} - P_{\max}} \cdot \frac{T_{Г\max}}{T_{Г\min}} \right), \quad (1)$$

где m_v – среднее массовое содержание паров нефтепродукта в вытесняемой паровоздушной смеси (ПВС); V_r – объем газового пространства (ГП) резервуара при длительном хранении нефтепродукта; $P_{Г1}$, $P_{Г2}$ – давление

срабатывания дыхательной арматуры при «вдохе» и «выдохе»; $P_{\min}$, $P_{\max}$ – минимальное и максимальное парциальное давление паров нефтепродукта в ГП в течение суток; $T_{Г\min}$, $T_{Г\max}$ – минимальная и максимальная температуры ГП в течение суток.

При использовании формулы (1) необходимо определять минимальную и максимальную температуры ПВС в ГП резервуара, которые ввиду изменения температурных и климатических условий хранения нефтепродуктов являются вероятной величиной. Поэтому предлагаемые различными авторами расчетные формулы для $T_{Г\min}$, $T_{Г\max}$ являются сложными и неудобными для практического использования или имеют значительную погрешность расчета.

Нами проведена обработка обширных опытных данных, приведенных в [2]. Данные получены на основании ежедневных измерений максимальной и минимальной температур наружного воздуха и ГП резервуаров, расположенных в северной, средней и южной климатических зонах.

Полученные нами формулы позволяют прогнозировать температуру газового пространства резервуара $T_{Г}$ в зависимости от температуры воздуха $T_{\text{возд}}$ с точностью, приемлемой для инженерных расчетов:

$$\text{ - для } 224\text{ K} < T_{\text{возд}} \leq 273\text{ K} \quad T_{Г} = 273,65 \cdot \left(\frac{T_{\text{возд}}}{273} \right)^{0,9086}; \quad (2)$$

$$\text{ - для } 273\text{ K} < T_{\text{возд}} \leq 310\text{ K} \quad T_{Г} = 273,44 \cdot \left(\frac{T_{\text{возд}}}{273} \right)^{1,3392} \quad (3)$$

Температура газового пространства (ГП) резервуара является одним из главных параметров при определении потерь нефти и нефтепродуктов от «малых дыханий». Недостаточная точность определения этой температуры может привести к малой эффективности разрабатываемых средств борьбы с потерями или к неоправданному увеличению капитальных затрат.

Определение температуры ГП резервуаров принято выполнять по методике Н. Н. Константинова [1], при этом необходимо учитывать большое количество параметров: тепловой поток, коэффициенты теплоотдачи в разное время суток, интенсивность солнечной радиации и другие параметры.

Предложенные нами формулы для температуры паровоздушной смеси в ГП получены на основе обработки результатов фактических измерений [3].

Результаты расчета прогнозирования температуры в ГП резервуара по двум методикам [1, 2] сравнивались с данными фактической температуры наружного воздуха и ГП двух стальных горизонтальных резервуаров, расположенных в районах Республики Башкортостан.

Результаты расчета представлены в таблице 1.

Таблица 1

Сравнение результатов расчета температуры ГП с фактическими данными

	№ за- мера	Температура наружного воздуха, К	Фактическая температура ГП, К	Расчетная температура ГП по форму- лам (2) - (3)	Расчетная темпе- ратура ГП по ме- тодике Н.Н. Кон- стантинова
РГС 1	1	276,5	281,79	278,145	274,59
	2	275,35	275,1	276,597	276,489
	3	273,66	274,01	274,326	274,241
РГС 2	1	276,5	282,13	278,145	274,487
	2	275,35	275,4	276,597	276,398
	3	273,66	273,84	274,326	274,122

Относительная погрешность прогнозирования температуры ГП резервуаров по предложенной методике составляет от 0,04% до 0,5%, среднеквадратичная – 0,996% и 1,052% для первого и второго резервуара соответственно. При определении значения температуры ГП по методике Константинова Н.Н.: относительная погрешность – от 0,03% до 0,96%, среднеквадратичная – 1,843% и 1,934%.

Таким образом, предлагаемая нами зависимость описывает экспериментальные данные с большей точностью, а также позволяет избежать сложных и неудобных расчетов, которые предлагаются другими авторами.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Типовые расчеты при проектировании и эксплуатации нефтебаз и нефтепроводов : учебное пособие для вузов / П. И. Тугунов, В. Ф. Новоселов, А. А. Коршак [и др.] – Уфа: ДизайнПолиграфСервис, 2008. – 658 с. – Текст : непосредственный.
2. Фаттахова А. И. Определение температуры газового пространства резервуаров при расчете потерь нефти и нефтепродуктов от «малых дыханий» / А. И. Фаттахова, И. М. Руфанова. – Текст : непосредственный // 72-я научно-техническая конференция студентов, аспирантов и молодых ученых. – Уфа, 2021. - С. 341.
3. Бударов И. П. Потери от испарения моторных топлив при хранении / И. П. Бударов. – Москва : ВНИИСТ, 1961. - 264 с. – Текст : непосредственный.

ДОПОЛНЕННАЯ РЕАЛЬНОСТЬ, КАК ЭЛЕМЕНТ СИСТЕМЫ ГЕОЛОКАЦИИ

Симонов А. Ю., магистрант, simonovaj@tyuiu.ru
Доманский В. О., ст. преподаватель, domanskijvo@tyuiu.ru
г. Тюмень, Тюменский индустриальный университет

Аннотация. Проблема невозможности геолокации в местах отсутствия GPS-сигнала и неполного покрытия Wi-Fi-сетями до сих пор остается актуальной. Отличным решением данной проблемы является технология дополненной реальности, востребованность и применение которой растет с каждым днем. Vuforia является наиболее оптимальным и в то же время одним из самых популярных SDK для разработки приложений дополненной реальности.

Ключевые слова: геолокация, дополненная реальность, GPS, Wi-Fi, Vuforia.

На сегодняшний день для определения местоположения используются GPS и Wi-Fi-сети. Ввиду невозможности геолокации в местах отсутствия GPS-сигнала и неполного покрытия Wi-Fi-сетями появилась проблема построения маршрута из точки А в точку Б [1].

Современные технологии позволяют создать мобильное решение, которое подразумевает совмещение двух видов навигации: навигация по уже привычной всем 2D карте и навигация с использованием дополненной реальности.

Использование дополненной реальности в навигации является удачным решением по ряду причин [2]:

- Наглядное представление маршрута движения;
- эффективное размещение ключевых объектов за счет анализа накопленных данных о перемещении людей;
- дополнительный канал продаж;
- таргетированный контент;
- нет необходимости в использовании GPS и Wi-Fi-сетей.

В системах навигации с дополненной реальностью использование GPS и Wi-Fi-сетей не нужно, т.к. возможности дополненной реальности позволяют определить местоположения с помощью наведения камеры смартфона на один из ключевых объектов. Создания и определения ключевых объектов на сегодняшний день реализуется за счет инструментария разработчика программного обеспечения дополненной реальности для мобильных устройств, разработанного компаний Qualcomm – Vuforia [3].



Рис. 1. Пример поэтапного сканирования частей объекта в Vuforia

Vuforia является одним из самых популярных SDK для разработки приложений дополненной реальности [4]. Решающим фактором выбора средства разработки стало то, что Vuforia считается полным SDK с обширным набором функций для приложений с дополненной реальностью [5]:

- Идентификация и отслеживание целевых изображений, текстов на английском языке и 3D-объектов в режиме реального времени;
- размещение виртуальных объектов, таких как 3D-модели, в реальной среде;
- многоцелевые 3D-конфигурации;
- Vuforia Engine Area Targets вместе с Area Target Generator;
- отсканированные Model Targets;
- расширенные Model Targets - Обнаружение нескольких моделей;
- продолжение работы при приостановке приложений;
- режим симуляции;
- Vuforia Engine Tracking Scale.

Таким образом, размещение таргетированного контента и появление дополнительных каналов продаж, делает использование геолокации с дополненной реальностью востребованной технологией как со стороны заказчика, так и со стороны конечного пользователя, решая при этом проблему геолокации в местах с отсутствием GPS-сигнала, а также в местах с плохим покрытием Wi-Fi-сетями.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Геопозиция и геолокация: мега-инструмент : сайт. – URL : <https://habr.com/ru/post/461359/> (дата обращения: 13.12.2021). – Текст : электронный.
2. Маркерная AR навигация : сайт. – URL : <https://funreality.ru/portfolio/markernaya-ar-navigatsiya-vnutri-pomeshcheniy/> (дата обращения: 13.12.2021). – Текст : электронный.

3. Vuforia Engine Area Targets: дополненная реальность для больших промышленных объектов : сайт. – URL : <https://holographica.space/news/ptc-vuforia-engine-area-targets-26702/> (дата обращения: 12.12.2021). – Текст : электронный.

4. Создание дополненной реальности для бизнеса: лучшие AR-платформы : сайт. – URL : <https://evergreens.com.ua/ru/articles/web-ar-tools-overview.html> (дата обращения: 13.12.2021). – Текст : электронный.

5. Топ 18 SDK для работы с AR : сайт. – URL : <https://designglory.medium.com/%D1%82%D0%BE%D0%BF-18-sdk-%D0%B4%D0%BB%D1%8F-%D1%80%D0%B0%D0%B1%D0%BE%D1%82%D1%8B-%D1%81-ar-ef3563f55f82> (дата обращения: 13.12.2021). – Текст : электронный.

УДК 66.045.122

ВЛИЯНИЕ ШАГА СПИРАЛИ-ТУРБУЛИЗАТОРА НА ИНТЕНСИФИКАЦИЮ ТЕПЛООБМЕНА

Сомов А. М., магистрант, a.somov1999@gmail.com

Захаренко С. О., ст. преподаватель, zaharenkoso@tyuiu.ru

г. Тюмень, Тюменский индустриальный университет

Аннотация. В данной статье представлено исследование влияния шага спирали-турбулизатора на интенсификацию теплообмена. Для проведения исследования был использован исследовательский стенд. Данное исследование актуально, так как интенсификация теплообмена приводит к экономному использованию материалов и энергии. Были получены экспериментальные данные и на их основе проведены расчеты, по которым были созданы таблица и графики для наглядного представления полученных результатов.

Ключевые слова: теплообменный аппарат, турбулизирующая вставка, интенсификация теплообмена.

Теплообменные аппараты (ТА) играют огромную роль в теплоэнергетике. Главным образом используются в промышленности для передачи тепловой энергии между двумя средами с различными температурами. ТА бывают разных типов и конструкций и применение конкретного ТА будет определяться из технико-экономической целесообразности.

Интенсификация теплообмена в ТА подвергается глубокому и детальному изучению. При изучении существует необходимость в разработке исследовательских стендов, которые, в свою очередь, позволяют проводить серию независимых экспериментов и на фоне этого проводить необ-

ходимые расчеты. Одним из предметов, требующих изучения являются турбулизирующие вставки, позволяющие интенсифицировать теплообмен. Правильный подбор турбулизирующих вставок в необходимом ТА позволяет достичь сокращения используемого металла теплопередающей поверхности и повысить температуру нагреваемого теплоносителя.

Расчет ТА проводится согласно методике расчета ТА «труба в трубе», но при использовании турбулизирующей вставки интерес представляет критерий Нуссельта теплоносителя, где использована вставка. Формула представлена ниже:

$$Nu_{вст.} = 0,022 \cdot Re^{0,8} \cdot Pr^{0,47} \cdot \varepsilon_{ш}, \quad (1)$$

где Re – число Рейнольдса теплоносителя; Pr – критерий Прандтля теплоносителя.

$$\varepsilon_{ш} = \exp\left[0,85 \cdot \frac{(s/\delta)_{opt}}{s/\delta}\right] \text{ при } \frac{s}{\delta} > \left(\frac{s}{\delta}\right)_{opt}, \quad (2)$$

$$\varepsilon_{ш} = \exp\left[0,85 \cdot \frac{s/\delta}{(s/\delta)_{opt}}\right] \text{ при } \frac{s}{\delta} < \left(\frac{s}{\delta}\right)_{opt}, \quad (3)$$

где s – расстояние по потоку между соседними неровностями; δ – высота неровности.

Отношение $(s/\delta)_{opt}$ (оптимальный относительный шаг) можно принять равным тринадцати при любом значении числа Прандтля от одного до восьмидесяти.

Для исследования влияние шага спирали-турбулизатора на теплообмен были выбраны три относительных шага спирали: 4, 13 и 22. Результаты расчетов представлены в таблице 1.

Таблица 1

Экспериментальные расчеты
при изменении расхода греющего теплоносителя

Тип трубки	Расход греющего теплоносителя, м ³ /ч		
	0,15	0,19	0,23
	Площадь поверхности теплообмена, м ²		
Гладкая трубка	0,022	0,025	0,027
Турбулизатор с относительным шагом 4	0,015	0,018	0,019
Турбулизатор с относительным шагом 13	0,011	0,013	0,014
Турбулизатор с относительным шагом 22	0,013	0,015	0,017

Для более наглядного представления были составлены графики зависимости площади поверхности теплообмена при изменении шага спирали-турбулизатора, представленные на рисунке 1.

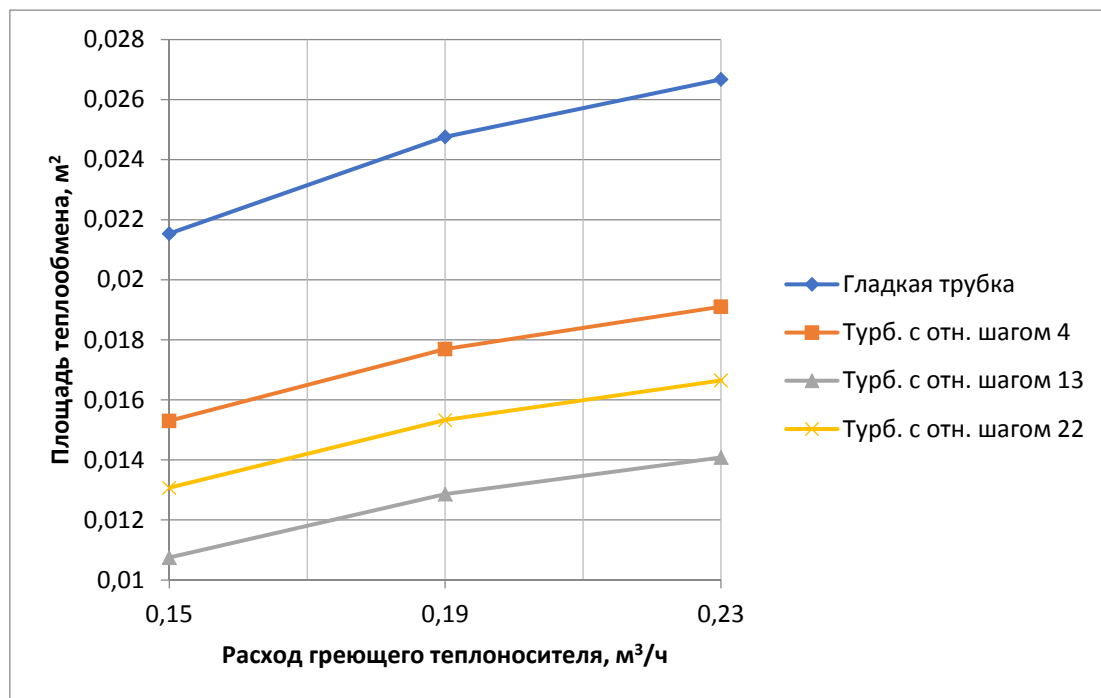


Рис. 1. Графики зависимости площади поверхности теплообмена от расхода греющего теплоносителя при использовании турбулизаторов с различным шагом

Исходя из результатов расчетов и составленных графиков можно сделать вывод, что при оптимальном соотношении шага спирали и её высоты, то есть при оптимальном относительном шаге, можно добиться максимальной интенсификации теплообмена при использовании данной спирали-турбулизатора.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Исаченко В. П. Теплопередача / В. П. Исаченко, В. А. Осипова, А. С. Сукомел. – Москва : Энергия, 1975. – 217 с. – Текст : непосредственный.
2. Петухова Б. С. Справочник по теплообменникам. В 2 т. Т. 1 / В. К. Шикова. – Москва : Энергоатомиздат, 1987. – 560 с. – Текст: непосредственный.
3. Цветков Ф. Ф. Тепломассообмен : учебник для вузов / Б. А. Григорьев. – Москва : МЭИ, 2011. – 562 с. – Текст: непосредственный.
4. Архарова А. М. Теплотехника : учебник для вузов / А. М. Архарова ; под. общ. ред. В. Н. Афанасьева. – Москва. : Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2011. – 792 с. – Текст: непосредственный.

СЕКЦИЯ «НЕТРАДИЦИОННЫЕ И ВОЗОБНОВЛЯЕМЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ»

УДК 551.521.31

СОЛНЕЧНЫЙ РЕСУРС КАК ИСТОЧНИК ЭНЕРГИИ И ВОЗМОЖНОСТЬ ЕГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

Гиясов А. И., д-р. техн. наук, профессор, adham52@mail.ru

Гиясов Р. Б., студент

г. Москва, Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет

Аннотация. В статье рассматривается оценка ресурса солнечной радиации и возможные направления его применения в современной гелиотехнике, в зависимости от характеристики продолжительности солнечного сияния и интенсивности поступающей солнечной радиации. Выделены районы для эффективного использования энергии солнца на территории России и СНГ имеющие широкие возможности по освоению экологически чистого солнечного ресурса, который при рациональном применении его энергетиками и конструкторами может решить ряд энергетических проблем.

Ключевые слова: солнечная радиация, гелиотехника, солнечное сияние

В последние годы на земном шаре использование нетрадиционных источников энергии стало приоритетным.

Поиск новых энергетических источников ставит перед учеными проблему использования солнечной радиации как энергетического источника. Повышенный интерес к этой проблеме объясняется грандиозными масштабами ресурсов солнечной энергии, с одной стороны, и перспективностью ее использования, с другой стороны. Особо отмечается, что солнечная радиация, как экологически чистый и экономически целесообразный источник энергии в настоящее время нашел свое практическое применения во всех отраслях деятельности человека. При этом отмечается, что широко используется энергия солнца в строительстве зданий и сооружений, эксплуатации и в обеспечении бытовых нужд человека.

На Земную поверхность за один год приходит такое количество энергии солнца, которое в несколько раз превосходит энергию, содержащуюся во всех известных полезных ископаемых, включая и ядерные. При этом общее количество солнечной энергии, падающее на поверхность Земли за год, превышает более чем в 25000 раз мировое потребление энергетических ресурсов. Мощность солнечного излучения в верхних слоях атмосферы составляет приблизительно $1,33 \text{ кВт/м}^2$, при этом максимальная солнечная радиация, приходящая к земной поверхности в ясные дни, для

географических широт $40...60^\circ$ составляет $0,8...0,9 \text{ кВт/м}^2$, а в странах экваториального региона она достигает 1 кВт/м^2 [1].

Предварительные исследования ученых-энергетиков России, США и ряда стран Европейского союза показывают, что энергия, получаемая с помощью гелиотехнических сооружений, займет видное место в общем энергетическом балансе земного шара. Этому свидетельствует концепция развития солнечных электростанций и солнечных панелей на Земле общая мощность которых составляет 760 ГВт в 2020 году по сравнению 120 ГВт в 2010 году.

Предполагается, что в районах с благоприятным радиационным климатом в 2050 году 9% используемой энергии составит солнечная, а в 2200 году - около 30%, что хорошо согласовывается с концепцией производства энергии на будущее.

Эффективность работы гелиотехнических устройств для данного места определяется, прежде всего, продолжительностью солнечного сияния, приходом суммарной радиации и, главным образом, прямой солнечной радиации.

В настоящее время солнечный ресурс для многих районов достаточно хорошо изучен, что показывает прогноз расчетной солнечной энергии, доступной для производства электроэнергии и других энергетических применений (рис.1).

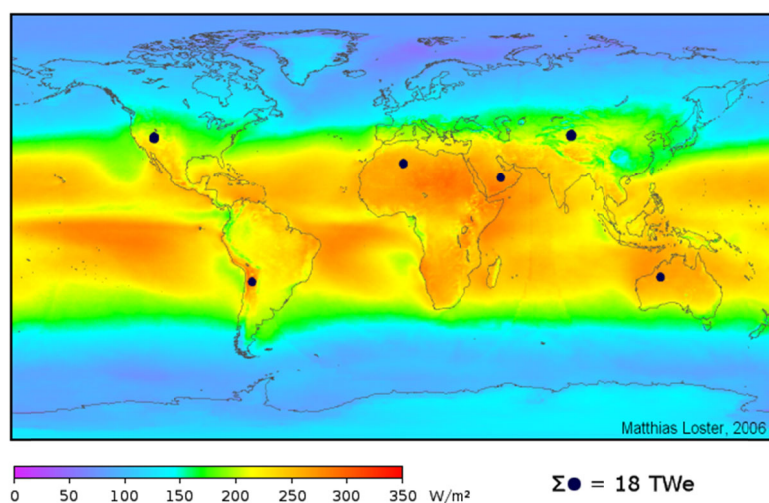


Рис. 1. Карта солнечного энергоресурса

Наиболее перспективными для развития гелиотехники являются экваториальные страны, где годовое число часов солнечного сияния достигает 3000 и более, а приход суммарной солнечной радиации составляет в среднем $170 \text{ ккал/см}^2 \text{ год}$.

На большей части территории СНГ имеется возможность успешно использовать гелиотехнические установки, которые могут эффективно ра-

ботать в течение продолжительного времени года. К ним относятся прежде всего республики Центральной Азии и Закавказье и южный регион России, в которых максимальная вероятность и годовая продолжительность солнечного сияния составляет 300 дней и более, общая сумма солнечной радиация составляет 6000...7000 МДж/м²год, интенсивность прямого солнечного излучения достигает до 5000 МДж/м²год (табл. 1).

Таблица 1

Приход солнечной радиации на горизонтальную поверхность

Город	Радиация, МДж/м ²								
	прямая			рассеянная			суммарная		
	июль	декабрь	годовая	июль	декабрь	годовая	июль	декабрь	годовая
Санкт-Петербург	330	0	1580	260	9	1621	592	9	3300
Ереван	528	80	3582	283	90	2383	812	170	5964
Ташкент	690	70	4412	226	104	2161	930	175	6574
Ашхабад	608	75	4130	240	100	2166	850	175	6295
Термез	690	108	4832	245	122	2260	925	231	7092

В городах северной широты (Мурманск, Санкт-Петербург и др.) в безоблачные летние дни суточные значения суммарной солнечной радиации составляют около 3200 МДж/м², а на зимние дни около 600 МДж/м². Продолжительность солнечного сияния составляет от 10 часов зимой до 14 часов летом [2, 3].

Анализ солнечного ресурса территории России показал, что для развития солнечной энергетики перспективными регионами являются юго-западные географические районы в пределах 42...48° с.ш. России – республики северного Кавказа, Ставропольский и Краснодарский края, Ростовская, Волгоградская, Астраханская области, Калмыкия. Также экономически выгодно развивать территории Алтая, Приморья, Бурятии, Читинской области.

Республики Центральной Азии, Закавказья СНГ расположены в географической зоне 36...44° с. ш. и характеризуются равнинной и сложной орографией рельефа, вследствие чего различия в их радиационном режиме определяются режимом облачности. Благодаря своему южному положению и преобладанию сравнительно небольшой облачности они получают значительное количество лучистой энергии и входят в «солнечный пояс», в этой связи использование в них солнечных устройств является весьма эффективным и выгодным.

Эффективность работы гелиотехнических устройств для конкретного района определяется, прежде всего, продолжительностью солнечного сияния, приходом суммарной радиации и, главным образом, прямой солнечной радиации (рис. 2).

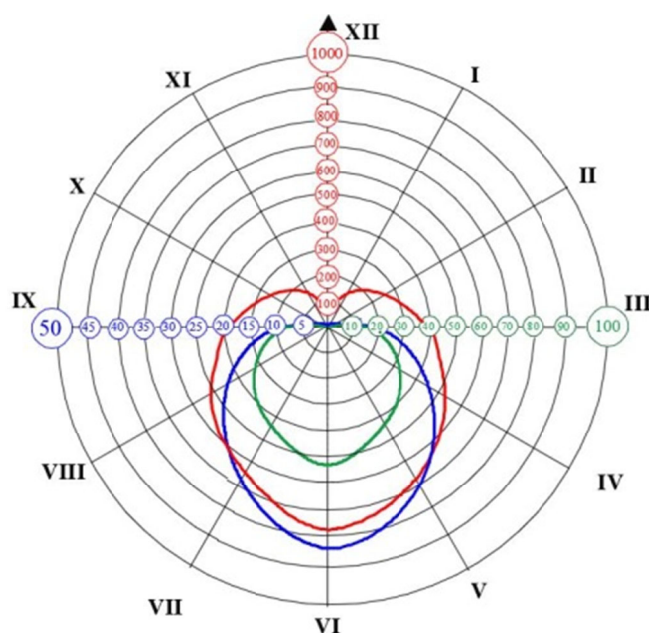


Рис. 2. Среднемесячная уровень солнечной радиации:

- суммарная (прямая и рассеянная) солнечная радиация на горизонтальную поверхность, Вт/м^2 ; — УФ радиация в полдень, Вт/м^2 ;
- высота солнца над горизонтом (в градусах)

Отмечаются следующие целесообразные направления применения современной гелиотехники в деятельности человека:

- промышленности при производстве электроэнергии;
- строительстве при теплохладоснабжении и вентиляции помещений;
- сельском хозяйстве и быту при получении высоких и низких температур (водонагреватели, сушильни, опреснители воды и пр.);
- космической гелиотехнике для выработки электроэнергии, с расположением энергетической станции на земной орбите или на Луне;
- биологических процессах используется зелеными растениями;
- медицине и санитарно-гигиенической гелиотехнике используется человеком и животными при синтезе витамина D.

В итоге следует отметить, что для эффективного использования энергии солнца на территории России и СНГ имеются широкие возможности по освоению неисчерпаемого экологически чистого солнечного ресурса, который при рациональном применении его энергетиками и конструкторами может решить ряд энергетических проблем.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. The modern global database of NASA SSE (NASA Surface meteorology and Solar Energy) covers the entire territory of Russia. Source. – URL: <https://www.c-o-k.ru/articles/solnechnaya-radiatsiya-spravochniki-i-raschety> (дата обращения: 13.12.2021). – Text : electronic.

2. Пиваварова З. И. Характеристика радиационного режима на территории СССР применительно к запросам строительства. Вып. 321 / З. И. Пиваварова, Г. Г. Оим, А. И. Воейкова. – Ленинград : Гидрометеиздат, 1973. – 128 с. – Текст: непосредственный.

3. Строительная климатология : СП 131.13330.2012 : утв. М-ва строительства и жилищно-коммунального хоз-ва РФ 24.12.20 : введ. в действие с 25.06.21. - Москва : Минстрой России, 2020. – 153 с. – Текст : непосредственный.

УДК 622.692.4.07

ОСОБЕННОСТИ ТРАНСПОРТА И ХРАНЕНИЯ ВОДОРОДА

Дусалимов М. Э., канд. техн. наук, доцент, marsst@list.ru

Валиуллина С. Я., бакалавр, valiullina_sabina@mail.ru

Гундорова И. Г., бакалавр, izabellagundorova5793@gmail.com

г. Уфа, Уфимский государственный нефтяной технический университет

Аннотация. В данной статье представлен анализ используемых в настоящее время способов производства, транспортировки и хранения водорода. Исследованы технологические особенности получения различных видов водорода и описаны их характеристики. Также перечислен ряд существенных проблем, возникающих при транспорте и хранении водорода, и проанализированы возможные пути их решения. Кратко рассмотрены перспективы водорода в топливно-энергетической отрасли России и мира.

Ключевые слова: транспортировка, хранение, водород, альтернативные источники энергии.

Современная экологическая проблема – большое количество парниковых газов в атмосфере, выделяемых вследствие использования углеводородов, таких как нефть и природный газ. Для сокращения выбросов необходима замена используемых источников энергии на альтернативные – более экологичные. Одной из перспективных областей развития является транспорт и хранение водорода.

Водород - это легкий газ, при сжигании которого выделяется тепло, в несколько раз превышающее тепло от сжигания природного газа.

Однако, нельзя сказать, что весь водород является экологичным видом топлива, это зависит от способа его получения. Так, водород практически не встречается в природе в чистом виде, обычно его получают из

химических соединений с помощью различных методов. По способам получения водород разделяют на цветовые градации:

- коричневый, серый – это высокоуглеродные виды водорода, в процессе производства которых происходит выброс углекислого газа в атмосферу.

- голубой – среднеуглеродный водород, при его получении вредные отходы улавливаются для вторичного использования, что дает примерно двукратное сокращение выбросов углерода (CCS - технология улавливания и захоронения углерода).

- бирюзовый – малоуглеродный водород, с довольно низким уровнем выброса углерода в процессе производства, который впоследствии будет захоронен, либо использован в промышленности. Таким образом исключают его попадание в атмосферу.

- желтый, зеленый – безуглеродные виды водорода, в процессе производства которых выбросы углекислого газа в атмосферу отсутствуют.

Различные виды водорода могут использоваться в самых разных областях промышленности и жизни человека. Например, применение водорода распространено в нефтегазовой и химической промышленности, в топливной энергетике.

По мере возрастания спроса на потребление водорода, увеличивается необходимость в развитии как транспорта от мест его производства до конечного потребителя, так и хранения.

Транспортировка водорода может осуществляться трубопроводным транспортом, с помощью контейнерных перевозок, а также в криогенных цистернах или в носителях, таких как аммиак или гидриды металлов. Для хранения водорода в газообразном виде могут применяться различные газгольдеры, естественные подземные хранилища, а для малых объемов хранения могут использоваться баллоны и сосуды. В сжиженном состоянии водород возможно хранить в криогенных контейнерах, а в твердой форме – с помощью поглощения или адсорбции водорода другим материалом.

Водород по своей структуре схож с природным газом, однако, при транспорте и хранении водорода по сравнению с природным газом возникает ряд существенных проблем:

- высокая «просачиваемость» жидкого водорода при температуре выше минус 253 градуса вследствие малого размера его молекул;

- охрупчивание и разрушение металлов под воздействием атомарного водорода;

- взрывопожароопасность, возникающая при смешивании водорода с кислородом.

Все эти проблемы дают начало исследованию новых способов транспортировки и хранения, а также разработке и применению новых технологий и материалов.

Армированные пластиковые трубопроводы – перспективная альтернатива стальным трубопроводам по техническим и экономическим харак-

теристикам. Данная модель трубы состоит из нескольких слоев: внутренней стороной является непроницаемый лайнер, далее идет защитное покрытие, после чего устанавливается два промежуточных слоя, и завершающими являются внешние барьерный слой и защитное покрытие.

Для изготовления лайнеров могут применяться различные полимерные материалы, такие как полиэтилен, полиамид. Водородопроницаемость этих материалов определяет объем утечек водорода из трубопровода.

В данный момент объемы транспортировки и потребления водорода не такие большие, и на исследование новых технологий нужны крупные капитальные вложения. Также необходима разработка НТД и технических решений по производству, транспортировке и хранению водорода. Однако за этим последует значительный положительный экологический эффект, именно поэтому данная область является одной из самых развиваемых и перспективных на мировой энергетической арене.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Радченко Р. В. Водород в энергетике : учебное пособие / Р. В. Радченко, А. С. Мокрушин, В. В. Тюльпа. – Екатеринбург : Изд-во Урал. ун-та, 2014. – 229 с.

2. Алексеева О. К. Транспортировка водорода / О. К. Алексеева, С. И. Козлов, В. Н. Фатеев. – Текст : непосредственный // Транспорт на альтернативном топливе. – 2011. – № 3. - С. 18-24.

3. Методы получения водорода в промышленном масштабе. Сравнительный анализ / Д. Р. Шафиев, А. Н. Трапезников, А. А. Хохон [и др.]. – Текст : непосредственный // Успехи в химии и химической технологии. – 2020. – № 12. - С. 53-57.

УДК 621.039

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ТЕРМОЯДЕРНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ. ТОКАМАК

Куликов Р. В., бакалавр, rodion.clash@gmail.com

г. Казань, Казанский государственный энергетический университет

Аннотация: В настоящее время возник острый вопрос об уменьшении выбросов углекислого газа и вредных веществ в окружающую среду. Существует множество способов решения этой проблемы. Они получили название «нетрадиционные и возобновляемые источники энергии».

В мире есть множество альтернативных источников энергии: ветрогенераторы, солнечные батареи, биотопливо, геотермальная энергия и т. д. Но при их эксплуатации возникает множество трудностей. Например – зависимость ветровых и солнечных электростанций от наличия ветра и солнца, что делает их использование во многих местах не-

целесообразным или невозможность переработки отработанных лопастей ветрогенераторов. Одним из наиболее перспективных альтернативных источников энергии является термоядерная энергетика

Целью исследования является изучение и анализ современных достижений в области термоядерной энергетике. В результате был сделан вывод, что токамаки являются перспективным направлением в области энергетике, но нынешних знаний и опыта в проведении управляемой термоядерной реакции недостаточно для создания термоядерных реакторов для выработки энергии.

Ключевые слова: токамак, термоядерная энергетика, плазма.

В основу термоядерного синтеза заложено слияние ядер дейтерия и трития с образованием гелия и высвобождением огромного количества энергии. В сравнении с атомными электростанциями, использующими уран, который ограничен в запасах, топливо для термоядерного реактора в избытке, т. к. его можно получить из обычной воды. Также продукты термоядерного реактора безопасны, в сравнении с ядерным, и их хранение не столь затруднительно.

Для запуска процесса термоядерного синтеза необходимо сообщить атомам энергию, превышающую силу кулоновского взаимодействия между частицами. Это достигается за счет нагревания топлива до сверхвысоких температур под высоким давлением. В результате топливо нагревается до температур более 100 млн. градусов и переходят в состояние плазмы. За счет того, что термоядерная реакция возможна только в экстремальных условиях, аварии в термоядерном реакторе невозможны – при отключении системы реакция оборвется, поэтому такие реакторы безопасны. В мире нет материала, способного выдержать температуры плазмы, поэтому было принято решение удерживать плазму в рабочей зоне при помощи магнитного поля, создаваемого специальной замкнутой магнитной ловушкой. Существует 2 вида установок для удержания плазмы: стелларатор и токамак. Наиболее перспективным из них является токамак. Он расшифровывается как тороидальная камера магнитная.

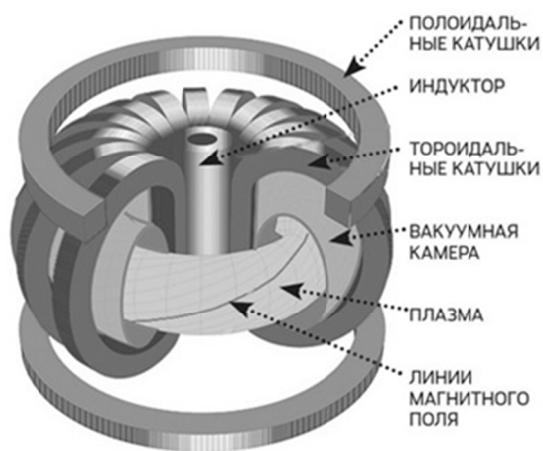


Рис. 1. Схема устройства токамака.

Магнитное поле создается 2 группами катушек – полоидальными и тороидальными, в результате получается скрученное по спирали тороидальное магнитное поле, которым и удерживается плазма. Для получения сильного магнитного поля используют сверхпроводящие магниты, охлаждаемые жидким азотом. Внутренняя стенка токамака выполнена из вольфрама для уменьшения влияния высоких температур. Все это делает строительство и эксплуатацию термоядерных реакторов более затратным в сравнении с другими объектами генерации энергии.

Технология термоядерного синтеза все еще на стадии разработки, поэтому в мире нет ни одной действующей электростанции на основе токамака. Это связано с существованием ряда проблем. Во-первых, это невозможность долгого поддержания плазмы, в основном именно из-за этого мы не можем использовать токамаки в качестве источников энергии. Во-вторых – отрицательный выход энергии, на разогрев плазмы уходит больше энергии, чем выделяется за время реакции. В-третьих это нестабильность и малоизученность плазмы, в результате чего происходит его срыв во время реакции, и часть топлива уходит за пределы рабочей зоны, забирая с собой часть энергии.

Сейчас ведутся активные работы в изучении процессов в токамаках как внутри отдельных институтов и стран, так и масштабах мира. С 2007 года усилиями 35 стран на юге Франции строится «Международный экспериментальный термоядерный реактор», или ITER. В будущем именно ITER станет мировым центром для изучения термоядерной реакции синтеза, что приблизит нас к использованию чистой энергии. Возможно, термоядерная энергетика станет основным источником энергии в будущем и спасет его от энергетического и климатического кризиса.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кадомцев Б. Б. Магнитное удержание плазмы / Б. Б. Кадомцев, В. Д. Шафранов. – Текст : электронный // Успехи физических наук. – 1983. – Т.139, № 3. – С. 399-434. – URL: http://www.elibrary.lt/resursai/Uzsienio%20leidiniai/Uspechi_Fiz_Nauk/1983/3/r833b.pdf (дата обращения: 13.12.2021)

2. Синтез и моделирование двухуровневой системы магнитного управления плазмой токамака-реактора / Ю. В. Митришкин, А. Я. Коростелев, В. Н. Докука, Р. Р. Хайрутдинов. – Текст : электронный // Физика плазмы. – 2011. – Т. 37, № 4. – С. 307-349. – URL: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_16311599_88639809.pdf (дата обращения: 13.12.2021).

3 Управление плазмой в токамаках. Ч. 1. Проблема управляемого термоядерного синтеза. Токамаки. Компоненты систем управления / Ю. В. Митришкин, П. С. Коренев, А. А. Прохоров [и др.]. – Текст : электронный

// Проблемы управления. - 2018. - № 1. - С. 2-20. - URL: http://pu.mtas.ru/archive/Mitrishkin_118.pdf (дата обращения: 14.12.2021).

4. Реконструкция равновесного распределения параметров плазмы токамака по внешним магнитным измерениям и построение линейных плазменных моделей / П. С. Коренев, Ю. В. Митришкин, М. И. Патров. – Текст : электронный // Мехатроника, автоматизация и управление. – 2016. – Т. 17, № 4. - С. 254-265. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/upravlenie-plazmoy-v-tokamakah-ch-1-problema-upravlyаемого-termoyadernogo-sinteza-tokamaki-komponenty-sistem-upravleniya/viewer> (дата обращения: 14.12.2021)

УДК 621.311.11

КЛЮЧЕВЫЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ПРОЕКТЫ В ОТРАСЛИ ВИЭ В 2022 ГОДУ

Рахматуллин С. С., бакалавр, samatrakhmatullin@gmail.com
г. Казань, Казанский государственный энергетический университет

Аннотация. Спрос на возобновляемые источники энергии растет с каждым годом. Во многом это обусловлено потребностью в чистой и устойчивой мировой энергетике. Такая потребность в последние годы привела к тому, что сектор возобновляемой и нетрадиционной энергетики получает все большее финансирование и государственную поддержку, благодаря чему активно проектируются и вводятся в эксплуатацию инновационные, совершенные и крупномасштабные электроэнергетические установки. Ожидается, что развитие энергетических проектов в направлении ВИЭ продолжится в 2022 году, рассмотрению ключевых примеров которых и посвящена данная работа.

Ключевые слова: возобновляемая энергетика, гидроэлектростанция, солнечный парк

Возобновляемая энергетика считается самым быстрорастущим энергетическим сектором в мире. Потребность в чистой, устойчивой энергии только растет, и с каждым годом финансирование в отрасли ВИЭ и альтернативных, нетрадиционных энергетических источников получают все большее количество проектов. Сегодня такие проекты совершеннее, сложнее, крупнее в размерах и масштабах, чем когда-либо прежде. Ожидается, что в 2022 году сектор возобновляемой энергетики продолжит свой активный рост: будут построены и введены в эксплуатацию новые электроэнергетические установки и реализованы многие инновационные планы [1]. С учетом предположений авторитетных исследователей и прогнозов специалистов отрасли, в данной работе рассматриваются три ключевых проекта в направлении ВИЭ, которые будут представлять особый интерес для энергетического сообщества в 2022 году.

1. Гидроэлектростанция Удундэ, Китай

На реке Цзиньша – притоке Янцзы, протекающей через провинции Сычуань и Юньнань на юго-западе Китая, с 2015 г. ведется строительство гидроэлектростанции «Удундэ», которая начала вырабатывать электроэнергию от первой партии генераторных установок в июне 2020 г. Завершение строительства плотины запланировано на декабрь 2021 г.

Плотина высотой 240 метров является одной из самых высоких на планете, а также была названа самой «умной» мега-гидроэлектростанцией в мире. Это первая ГЭС, в которой полностью использован цемент с низким тепловыделением. Она строится с использованием мониторинга температуры в режиме реального времени и интеллектуального оборудования для цементирования: охлаждающие трубы в бетоне определяют температуру и автоматически регулируют поток воды для умного охлаждения бетона. Такой цемент выдерживает большие температурные перепады, что предотвращает растрескивание и повышает безопасность сооружения.

Конструкция плотины ГЭС стоит на фундаменте шириной всего 51 метр, что делает ее самой тонкой 300-метровой арочной плотиной в мире. Резервуар ее водохранилища вмещает до 7,4 млрд кубометров воды. Сооружение включает в себя 12 генерирующих установок с турбинами от компании General Electric и генераторами от компании Voith, которые, как предполагается, будут вырабатывать около 39 млрд кВт электроэнергии в год. Кроме этого, ожидается, что «Удундэ» будет обеспечивать защиту от наводнений и задерживать паводки. По словам специалистов, ГЭС стоимостью 15,4 млрд долларов США позволит компенсировать использование 12,2 млн тонн угля в регионе и сократить выбросы CO₂ на 30,5 млн тонн в год, а диоксида серы – на 104 тысячи тонн в год [2].

2. Уланчабская ветряная электростанция, Китай

Крупнейшая в мире наземная ветроэлектростанция будет охватывать 3800 квадратных километров северокитайского Автономного района Внутренняя Монголия. Береговой ветропарк стоимостью 6,2 млрд долларов США, общая мощность ввода которого составит 6 ГВт, будет поставлять 18,9 млрд кВт/ч электроэнергии в год на энергетический рынок Пекина, Тяньцзиня и Хэбэя и, как утверждается, поможет обеспечить электричеством зимние Олимпийские игры 2022 года.

Строительство электростанции началось в 2018 г. Китайской государственной энергетической инвестиционной корпорацией, которая привлекла для выполнения работ исключительно отечественные фирмы. Строительство проходит в несколько этапов, каждый из которых подразумевает ввод генерируемых мощностей от 100 до 200 МВт. Средняя же мощность отдельной ветряной турбины составит 4,16 МВт.

Данный проект не субсидируется правительством, но будет использовать ряд мер государственной поддержки, включая 20-летние соглашения о покупке электроэнергии и гарантированное подключение потребите-

лей к сети. Ожидается, что ветропарк округа Уланчаб начнет поставлять электроэнергию в конце 2021 года [3].

3. Концентрированная солнечная электростанция, Дубай

Новая солнечная электростанция с технологией концентрированной солнечной энергии (CSP) стоимостью 4,3 млрд долларов США является составной и ключевой частью четвертой ступени солнечного парка имени Мохаммеда бин Рашида аль-Мактума общей мощностью 5 тысяч МВт и стоимостью 13,6 млрд долларов США, расположенного в пустыне в Дубае. В остальных трех фазах солнечного парка технология CSP отсутствует и используются километры фотоэлектрических панелей. Общая мощность фазы IV составит 950 МВт, из которых 700 МВт будет получено от CSP, а 250 МВт – от солнечных панелей.

В этой пустыне планируется расположить самую высокую в мире башенную установку-ресивер (260 метров), заполненную расплавленной солью, которая будет получать сфокусированный солнечный свет от зеркал гелиостатов для питания паровых турбин, вырабатывающих 100 МВт электроэнергии. Кроме того, в солнечном парке Дубая планируется установка дополнительно трех термомасляных электростанций с параболическим желобом, которые будут генерировать по 200 МВт электроэнергетической мощности. Сама же фотоэлектрическая ферма оставшейся части четвертой ступени парка будет вырабатывать 250 МВт электричества.

Сегодня строительство солнечной электростанции продолжается, реализуется поэтапный ввод в эксплуатацию. Фаза IV должна быть завершена в апреле 2022 г., а всю солнечно-энергетическую систему имени Мохаммеда бин Рашида аль-Мактума планируется полностью ввести в эксплуатацию в качестве крупнейшего в мире солнечного парка к 2030 году [4].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Renewable electricity. – Text : electronic // IEA. - 2021. - URL : <https://www.iea.org/reports/renewable-energy-market-update-2021/renewable-electricity> (date of the application: 27.11.2021).

2. Wudongde Hydropower Project. – Text : electronic // NS Energy. - 2021. - URL : <https://www.nsenergybusiness.com/projects/wudongde-hydropower-project/> (date of the application: 28.11.2021).

3. China Plans Even More Wind Complexes. – Text : electronic // Wind-fair. - 2019. - URL : <https://w3.windfair.net/wind-energy/pr/30534-china-onshore-offshore-wind-farm-cluster-gigawatts-production-electricity> (date of the application: 29.11.2021).

4. \$13.6B record-breaking solar park rises from Dubai desert. – Text : electronic // CNN. – 2019. – URL : <https://edition.cnn.com/style/article/mbr-solar-park-dubai-desert-intl/index.html> (date of the application: 30.11.2021).

ОСНОВНЫЕ ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ ВОЗОБНОВЛЯЕМОЙ ЭНЕРГЕТИКИ В 2022 ГОДУ

Рахматуллин С. С., бакалавр, samatrakhmatullin@gmail.com
г. Казань, Казанский государственный энергетический университет

Аннотация. В 2021 году отрасль нетрадиционной энергетики характеризовалась устойчивостью. Совершенствование технологий, общая тенденция снижения стоимости ВИЭ, повышение инвестиционной привлекательности сделали эту отрасль одной из самых конкурентоспособных на энергетическом рынке. Несмотря на ограничения в цепочке поставок и рост цен на сырьевые товары, объемы ввода мощностей оставались высокими. Ожидается, что в 2022 году развитие ускорится по причине роста спроса на экологически чистые и инновационные источники энергии, а также реализации государственных программ и публикации законодательных актов в пользу активизации мероприятий по совершенствованию эффективности ВИЭ. В статье представлены 5 основных тенденций в возобновляемой энергетике, которые, по мнению специалистов, будут активно развиваться и особенно выделяться в 2022 году.

Ключевые слова: ВИЭ, альтернативная энергетика, экономические прогнозы

В 2021 г. возобновляемая энергетика оставалась устойчивой. Совершенствование технологий, снижение стоимости ВИЭ и повышение инвестиционной привлекательности аккумуляторных батарей сделали эту отрасль одной из самых конкурентоспособных на энергетическом рынке. Несмотря на ограничения в цепочке поставок, увеличение стоимости в логистике и рост цен на сырьевые товары, объемы ввода мощностей били очередные рекорды. За первые 8 месяцев 2021 г. прирост солнечно-ветровых мощностей составил 13,8 ГВт, что на 28% больше, чем за аналогичный период в 2020 г. Многие государственные субъекты и предприятия поставили перед собой амбициозные цели в области экологически чистой энергетики, повысив портфельные стандарты по ВИЭ и введя в действие мандаты на закупку накопителей электроэнергии [1].

В 2022 г. развитие возобновляемой энергетики ускорится из-за роста обеспокоенности изменением климата, поддержки экологических и устойчивых энергетических направлений, спроса на инновационные источники энергии, а также реализации федеральных программ и нормативных актов в пользу активизации мероприятий по совершенствованию ВИЭ [2].

В данной работе, основанной на анализе авторитетных источников, представлены 5 ключевых тенденций в области возобновляемой энергетики, которые, по мнению исследователей, будут активно развиваться и особенно выделяться среди прочих в 2022 г.

1. Интерес к технологиям экологически чистой энергетики

Сегодня заинтересованные стороны сектора ВИЭ рассматривают возможность инвестиций в новые технологии, что может помочь быстрее

коммерциализировать интеграцию сектора солнечно-ветровых источников энергии в электрическую сеть. Наблюдается рост частного финансирования, пилотных проектов и федеральная поддержка исследований в сфере технологий «зеленого» водорода и современных аккумуляторов, что приведет к устранению перегрузки сети, остановке сокращения и повышения надежности ВИЭ, достижению целей по нулевым выбросам CO₂ во многих секторах мировой экономики [3].

В 2022 г. будет наблюдаться активное развитие «зеленого водорода», обусловленное снижением общей стоимости ВИЭ. Государственные органы и энергокомпании быстро среагируют на эту тенденцию и будут наращивать мощности генерации возобновляемого водорода, а также уделять внимание аккумуляторам длительного хранения электроэнергии для поддержки своих энергосистем [2].

2. Инновационные решения в отрасли солнечной энергетики

За последние 10 лет стоимость солнечных фотоэлектрических систем снизилась на 85%, что сегодня делает их одним из наиболее конкурентоспособных на рынке ВИЭ энергоресурсов и в 2022 г. может привести к росту числа новых бизнес-моделей и технологических проектов, таких как инновационные способы хранения солнечной энергии, плавучие фотоэлектрические модули или усовершенствованные методы покорения мировых энергетических рынков. Новые решения будут также обусловлены ростом инвестиций в связи с привлекательностью направления, благоприятной налогово-кредитной политикой и развитием федеральных проектов, особенно в США [4].

3. Развитие инфраструктуры передачи электроэнергии

Рост числа подключения новых, удаленно расположенных мощностей ВИЭ к центрам потребления, станет важной частью повестки дня в 2022 г. Политическая и нормативная поддержка, инвестиции и инновации ускорят прогресс в этом направлении, которое сегодня сдерживается трудностями получения разрешений от регулирующих органов, отказами землевладельцев и экологическими группами. Так, в США около 800 ГВт мощностей ВИЭ находятся в очередях на подключение к системам электропередачи. Проблема присутствует и в морской ветроэнергетике, которая в 2022 г. будет подключена к береговой инфраструктуре. Проблема решится в 2022 г. за счет увеличения пропускной способности имеющихся и строящихся ЛЭП [5].

4. Новые стратегии цепочки поставок

В 2022 г. сектор ВИЭ продолжит совершенствовать цепочки поставок, где сегодня наблюдается финансовый упадок из-за логистических затрат и торговой напряженности между США и Китаем. В 2021 г. в солнечно-энергетической промышленности впервые за 7 лет из-за нехватки сырья, компонентов и рабочей силы наблюдался рост цен. В 2022 г. работники отрасли возобновляемой энергетики многих стран активизируют поиск альтернативных поставщиков, акцентировав внимание и на отечественных производителях, а также осуществят переоценку потребностей в поставках и, вероятно, разработку национальных аналогов [6].

Ветроэнергетический сектор США уже сегодня увеличил производство компонентов турбин на внутреннем рынке, построив более 500 производственных предприятий в 40 штатах, а государственные органы страны законодательно ввели налоговые льготы для передовых национальных энергопроизводств.

В секторе солнечной энергетики в 2022 г. активизируется контроль за соблюдением требований Протокола отслеживания цепочки поставок – набора руководящих принципов для выявления происхождения материалов и подтверждения того, что закупки не содержат неэтичных трудовых практик [2].

5. Особый акцент на циркулярной экономике

В 2022 г. стратегии управления продукцией и материалами ВИЭ привлекают внимание специалистов отрасли, поскольку срок службы многих солнечно-ветровых установок подходит к концу, что приводит к образованию отходов и требует решений по их утилизации и переработке. Это поможет сократить количество отходов, обеспечить дополнительную ценность ресурсов и повысить репутацию направлений устойчивого развития [7].

В 2021 г. заинтересованные стороны и регулирующие органы начали предлагать решения для продления срока службы и повышения производительности, восстановления и повторного использования материалов возобновляемой энергетики. Например, учитывая спрос на аккумуляторы в других секторах, предполагается создание циркулярной экономики для этого типа продукта, но для начала – более активное сотрудничество по разработке нормативных актов повторного использования и переработки батарей, которые пока находятся на ранней стадии планирования, но являются важным элементом в задаче стимулирования частных инвесторов финансировать направление [8].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Energy infrastructure update for August 2021. –Text : electronic // Federal Energy Regulatory Commission. – 2021. – URL : <https://cms.ferc.gov/media/energy-infrastructure-update-august-2021> (date of the application: 21.11.2021).

2. 2022 renewable energy industry outlook. – Text : electronic // Deloitte. – 2021. – URL : <https://www2.deloitte.com/us/en/pages/energy-and-resources/articles/renewable-energy-outlook.html> (date of the application: 23.11.2021).

3. Bipartisan Infrastructure Investment & Jobs Act: Funding Over \$1 Trillion in Transportation, Energy, Water, & Broadband Infrastructure Programs. – Text : electronic // Causes. – 2021. – URL : <https://www.causes.com/bills/hr3684-117-infrastructure-investment-and-jobs-act-2021> (date of the application: 24.11.2021).

4. Bolinger M. Utility-scale Wind and Solar in the US: Comparative Trends in Deployment, Cost, Performance, Pricing, and Market Value / M.

Bolinger. - Berkeley : Lawrence Berkeley National Laboratory, 2020. - 37 с. – Text : electronic.

5. Queued up: Characteristics of power plants seeking transmission interconnection as of the end of 2020 / J. Rand, M. Bolinger, R. Wiser [et al.]. - Berkeley : Lawrence Berkeley National Laboratory, 2021. - 23 с. – Text : electronic.

6. White B. Trade actions and supply chain challenges steal spotlight from strong US solar deployments / B. White. – URL : <https://www.woodmac.com/news/opinion/trade-actions-and-supply-chain-challenges-steal-spotlight-from-strong-solar-deployments/> (date of the application: 25.11.2021). - Text : electronic.

7. NREL Analysts Advance Understanding of Options, Opportunities To Repair, Reuse, or Recycle Solar Photovoltaic System Materials. – Text : electronic // NREL. – 2021. – URL : <https://www.nrel.gov/news/program/2021/what-it-takes-to-realize-a-circular-economy-for-solar-photovoltaic-system-materials.html> (date of the application: 27.11.2021).

8. A circular economy for lithium-ion batteries used in mobile and stationary energy storage: Drivers, barriers, enablers, and U.S. policy considerations / L. Taylor, Curtis, Ligia Smith [et al.]. – URL : <https://www.nrel.gov/docs/fy21osti/74550.pdf> (date of the application: 29.11.2021). - Text : electronic.

УДК 721.021.23

ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ АВТОНОМНЫХ ОБЪЕКТОВ НА БАЗЕ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ

Логачев Е. С., бакалавр, e.logachev@edu.sibstrin.ru

Калпакова Ю. А., бакалавр, yu.kalpakova@edu.sibstrin.ru

Бурило Н. А., ст. преподаватель, директор ИТЦ «Сибстрин-инновация», itc@sibstrin.ru

г. Новосибирск, Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет (Сибстрин)

Аннотация. Применение структурного декоративного навесного фасада на базе альтернативных источников энергии, спроектированного с использованием алгоритмического вариативного проектирования в автостоянках открытого типа для экономичного удовлетворения потребностей здания в автоматизации процессов, касающихся системы контрольно-пропускного пункта, распределения автомобилей, отопления, вентиляции, автоматической системы пожаротушения и освещения объекта в агрессивных климатических условиях.

Ключевые слова: энергоэффективность, автономность, возобновляемые источники энергии, проектирование, навесные фасадные системы

Основным объектом исследования выбран проект многоуровневой автостоянки на 300 машино-мест. В данном объекте актуальными на сегодняшний день являются вопросы о энергоэффективном использовании электроэнергии для поддержания автоматизации на различном уровне [1].

Типология парковки была выбрана неслучайно, данный паркинг-открытого типа. Это позволяет не только организовывать хранение автомобилей без затрат на отопление, вентиляцию и утепление объекта, но и работать предложенной ниже энергоэффективной системе фасада (Рис. 1) [2].

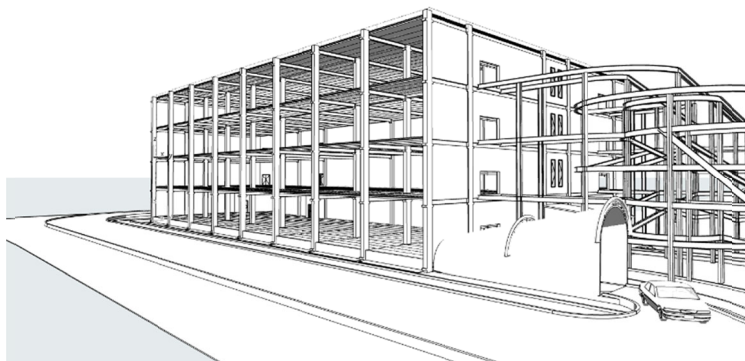


Рис. 1. Демонстрация типологии открытого типа (без фасадного укрытия)

Эстетический облик здания при выбранном решении проблемы может быть различен с архитектурной точки зрения. Цель статьи: продемонстрировать принцип решений навесного энергоэффективного фасада.

Как прототип был выбран «Международный торговый центр в Бахрейне». Комплекс находится на берегу моря, где постоянно дует ветер, а в высотной застройке он усиливается [3]. Это позволяет тридцатиметровым турбинам вырабатывать за год примерно гигаватт-час электроэнергии, что покрывает десятую часть потребности здания (Рис. 2) [4].



Рис. 2. Международный торговый центр в Бахрейне

Идея навесного фасада заключается в содержании 3 элементов в его структуре (Рис. 3):

1. Несущий металлический структурный каркас;
2. ВИЭ, состоящие из лопастей, статора, аккумулирующего общего устройства;
3. Защитные автоматические панели.

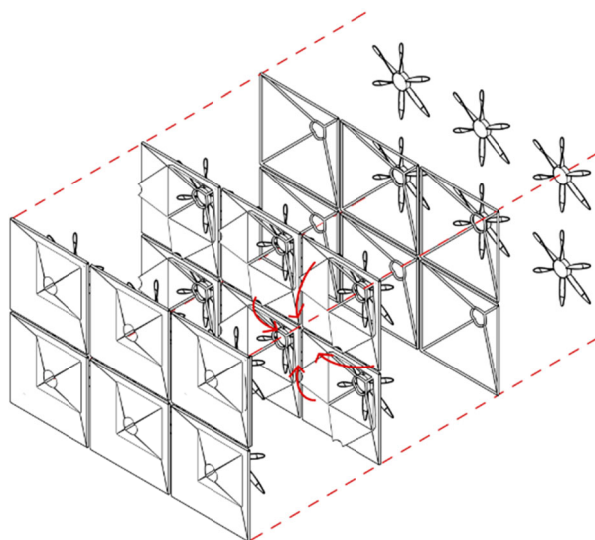


Рис. 3. Взрыв-схема участка навесного фасада

В момент благоприятных условий для работы автостоянки и ВИЭ защитные панели переключаются в открытое положение. В перспективе планируется сравнить потребность автоматических систем КПП, освещения, отопления необходимых блоков и среднюю выработку ВИЭ за установленный срок. В случае негативных погодных условий в виде осадков, сильных порывов ветра, защитные панели переключаются в закрытый режим, что обеспечивает правильное хранение автомобилей и безопасность для использования альтернативных источников энергии.

Что касается безопасности использования данного объекта, это решение имеет защиту дистанцией от движущихся лопастей не только снаружи, но и внутри. Это предотвращает возможное возникновение аварийных ситуаций. [1]

Можно также выделить динамику не только энергоэффективности здания, но и самого его эстетического облика. Эта динамика создается за счет закрытия и открытия защитных панелей (Рис. 3, 4).

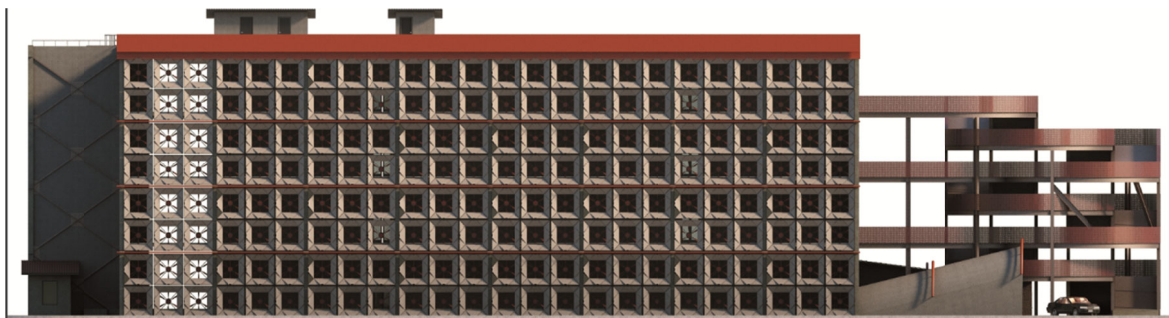


Рис. 4. Фасад в открытом положении защитных панелей

Данное решение разрабатывалось с использованием алгоритмического проектирования. Это может позволить в дальнейшем получать более вариативную схему и конфигурацию данного фасада.

В перспективе планируется разработать крупный блок к данному алгоритму, который будет на основе вводных данных (географическое местоположение, окружение, погодные условия, уровень потребности в альтернативных источниках энергии) выводить на фасад количество, размер и конфигурацию относительно здания ВИЭ. Это позволит экономически выгодно и по назначению применять данную технологию, а также вывести ее на широкое применение к подобным объектам.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алгоритм внедрения энергосберегающих и энергоэффективных технологий в современном строительстве. – Текст: электронный // Строительный Эксперт : портал для специалистов архитектурно-строительной отрасли портал. – URL : <https://ardexpert.ru/article/17394> (дата обращения: 13.09.2021).
2. Колубков А. Н. Методические рекомендации по проектированию инженерных систем стоянок автомобилей / А. Н. Колубков. – Москва, 2020. – 62 с. – Текст: непосредственный.
3. Маслова А. Р. Моделирование аэрации микрорайона прилегающими объектами транспортной инфраструктуры / А. Р. Маслова, С. А. Вальгер. – Текст: непосредственный // Интеллектуальный потенциал Сибири : материалы 28-ой Региональной научной студенческой конференции. – Новосибирск, 2020. – С. 562-564.
4. Логачев Е. С. Внедрение энергоэффективных систем динамические малые архитектурные объекты на базе альтернативных источников энергии / Е. С. Логачев, Н. А. Бурило. – Текст: непосредственный // Интеллектуальный потенциал Сибири : материалы 28-ой Региональной научной студенческой конференции. – Новосибирск, 2020. – С. 556-557.

ВЕТРОВОЕ ЭНЕРГООБЕСПЕЧЕНИЕ МОСТОВЫХ СООРУЖЕНИЙ В ГОРНЫХ УСЛОВИЯХ

Магомедов М. М.¹, магистрант, magomedovmm751@mail.ru

Овчинников И.Г.², д-р техн. наук, профессор, bridgesar@mail.ru

¹г. Саратов, Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.

²г. Тюмень, Тюменский индустриальный университет, базовая кафедра АО «Мостострой-11».

Аннотация. В статье освещена проблема энергообеспечения мостовых сооружений, находящихся в горных условиях. Как известно, горная местность сильно пересечена и имеет сложный рельеф. Все это влияет, главным образом, на сложность создания протяженных линий электропередачи (ЛЭП), для чего в горной местности необходимо привлекать специализированную технику в труднодоступные места. Альтернативным решением данной проблемы может быть применение частного вида возобновляемых источников энергии (ВИЭ) - ветроэнергетики.

Ключевые слова: ветрогенераторы, возобновляемые источники энергии, горная местность, мосты, энергообеспечение.

Эксплуатация мостовых сооружений, находящихся в горной местности, определяет сохранность и целостность как самих сооружений, так и обеспечивает экологическую составляющую окружающей среды. Под эксплуатацией или содержанием подразумевается не только периодический осмотр транспортного сооружения, но и оценка его состояния.

Отметим, что безопасная эксплуатация горных мостовых сооружений напрямую увязана с обеспечением хорошей видимости в ночное время и безаварийного проезда в период образования гололеда. Для этого необходимо снабдить мосты подсветкой для обозначения габаритов проезжей части. Также замечено, что дорожные одежды на горных мостовых сооружениях более подвержены образованию наледи в зимнее время в отличие от дорожных одежд на земляном полотне. Применение химических реагентов для удаления гололеда на мостовых сооружениях может способствовать ускорению коррозии пролетных строений, и, как следствие, к сокращению их долговечности. По данной тематике проводятся многочисленные исследования и предлагаются более эффективные и разумные решения в виде электрических подогревателей дорожных одежд. К сожалению, эти исследования все еще не находят активного применения на мостовых сооружениях Российской Федерации [1].

В указанном контексте становится актуальным вопрос о присоединении того или иного горного мостового сооружения к источнику электрической энергии. Возможны два варианта решения: либо присоединить мост к электросети ближайшего населенного пункта, либо прибегнуть к замкнутому автономному энергообеспечению за счет применения возобновляемых источников энергии (ВИЭ).

Горная местность относится к зоне со сложными геологическими условиями и сильно пересеченным рельефом. Все эти ее особенности обуславливают сложность создания протяженных линий электропередачи (ЛЭП) ввиду необходимости привлечения специальной техники для транспортировки и монтажа опор ЛЭП в труднодоступные места (рис.1). Поэтому применение ВИЭ может выступать в качестве альтернативного варианта для решения вопроса энергообеспечения горных мостов.

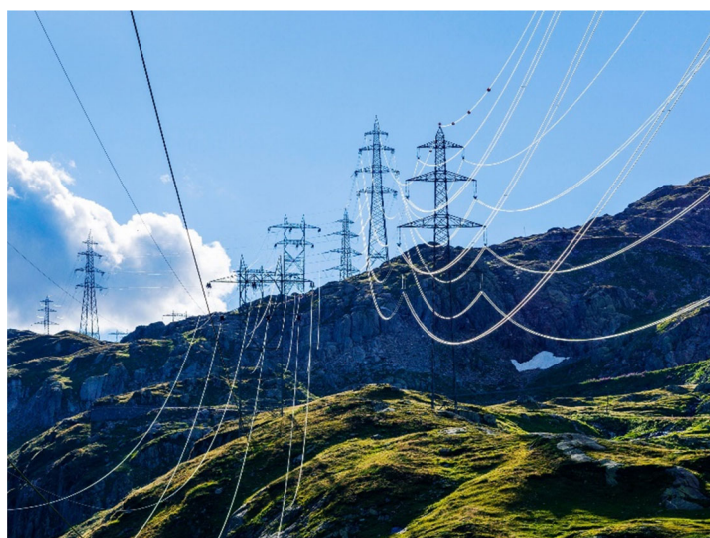


Рис. 1. Опоры ЛЭП в горной местности

Возобновляемые источники энергии (ВИЭ) – это источники энергии на основе потоков энергии, постоянно существующих или периодически возникающих в окружающей среде. Отличие возобновляемой энергии заключается в том, что она не является следствием целенаправленной деятельности человека. Несомненным преимуществом ВИЭ является их экологичность. К ВИЭ относятся ветроэнергетика, энергия за счет перепадов температур воды и почвы, солнечная энергетика, геотермальная энергия, биотопливо и прочие нововведения. В рамках настоящей статьи рассмотрим ветроэнергетику, как перспективный для горных мостовых сооружений вариант.

Ветрогенераторы предназначены для преобразования кинетической энергии воздушного потока в электрическую энергию. Они находят широкое применение по всему миру в виде конструкций с огромными

лопастями, расположенными в вертикальной плоскости и установленными на высоких опорах [2]. Но такое популярное решение размещения ветрогенераторов около мостовых сооружений не всегда выгодно и целесообразно, особенно, в горной местности по той технологической причине, которую мы изложили ранее. Более эффективным решением может быть установка ветрогенераторов между опорами виадуков, т.к. они имеют высокие опоры и большие пролеты, а значит, и большие размеры подмостового габарита и большую сметаемую площадь для ветрогенераторов. И, к тому же, горная местность ввиду резких перепадов ее рельефа характеризуется большими значениями скоростей ветровых потоков, чем на равнинной территории. Относительная равномерность распределения скоростей в горной местности наблюдается по высоте и в середине глубоких ущелий, следовательно, постоянство вырабатываемой ветроэлектрическими установками энергии может быть достигнуто их размещением в указанных плоскостях [3].

Для мостовых сооружений, в том числе и для горных, вопрос применения ветрогенераторов можно разбить на две противоположные задачи:

1) прямая задача – применить такие виды ветрогенераторов, которые больше всего оправдываются для конструктивного решения будущего или существующего моста;

2) обратная задача – выбор таких конструктивных решений мостов, которые больше всего подходят тем или иным решениям мостовых ветрогенераторов.

Необходимо отметить, что эти две задачи могут определить вектор развития научно-исследовательской работы по тематике ветрового энергообеспечения мостовых сооружений. Инженерам предстоит разработка перспективных решений встроенных ветрогенераторов, запроектированных под различные статические схемы мостовых сооружений (балочных, арочных, рамных, а также вантовых и висячих мостов). Немаловажным моментом является то, что при применении ветрогенераторов мостовые сооружения будут испытывать дополнительную нагрузку ввиду того, что ветрогенераторы будут выступать «помехой» для свободного перемещения воздушной массы. В этом контексте в обоих случаях необходимо рассмотреть изменение напряженно-деформированного состояния мостового сооружения после установки ветрогенераторов, а также учитывать аэродинамическую нагрузку при расчете, как основную.

По данной тематике ведется определенная научно-исследовательская работа; предлагаются интересные и перспективные решения, которые могут найти свое применение и для горных мостовых сооружений. Как пример рассмотрим патент на полезную модель «Ветроэнергетическая установка в мостостроении» [4]. Данная полезная модель подразумевает

установку ветрогенераторов с вертикальной осью вращения на пилоны мостового сооружения. Это позволит обеспечить возобновляемой энергией не только само мостовое сооружение, но и близлежащие населенные пункты. Важным преимуществом данной модели является также то, что ветрогенератор с вертикальной осью вращения, использованный в данной полезной модели, в отличие от ветрогенератора с горизонтальной осью вращения, вызывает меньший изгибающий момент в пилоне, что ведет к уменьшению размеров его поперечного сечения, а значит, и к большей экономии материалов [4].

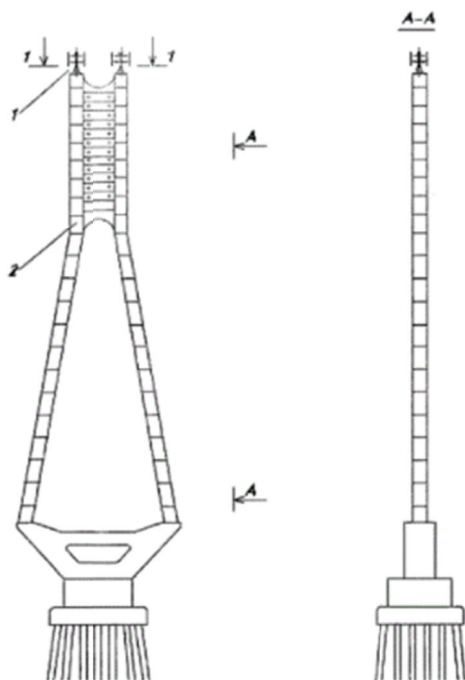


Рис. 2. Ветроэлектрическая установка, размещенная между мачтами пилона висячего или вантового моста [4]

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Защита от коррозии металлических и железобетонных мостовых конструкций методом окрашивания: научно-техническое издание / И. Г. Овчинников, А. И. Ликверман, О. Н. Распоров [и др.]. – Саратов : Кубик, 2014. – 504 с. – Текст : непосредственный.
2. Магомедов А. М. Возобновляемые источники энергии. Лабораторный практикум / А. М. Магомедов. – Махачкала : ИПЦ ДГУ, 2005. – 246 с. – Текст : непосредственный.
3. Wind characteristics in mountainous valleys obtained through field measurement / F. Wang, X. Chen, R. He [et al.]. – URL : <https://doi.org/10.3390/app11167717> (date of the application: 14.12.2021). – Text : electronic.

4. Патент № 176493 Российская Федерация, МПК F03D3/00 F03D9/30 F03D9/34 F03D13/20 E01D19/14. Ветроэлектрическая установка в мостостроении : № 2017100783 : заявл. 10.01.2017 : опубл. 22.01.2018 / Трибунский М.М., Овчинников И. Г., Овчинников И. И., Черных В. К. ; патентообладатель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Саратовский государственный технический ун-т» (СГТУ). - 9 с. – Текст : непосредственный.

УДК 620.9 (075.8)

АЛЬТЕРНАТИВНЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ КАК СПОСОБ РАЗГРУЗКИ АТОМНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ И НЕФТЕГАЗОВОГО КОМПЛЕКСА

Стадник М. Н., преподаватель, stadnikmn@tyuiu.ru
г. Ноябрьск, Тюменский индустриальный университет

Аннотация. Цель исследования: изучение альтернативных источников энергии для частичного отказа от добычи угля, нефти, газа, урана. По мнению некоторых ученых эти запасы скоро закончатся, также использование углеводородов и атомной энергетики наносит вред окружающей среде.

Задачи исследования: определить эффективность альтернативных источников энергии.

Методы исследования: изучение научной литературы по проблеме анализ, систематизация данных.

Актуальность исследования: на сегодняшний день многие страны переходят на альтернативные источники энергии и на своем примере призывают другие страны последовать их выбору. Другие с трибуны ООН обвиняют мировых лидеров в глобальном потеплении и нарушении климатического баланса. Но нужно задуматься, что будет если мировые лидеры откажутся от использования угля, нефтепродуктов, атомной промышленности, что будет с Миром? Смогут ли альтернативные источники энергии восполнить потребность всего мира в электричестве? Нет, не смогут, да и нефтепродукты, это не только топливо. Из нефти мы изготавливаем пластик, ткани, карандаши, шампуни, духи и т.д.

Ключевые слова: Альтернативные, источники, энергия.

Альтернативная энергетика – это совокупность перспективных способов получения, передачи и использования энергии, которые распространены, не так широко, как традиционные, однако представляют интерес из-за выгоды их использования при, как правило, низком риске причинения вреда окружающей среде. В современном мире темпы потребления электроэнергии за последние годы значительно возросли, в 4.4 раза на одного жителя планеты. Вместе с этим темпы ис-

пользования первичных источников энергоресурсов продолжает увеличиваться (нефть, газ, уголь, уран). В связи с этим мы сталкиваемся с рядом проблем:

1. Не возобновляемые источники энергии, которые распределены по планете не равномерно. Вследствие чего ряд стран находится, так сказать, в зависимости от стран поставщиков и тратят львиную долю бюджета на закупку энергоресурсов. Не говоря уже о том, что страна, владеющая большим запасом энергоресурсов, может манипулировать и оказывать давление на страны нуждающиеся в этих ресурсах.

2. Также стоит отметить, что современная энергетика помимо всех положительных аспектов имеет и отрицательные стороны такие как аварии, которые наносят ущерб окружающей среде. Выбросы в атмосферу, загрязнение водоносных горизонтов и недр, потепление климата. Не стоит забывать и об аварии на Чернобыльской АЭС, после которой вокруг аварийной АЭС образовалась 30-километровая зона отчуждения. Загрязнению радиоактивными веществами, по некоторым данным, подверглась территория в 56 тысяч квадратных километров – на Украине, в России и Белоруссии. Катастрофа по масштабам поражений значительно превосходит атомную бомбардировку Хиросимы. По данным «Гринпис, среди тех, кто занимался ликвидациями последствий аварии, от критической дозы облучения погибло порядка 10 тысяч человек, в Европе было зафиксировано около 10 тысяч новорожденных с уродствами и более 10 тысяч человек заболели раком щитовидной железы. Повышенный радиационный фон спровоцировал рост таких заболеваний, как катаракта, увеличил риск возникновения сердечнососудистых болезней, лейкемии и ряда других онкологических опухолей, врожденных заболеваний вроде синдрома Дауна. В современных проектах российских АЭС, строящихся у нас и за рубежом, максимально учтены научно-технические уроки чернобыльской аварии и до минимума сведена роль человеческого фактора, сделано все, чтобы не допустить подобных аварий.

3. Владение ресурсами может спровоцировать другие страны на действия, направленные на захват этих ресурсов. С помощью применения экономических методов, применением санкций, либо началом военных действий, с целью свержения власти в стране и захвата всех ресурсов.

4. Также продолжается деградация природы и климата. Она дает о себе знать засухами, пожарами, природными катаклизмами. Это может привести к потере урожая, голоду и миграции населения. На территории России мы чувствуем это наиболее остро, с каждым годом территория лесных пожаров стремительно увеличивается. Как следствие от всего этого многие виды животных потеряли свою естественную среду обитания. Кто следующий? Человечество?

Отказываться от добычи нефти и газа и использования атомной энергетики на сегодняшний день глупо и безрассудно.

В. В. Путин сказал: «Отказ от атомной энергетики сродни желанию облачиться в шкуры и переселиться в пещеры».

Развивать альтернативные источники нужно, но не в ущерб для населения и экономики государства.

РФ активно поддерживает проекты низкоуглеродной энергетики, ветровой, солнечной и гидроэнергетики. Правительство стимулирует собственные научные разработки альтернативных источников энергии.

На сегодняшний день особое внимание уделяется повышению эффективности использования энергоресурсов. Применению цифровых технологий при добыче сырья.

Выводы: Подводя итог можно сказать для того, чтобы разгрузить атомную энергетику и нефтегазовый сектор необходимо использовать альтернативные источники энергии, но делать это постепенно и без вреда для населения и экономики государства. В свою очередь при правильном проектировании, грамотном финансировании и плавном внедрении альтернативных источников энергии приведет к сокращению загрязнения окружающей среды, при добыче и переработке углеводородов и использования ДВС и разгрузит атомную энергетику.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Сидорович В. Мировая энергетическая революция: Как возобновляемые источники энергии изменят наш мир / В. Сидорович. – Москва: Альпина Паблишер, 2019. – 208 с. – Текст : непосредственный.
2. Kiehl J. T. Earth's Annual Global Mean Energy Budget/ J. T. Kiehl, Kevin E. Trenberth. – Direct text // Bull. Amer. Meteor. Soc. 78. – P. 197–208.
3. Пресс-служба Агентства инвестиционного развития Ростовской области. – 2020. – 2 марта. – URL: <https://www.donland.ru/news/8097> (дата обращения: 14.12.2021). – Текст : электронный.
4. Безруких П. П. Справочник ресурсов возобновляемых источников энергии России и местных видов топлива. Показатели по территориям / П. П. Безруких. – Москва : Энергия, 2007. – 272 с. – Текст : непосредственный.
5. Германович В. Альтернативные источники энергии и энергосбережение. Практические конструкции по использованию энергии ветра, солнца, воды, земли, биомассы / В. Германович, А. Турилин. – Санкт-Петербург : Наука и Техника, 2014. – 320 с. – Текст : непосредственный.
6. Удалов С. Н. Возобновляемые источники энергии : учебное пособие / С. Н. Удалов. – Новосибирск : Новосибирский государственный технический университет, 2014. – 460 с. – Текст : непосредственный.

УДК 621

ВЕНТИЛЯЦИЯ И ДЫМОУДАЛЕНИЕ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ, С ПРИМЕНЕНИЕМ УЛЬТРАЗВУКА

Антонова Е. О., канд. техн. наук, доцент, antonovaeo@tyuiu.ru

Шириков К. Н., магистрант, shirikov_1@mail.ru

г. Тюмень, Тюменский индустриальный университет

Аннотация. В приведенной статье предложена технология с применением ультразвука в пожарной безопасности, путем передвижения дыма по вентиляционным шахтам под воздействием разных частот. Данная технология поможет упростить удаление дыма из помещения при пожарах, усовершенствовать процесс дымоудаления и уменьшить энергопотребление подпорных вентиляторов. К данной технологии предлагается метод коагуляции, который подробно рассмотрен. При дальнейшем использовании и продвижении данной технологии, прогнозируется экономия капиталовложений, молниеносное удаление газов из помещения и усовершенствование данной технологии до безупречного механизма.

Ключевые слова: ультразвук, вентиляция, механическая вентиляция, коагуляция.

В нашей стране уже давно широко используется промышленная и жилая вентиляция, которая имеет немаловажную роль в обеспечении безопасности человеческой жизни и соблюдения правил Охраны труда.

Конкретные расчеты по вентиляции были представлены в 1754 году Леонардом Эйлером. Данные принципы и в наше время широко используются проектировщиками. Первая немеханическая вентиляция заработала впервые в Дербии в 1810, вскоре был выдан патент на этот метод – француз Ж. Шабаннесу. Далее речь зашла не только о комфортной вентиляции, но и качественном их обслуживании и кондиционировании воздуха.

В данной статье рассматривается система вентиляции промышленного предприятия и система дымоудаления. На предприятиях различных видов производств, переработки нефти, газа и т.д, зачастую используется система принудительной (механической) вентиляции.

Механическая вентиляция включает в себя использование вентиляторов, воздухонагревателей, пылеуловителей и других различных установок энергопотребления, предназначенных для перемещения воздуха на расстояния. Данный тип применяется там, где недостаточно естественной вентиляции. Если сравнить два вида вентилирования помещений, то можно прийти к выводу о том, что механическая вентиляция гораздо дороже естественной, за счет большего энергопотребления и капиталовложений. Принудительная вентиляция делится на приточную и вытяжную.

Приточная вентиляция служит для подачи свежего воздуха к местам, где это требуется. Она способствует полному обеспечению притока свежего воздуха к нуждающимся в этом зонам.

Вытяжная вентиляция предназначена для удаления загрязнённого воздуха из места с наибольшим скоплением вредных веществ (газов, дыма, пыли и т.д). Наибольший эффект возникает, когда места с выбросом вредных веществ локализованы, а значит можно устранить распространение их по всему помещению. К вытяжной системе относятся такие укрытия как: шкафы, зонты, бортовые отсосы, завесы, укрытия в виде кожухов.

Между системами вентиляции и дымоудаления существует взаимосвязь. На примере клапанов огнезащиты и дымоудаления можно детально понять принцип действия и конструктивные особенности приточной и вытяжной вентиляции. Клапаны бывают двух видов:

- клапан НО – (нормально открытый клапан): в обычном положении заслонка открыта, при пожаре и срабатывании сигнализации заслонка клапана закрывается, что предотвращает распространения огня и дыма по системам вентиляции.

- клапан НЗ – (нормально закрытый клапан): в обычном положении заслонка клапана закрыта, при пожаре и срабатывании сигнализации заслонка клапана открывается, что позволяет свежему и чистому воздуху пройти в помещение и обогатить кислородом зону. Также в данной системе используются вентиляторы подпора и вентиляторы дымоудаления.

Вентилятор подпора предназначены для использования в противопожарной защите для подачи свежего воздуха. Динамическое давление соответствует поперечному сечению и выходному фланцу вентилятора. Изготавливаются без ограничений во всем диапазоне производительности.

Вентиляторы типа ДУ используются при пожаре газодымовоздушных смесей с температурой 400 °С в течении двух часов, или удалении с температурой 600 °С в течении часа.

Не всегда вентиляторы подпора технически хорошо выполняют свои требования, поэтому возникает необходимость актуализировать данную проблему. Для этого предлагается добавить или заменить данное устройство ультразвуковыми волнами, вызывающими коагуляцию.

Эффект коагуляции – это объединение мелких диспергированных частиц в большие по размеру агрегаты.

Мощные ультразвуковые колебания в наше время находят широкие применения в различных отраслях хозяйства. На данный момент используется ультразвуковая очистка и обезжиривание различных изделий. Мелкие частицы дыма или капли тумана, приходя в колебания под действием ультразвука достаточной интенсивности, сталкиваются друг с другом и слипаются между собой, образуя крупные частицы, что может обеспечивать более эффективный выход дыма наружу по системам вентиляции и предотвратит дальнейшее его распространение по производственной площадке.

Для создания ультразвуковых колебаний используют различные устройства:

- механические, где источником выступает энергия жидкости или газа.

- электромеханические, где энергия создается из электрической.

В качестве механических излучателей ультразвука авторами предлагается внести свистки и сирены, работающие с помощью воздуха или жидкости. Они удобны и просты в использовании. Их преимущество заключается в том, что при начале пожара устройства сработают и смогут дать данный эффект коагуляции, путем создания ультразвука нужной волны.

Кроме сигнализаций предлагаю рассмотреть преобразователи, которые базируются на пьезоэлектрическом эффекте, могут применяться и магнитострикционные преобразователи. Они используются для создания мощного ультразвукового пучка, эффект которого можно рассмотреть на дыме от сигарет.

Принцип действия предложенной системы: при пожаре срабатывают: сигнализация, клапаны и вентиляторы начинают функционировать, при этом ультразвук, до эвакуации всех людей не включается в работу (по средствам срабатывания автоматики). Затем, после полной эвакуации людей в ход вступает ультразвук, при работе которого ультразвуковые волны препятствуют дыму распространиться по разным направлениям, а направит его к месту выхода по вентиляционным шахтам.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Отопление и вентиляция. Вентиляция. Т. 2 / В. Н. Богословский, В. И. Новожилов, Б. Д. Симаков, В. П. Титов. – Москва : Стройиздат, 1976. – 439 с. – Текст : непосредственный.

2. Шиляев М. И. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха. Примеры расчета систем : учебное пособие для среднего профессионального образования / М. И. Шиляев, Е. М. Хромова ; под ред. М. И. Шиляева. – 2-е изд., испр. и доп. – Москва : Юрайт, 2020. – 250 с. – Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт: сайт. – URL: <https://urait.ru/bcode/455939> (дата обращения: 08.12.2021).

3. Кочев А. Г. Вентиляторы дымоудаления: методические указания : методическое пособие / А. Г. Кочев, А. С. Сергиенко, С. С. Козлов. – Нижний Новгород : ННГАСУ, 2014. – 30 с. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=427510> (дата обращения: 08.12.2021). – Текст : электронный.

4. Ультразвуковая коагуляция аэрозолей / В. Н. Хмелев, А. В. Шалун, К. В. Шалунова [и др.]. – Бийск : АлтГТУ, 2010. – 241 с. – Текст : непосредственный.

ПРИМЕНЕНИЕ ПРИТОЧНО-ВЫТЯЖНЫХ УСТАНОВОК В СИСТЕМАХ ВЕНТИЛЯЦИИ ЖИЛЫХ ЗДАНИЙ

Антонова Е. О., кандидат технических наук, доцент, antonovaeo@tyuiu.ru
Юрченко А. С., магистрант, anna_urchenko_2000@mail.ru
г. Тюмень, Тюменский Индустриальный университет

Аннотация. В статье проанализирована система вентиляции жилых зданий, рассмотрена ее классификация по способу подачи воздуха и способу создания давления. Статья посвящена актуальной на сегодняшний день проблеме – низкая эффективность естественной вентиляции. Целью исследования является анализ альтернативных вариантов вентиляции жилых зданий. Как альтернативный вариант была предложена вентиляция с механическим побуждением и приточно-вытяжные установки с рекуператорами тепла, которые позволяют сэкономить теплоту на подогрев приточного воздуха.

Ключевые слова: вентиляция, естественная вентиляция, механическая вентиляция, рекуператор.

Здоровье, самочувствие и работоспособность человека в значительной степени зависят от параметров микроклимата и воздушной среды в жилых и общественных зданиях, где он проводит значительную часть времени. Параметры воздуха напрямую зависят от инженерных систем, среди которых можно выделить системы: отопления, вентиляции, кондиционирования.

Вентиляцией называется организованный процесс обмена воздуха в помещениях с целью удаления избытков теплоты, влаги, вредных веществ, а так же для обеспечения допустимых параметров микроклимата и чистоты воздуха в помещениях, рабочих зонах. Система вентиляции представляет собой комплекс инженерных устройств, которые включают в себя воздухопроводы, оборудование для обработки (нагрев, очистка) и транспортировки, подачи и удаления воздуха, а также сетевое оборудование (воздухоприемные, воздухораспределительные устройства, дроссель-клапаны, задвижки и т.д.)

По способу создания давления для перемещения воздуха системы вентиляции могут быть с гравитационным побуждением (естественная вентиляция), с искусственным побуждением (механическая вентиляция), смешанная система. В системах естественной вентиляции воздухообмен осуществляется вследствие аэрации – разности температур наружного воздуха и воздуха в помещении, а также воздействия ветрового давления. Системы естественной вентиляции просты и не требуют сложного дорогостоящего оборудования и расхода электрической энергии. Но эффективность этих систем во многом зависит от переменных факторов (температуры воздуха, направления и скорости ветра, а так же небольшое располагаемое

давление не позволяют решить многие задачи в области вентиляции. Для решения этих задач применяется механическая вентиляция, в которой используются оборудование и устройства (вентиляторы, воздухонагреватели и воздухоохладители, фильтры, автоматика и др.), позволяющие перемещать необходимое количество воздуха на значительные расстояния. Такие системы требуют больших капиталовложений и затрат на электроэнергию. В практике зачастую предусматривают смешанную вентиляцию.

По способу подачи воздуха и его удалению из помещения вентиляционные системы бывают следующих видов: приточные, вытяжные, или приточно-вытяжные. Приточная система предназначена для подачи чистого воздуха, в помещении при этом создается избыточное давление, за счет которого загрязненный воздух удаляется из помещения. Вытяжная система в свою очередь предназначена для удаления загрязненного воздуха, при этом в помещении создается пониженное давление. Используется для зданий с кратковременным пребыванием людей или при небольших количествах вытяжного воздуха. В приточно-вытяжной системе воздух в помещение подается приточной системой, а удаляется вытяжной. Системы работают одновременно, их производительность должна быть одинаковой, чтобы исключить разницу воздушного давления в здании. Так же на практике применяются системы с рециркуляцией воздуха. В этих системах для утилизации теплоты уходящего воздуха широкое применение находят рекуператоры (теплообменники-утилизаторы).

В жилых зданиях в основном проектируются системы с естественной вентиляцией. Воздухообмен осуществляется следующим образом: приток свежего воздуха (через форточки, неплотности в оконных рамах или специальные клапаны) осуществляется в жилые комнаты и кухню, удаляется через вытяжные решетки, расположенные под потолком помещений. Вытяжку обычно устраивают из кухни, ванной комнаты и санузла.

В последние годы проектируются «теплые дома» с герметичными оконными переплетами и трехслойными стеклопакетами. Естественная вентиляция в таких домах становится неэффективной из-за ограниченного поступления или вовсе отсутствия инфильтрационного воздуха. Поэтому проектирование механической вентиляции стало особенно актуально. К тому же, дальнейшее повышение показателей энергосбережения возможно при утилизации теплоты вытяжного воздуха. Авторами предлагается установка устройства - теплоутилизатора.

Теплоутилизатор – теплообменный аппарат, предназначенный для утилизации тепла или холода воздуха, удаляемого из помещения, в целях его дальнейшего использования для нагрева или охлаждения воздуха. В холодное время года поступающий воздух с улицы подогревается выходящим из помещения теплым воздухом и наоборот. В вентиляционных системах применяются следующие типы утилизаторов: пластинчатые, роторные, с промежуточным теплоносителем и др. пластинчатый или пере-

крестноточный рекуператор выполняется в виде моноблочной установки, в которой потоки приточного и вытяжного воздуха омывают одни и те же теплопроводящие пластины, не смешиваясь. Эффективность таких установок высока, порядка 50-80%. Чаще всего их устанавливают на малых предприятиях, зданиях, небольших жилых домах. В теплоутилизаторах роторного или регенеративного типа теплота уходящего воздуха передается пластинам ротора. При этом сам ротор непрерывно вращается в плоскости, перпендикулярной потоку воздуха, одна его половина находится в потоке приточного воздуха, другая в вытяжном. Нагретые уходящим воздухом пластины ротора в потоке приточного воздуха охлаждаются, передавая свое тепло. Скорость вращения ротора определяется его эффективностью, которая достигает 75-90%. Они наиболее эффективны, что и определяет их высокую стоимость. Сфера их применения – производственные и сельскохозяйственные предприятия, бассейны, административные здания и др. В рекуператорах с промежуточным теплоносителем в конструкции присутствуют два теплообменника, между которыми циркулирует теплоноситель, который нагревается удаляемым воздухом в одном аппарате, после чего передает тепло приточному воздуху в другом. Эффективность таких рекуператоров 45-60%.

Тепловой коэффициент полезного действия рекуператора определяется исходя из формулы (1):

$$\eta = \frac{t_{\text{пр}} - t_{\text{н}}}{t_{\text{в}} - t_{\text{н}}}, \quad (1)$$

где $t_{\text{пр}}$ – температура приточного воздуха после прохождения через теплообменник; $t_{\text{в}}$ – температура удаляемого внутреннего воздуха; $t_{\text{н}}$ – температура наружного воздуха.

Применение рекуператоров в среднем позволяет сэкономить от 30 до 40% теплоты, затрачиваемой на подогрев приточного воздуха.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Невзорова А. Б. Теплогазоснабжение, отопление и вентиляция / А. Б. Невзорова. – Гомель : БелГут, 2014 г. – 279 с. – Текст : непосредственный.
2. Системы вентиляции и кондиционирования. Теория и практика / В. А. Ананьев, Л. Н. Балыева, А. Д. Гальперин [и др.]. – [Б. м.]: Евроклимат, 2003. – 416 с. – Текст : непосредственный.
3. Отопление и вентиляция жилого здания : учебное пособие / В. Ф. Васильев, Ю. В. Иванова, И. И. Суханова. – Санкт-Петербург : СПбГАСУ, 2010. – 72 с. – Текст : непосредственный.
4. Теплоснабжение и вентиляция : курсовое и дипломное проектирование / Б. М. Хрусталева, Ю. Я. Кувшинов, В. М. Копко [и др.]. – Москва : АСВ, 2008. – 784 с. – Текст : непосредственный.

ЭФФЕКТИВНОЕ ПРИМЕНЕНИЕ КОМПОЗИТНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ В СИСТЕМЕ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ

Ахметшина Л. А., магистрант, l.ahmetshina@list.ru

Фазлеев Т. Р., магистрант, tim.fazleef@yandex.ru

Смородова О. В., канд.техн.наук, доцент, olga_smorodova@mail.ru

г. Уфа, Уфимский государственный нефтяной технический университет

Аннотация: Перед человеком в каждую эпоху его существования всегда возникала задача обеспечить себя всеми жизненно необходимыми условиями для выживания. Для этого необходимо было создать эффективные способы для перемещения продуктов жизнеобеспечения и технически реализовать их.

Коррозия на поверхности трубопроводов очень неприятный момент. Ведь в результате ее появления на поверхности появляются трещины и разрывы, а это грозит разгерметизацией и большими финансовыми потерями, размер которых зависит от разных сфер деятельности в которых применяются материалы.

В областях, занимающихся развитием трубопроводного транспорта, главными задачами являются увеличение срока службы и стойкости элементов имеющихся систем, поскольку тепловые сети на территории нашей страны, по сравнению с зарубежными, имеют достаточно низкую долговечность, не превышающую 10-15 лет. В свою очередь, нельзя не обратить внимание на проблемы с воздействием на окружающую среду, одну из значительных вопросов которых необходимо рассмотреть в проектах является использование экологичных материалов.

Ключевые слова: композит, трубопровод, композитный материал, коррозионная стойкость.

В 50-90х годах двадцатого века практически весь мир постиг кризис надежности трубопроводных систем. Для того, чтобы обеспечить надежность, человеку необходимо было найти правильный и доступный материал, из которого в дальнейшем был бы сооружен трубопровод. Тем не менее, из-за проблем, возникших при ее применении, среди которых фигурируют такие, как коррозионное воздействие на металл, пробивание блуждающим током, была поставлена задача разработать композит, за счет которого можно увеличить срок службы труб до 80 лет.

На сегодняшний день трубопроводы из композита являются перспективнейшей технологией, используемой в теплоснабжении. Область их применения достаточно обширна (авиация, строительство), постепенно охватываются и новые сферы деятельности человека [1].

Трубы из композиционных материалов были разработаны с целью увеличения прочности полимерных труб и расширения области их применения [2]. К композиционным относят многокомпонентные материалы, состоящие из пластичной основы и армированной наполнителями, которые в свою очередь придают высокую прочность и жесткость.

На Рис.1 приведены сравнительные прочностные характеристики труб из традиционных материалов и композита из однонаправленных волокон [4].

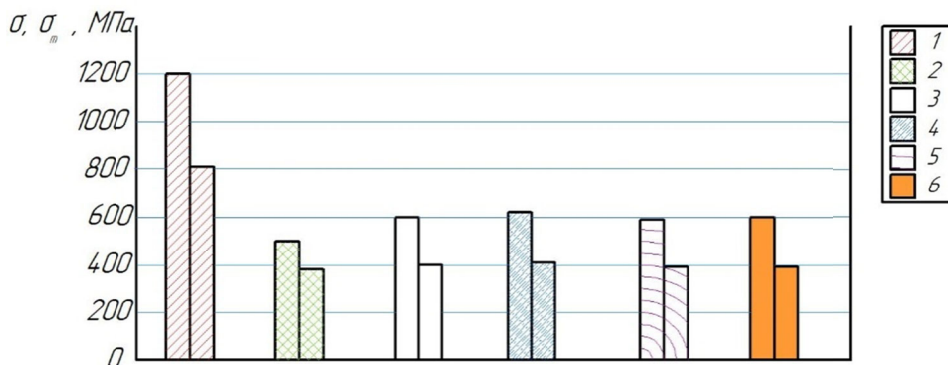


Рис.1. Сравнение предела прочности и предела текучести трубопроводов изготовленных из: 1 – стали 30 ХГСА, 2 – стали 14 ХГС, 3 – стали 16Г2САФ, 4 – стали 05Г2МФБ, 5 – стали 17Г1С, 6 – композитного материала

Такие трубы отличаются высокой стойкостью к веществам, транспортируемым по трубопроводу, а для их изготовления используется полиэтилен ПЭ100, полиэфирные нити или стеклоровинг. Трубы, диаметр которых составляет 63...165 мм, поставляются в бухтах, длина которых 100...500 м, за счет чего снижается количество стыков между трубами. Данное преимущество позволяет сократить срок монтажа трубопровода и повысить его надежность, например, подтверждая это тем, что трубопроводы из полимеров из-за своей гибкости выдерживают подвижки грунтов при пучении, просадках, землетрясениях [3].

Для количественной оценки энергетического преимущества композитных трубопроводов над стальными был выполнен расчет удельных потерь напора по длине трубопроводов и затрат электроэнергии на сетевом насосе для следующих условий:

- диаметры трубопроводов сетей - от DN=50 мм до 400 мм;
- температурные графики - от 95/70⁰С до 150/70⁰С;
- средняя за отопительный период температура воздуха - (-5,9⁰С).

При приведенных выше исходных данных были определены числа Рейнольдса в диапазоне 162000...860000, учитывая разные диаметры и температурные графики сети, которые соответствуют турбулентной структуре потока. Для тепловых сетей, произведенных из стали и использующих в качестве теплоносителя воду, для расчета коэффициента гидравлического сопротивления рекомендуется использовать формулу Альтшуля (1):

$$\lambda = 0,11 \cdot \left(\frac{k_s}{d} + \frac{68}{Re^{0,25}} \right), \quad (1)$$

где k_s – эквивалентная шероховатость (мм).

Для нанокompозитных труб из металлопластика величина k_3 принимается 0,0015 мм; для новых сварных стальных – 0,05 мм.

Расчет коэффициента гидравлического сопротивления нанокompозитных трубопроводов выполнен в соответствии с рекомендациями нормативного свода правил:

$$\sqrt{\lambda} = \frac{0,5 \cdot \left[\frac{b}{2} + \frac{1,312 \cdot (2-b) \cdot \lg(3,7d/k_3)}{\lg Re_\phi - 1} \right]}{\lg(3,7d/k_3)}, \quad (2)$$

где b – критерий подобия режимов течения воды:

$$b = 1 + \frac{\lg Re_\phi}{\lg Re_{\text{эКВ}}}, \quad (3)$$

в случае, если после расчетов полученное значение b превысит 2, следует принять $b=2$;

$Re_{\text{эКВ}}$ – число Рейнольдса, соответствующее нижней границе квадратичной области гидравлического сопротивления при турбулентной структуре потока воды, определяется по формуле (4):

$$Re_{\text{эКВ}} = \frac{500d}{k_3}, \quad (4)$$

При проведении расчетов режимов полученное значение критерия b принадлежало диапазону 1,6 ... 1,8.

По сравнению со стальными трубопроводами, полный экономический эффект от использования труб из композита был оценен по имеющимся годовым затратам, учитывая капитальные и эксплуатационные составляющие. Итоги расчета представлены в табл. 1.

Таблица 1

Приведенные годовые затраты использования стальных и композитных трубопроводов

Наименование показателя	Ед.изм	Стальные трубопроводы	Композитные трубопроводы
Срок службы трубопроводов	лет	20	80
Стоимость трубопровода на 1 км	тыс. руб	4800	7429
Затраты на СМР с глубиной 3 м [9]	тыс. руб	6630,14	4368,61
Капитальные затраты, итого	тыс. руб	8230,14	6312,61
Приведенные годовые капитальные затраты на трубопроводы	тыс.руб	106,6	24,3

Расчеты сделаны с учетом текущих цен базового периода на примере трубопровода DN250, не учитывая при этом НДС. Затраты на СМР (строительно-монтажные работы) - из нормативных цен строительства Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства. В состав затрат входят земляные работы, установка траншеи, монтаж трубопровода, колодцы, испытание трубопровода [3].

Исходя из табл.1., можно заметить, что приведенные годовые затраты на композитный трубопровод за 1 год эксплуатации составят 24,3 тыс.руб., в то время как применение стального обойдется в 106 тыс.руб., что дороже практически в 4 раза.

Состояние трубопроводных систем теплоснабжения на сегодняшний день остается нерешенной проблемой, как и с технической точки зрения, так и в финансовом плане. С каждым годом протяженность трубопроводов, требующих замены, растет из-за отсутствия действенных мер.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Зеленцов Д. В. Применение трубопроводов из различных материалов при проектировании и устройстве систем отопления / Д. В. Зеленцов. – Текст: непосредственный // Традиции и инновации в строительстве и архитектуре. – Самара, 2016. - С. 318-322.

2. ГОСТ 30732-2020. Трубы и фасонные изделия стальные с тепловой изоляцией из пенополиуретана с защитной оболочкой. Общие положения: национальный стандарт Российской Федерации : издание официальное : утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 11 августа 2020 г. №492-ст : введен впервые : дата введения 2021-01-01 / разработан НО АППТИПИ. – Москва : Стандартиформ, 2021. – Текст : непосредственный.

3. Современные полимерные композиционные материалы для трубопроводных систем. / А. И. Ермилова, В. В. Битт, Д. В. Быстрикова [и др.]. – Текст : электронный // Проблемы проницаемости. Конструкции из композиционных материалов. – 2017. – № 4. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=30280600> (дата обращения: 14.12.2021).

4. Байков И. Р. Энергетическая эффективность нанокompозитных трубопроводов / И. Р. Байков, О. В. Смородова, С. В. Китаев. – Текст : электронный // Нанотехнологии в строительстве. – 2018. – Т. 10, № 3. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=35127944> (дата обращения: 14.12.2021).

ОЦЕНКА УЧЕТА ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ, ПРОБЛЕМЫ И ПУТИ РЕШЕНИЯ

Бакиров Р. Т.^{1,2}, ведущий инженер НИО-1, аспирант, volcano-bakir@mail.ru
Шабалин А. С.¹, к.т.н., ведущий инженер НИО-1, shabalin90@yandex.ru

¹ г. Казань, Всероссийский научно-исследовательский институт расходо-
метрии-филиал Федерального государственного унитарного предприятия
«Всероссийский научно-исследовательский институт метрологии им. Д.И.
Менделеева»

² г. Казань, Казанский национальный исследовательский технический уни-
верситет им. А.Н. Туполева-КАИ

Аннотация. Постоянное ужесточение законодательства в области энергоэффективности, рост цен на энергоресурсы повышают требования к точности измерений количества энергоресурсов. Тепловая энергия не является исключением. Одним из наиболее популярных методов отопления, используемых в крупных городах, является централизованное отопление. Для обеспечения взаимных расчетов между поставщиками и потребителями энергии потребителям должна быть предоставлена точная информация о количестве потребляемой тепловой энергии. Эту информацию получают от счетчиков тепла, которые представляют собой сложную измерительную систему. В данной статье приведена оценка проблем, связанных с их применением, и предложены пути их решения.

Ключевые слова: энергоэффективность, учет, тепловая энергия, точность.

В связи с постоянным ужесточением законодательства в области энергоэффективности во многих странах проблема учета энергоресурсов становится все острее. Цена энергоресурсов за последние годы неуклонно растет, поэтому задача повышение точности измерений количества энергоресурсов становится более актуальной. Решение данной задачи поможет снизить расхождение между поставщиком и потребителем энергоресурсов. В данной статье пойдет речь непосредственно об учете тепловой энергии, опыте зарубежных коллег в изучении данной проблемы и о подходах к ее решению в нашей стране.

Одним из наиболее популярных методов отопления, используемых в крупных городах, является централизованное отопление. Для обеспечения взаимных расчетов между поставщиками и потребителями энергии потребителям должна быть предоставлена точная информация о количестве потребляемой тепловой энергии. Эту информацию получают от счетчиков тепла, которые представляют собой измерительную систему, состоящую из преобразователя расхода, измеряющего расход теплоносителя, преобразователей температуры, определяющих разницу температур между входом и выходом, и вычислителя, производящего расчеты. В связи с необходимостью обеспечения всех потребителей, включая мелкие домохозяйства, средствами учета, производители стремятся создать как можно более де-

шевые системы без существенных потерь точности измерений. Поэтому среди используемых преобразователей расхода теплоносителя в счетчиках тепловой энергии получили наибольшее распространение турбинные, ультразвуковые и электромагнитные. Если оценивать европейский рынок средств измерений, то за последние годы в Европе в учете тепловой энергии доля турбинных и электромагнитных расходомеров сокращается, а ультразвуковых растет и составляет примерно 1/3 всего парка средств измерений. В России же наиболее распространенными средствами измерений расхода теплоносителя являются электромагнитные расходомеры.

Как было уже сказано ранее проблема учета энергоресурсов, в частности тепловой энергии, стоит остро во многих странах, поэтому иностранными учеными в соответствии OIML R 75 [1, 2] были проведены испытания трех типов расходомеров на точность, влияние положения установки, наличие вибрации и других влияющих на точность измерений факторов. [3] С целью независимости и достоверности полученных результатов испытания проводились на нескольких образцах в различных местах в разное время года. Перед испытаниями и после расходомеры калибровались с применением эталонного оборудования. Полученные результаты показали, что для решения задачи учета количества теплоносителя меньше всего подходят турбинные расходомеры из-за сильной чувствительности к изменению профиля скорости потока, вызванной неправильной установкой, и большей подверженностью к вибрации. Из электромагнитных и ультразвуковых расходомеров наименьшее отклонение от начальных точностных характеристик в процессе эксплуатации продемонстрировали ультразвуковые расходомеры. Однако не надо забывать, что исследования проводились на определенных модификациях данных типов расходомеров и говорить однозначно о превосходстве ультразвукового принципа измерений над другими нельзя.

В России несмотря на большое количество узлов учета, оснащением всех квартир вновь вводимого жилого фонда индивидуальными счетчиками тепла с учетом тепловой энергии все обстоит очень плохо. Это связано с нестыковками в нормативно-правовой базе [4], отсутствием эталонной базы, позволяющей поверять и испытывать измерительные системы тепловой энергии, в комплексе прямым методом, а не косвенным методом как в настоящее время. К данным проблемам добавляются неправильный монтаж как преобразователей расхода [5], так и преобразователей температуры на местах, ошибки в программном обеспечении расчета тепловой энергии.

Выводы: В качестве первых шагов авторы предлагают заняться вопросом наведения порядка в терминологии, применяемой в нормативно-правовых документах, регламентирующих данный вид измерений, занормировать измерение не только массы и массового расхода, но и объема и объемного расхода теплоносителя, так как большинство применяемых расходомеров измеряют именно объем и объемный расход и переход на массу

и массовый расход потребует дополнительного оборудования или расчетов, вносящих дополнительную погрешность в измерения. Требуется также разработать, а в дальнейшем и создать, эталон, позволяющий проводить поверку и испытания счетчиков тепла как измерительной системы в целом, что позволит уйти от косвенного метода испытаний и поверки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Heat OIML R 75-1. Heat meters. Part 1: general requirements, International Organization of Legal Metrology. – URL : https://www.oiml.org/en/files/pdf_r/r075-1-e02.pdf (date of the application: 14.12.2021). - Text : electronic.
2. OIML R 75-2. Heat meters. Part 2: type approval tests and initial verification tests, International Organization of Legal Metrology : сайт. – URL : https://www.oiml.org/en/files/pdf_r/r075-2-e02.pdf (date of the application: 14.12.2021). - Text : electronic.
3. Hae M. C. Evaluation of flowmeters for heat metering / M. C. Hae, R.Y. Byung, K. G. Chul, M. C. Yong. – Direct text // Flow Measurement and Instrumentation. – 2011. – № 22. – P. 475-481.
4. Об утверждении Методики осуществления коммерческого учета тепловой энергии, теплоносителя : приказ Минстроя № 99/пр [утвержден 17.03.2014: зарегистрирован в Минюсте России 12.09.2014 № 34040]. – Москва : КонсультантПлюс, 2016 – 34 с. – Текст : непосредственный.
5. Влияние профиля скорости на точность электромагнитных расходомеров / Р. Т. Бакиров, О. К. Шабалина, Ю. К. Евдокимов, А. С. Шабалин. – Текст : непосредственный // Автоматизация, телемеханизация и связь в нефтяной промышленности. – 2021. – № 6 (575). – С. 45-49.

УДК 621

РАЗРАБОТКА СИСТЕМ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ МЕГАПОЛИСА

Быта А. О., магистрант, ania.byta@yandex.ru

Антонова Е. О., канд.техн.наук, доцент, antonovaeo@tyuiu.ru

г. Тюмень, Тюменский Индустриальный Университет

Аннотация: Важнейшей составной частью жизнеобеспечения города являются его системы теплоснабжения. На данный момент в Российской Федерации особую актуальность придают проблемы оптимального функционирования систем теплоснабжения с наибольшей долей производства энергии комбинированным способом. Целью исследования является комплексный научный подход к совершенствованию системы центрального отопления крупных городов. Методом исследования является анализ научных статей, в которых поднимается проблема совершенствования системы теплоснабжения и путей ее решения. Основные результаты работы были достигнуты при разра-

ботке стратегии в области энергосбережения, что помогает ограничить рост тарифов на рынке тепловой.

Ключевые слова: система теплоснабжения, энергия, энергосбережение, энергоэффективность.

Современный город - крупный потребитель энергетических ресурсов, необходимых для обеспечения жизнедеятельности проживающего в нем населения, также для оптимальной работы расположенных на его территории промышленных предприятий и учреждений.

Проблема снижения затрат на теплоснабжение зданий требует новых подходов. Одним из возможных направлений является развитие комбинированных систем теплоснабжения. Такие системы объединяют традиционные системы от централизованного источника тепла и системы от автономных источников тепла в зданиях. Крышные котельные могут быть использованы в качестве автономного источника.

Поскольку стоимость подключения дополнительных нагрузок к тепловым сетям с централизованными источниками тепла высокая, рекомендуется использовать дополнительные местные (автономные) источники теплоснабжения.

Крышные котельные традиционно используются при недостаточной тепловой мощности, в новых районах или в отдельно стоящих зданиях, к которым по какой-либо причине или по личному выбору жителей невозможно подключить магистральную линию к теплоцентрали.

Они предназначены для обеспечения потребителей бесперебойным, безопасным и экономичным теплоснабжением и горячим водоснабжением и работают без привлечения дополнительного обслуживающего персонала.

Было проведено исследование и проведен ряд работ по изучению системы центрального теплоснабжения в крупных городах Российской Федерации, были улучшена и научно сформулирована новая концепция развития общей городской системы теплоснабжения модернизация конфигурации схем и режимов работы городских систем централизованного теплоснабжения для генерации и преобразования энергоносителей на основе принципов их комбинированного производства.

Объектом исследования являются системы теплоснабжения крупных городов Российской Федерации, включающие в себя разноместные теплоисточники, не работающие на единые тепловые сети.

Предмет исследования - совершенствование конфигурации схем и режимов работы систем централизованного теплоснабжения крупных городов для генерации и трансформации энергоносителей, основанных на принципах их комбинированного производства.

Целью исследования является комплексный научный подход к совершенствованию системы центрального отопления крупных городов, модернизация конфигурации схем и режимов работы городских систем цен-

трализованного теплоснабжения для генерации и преобразования энергоносителей на основе принципов их комбинированного производства.

К преимуществам предлагаемого способа теплоснабжения зданий с использованием крышных котельных относятся:

1. Сокращение капвложений (в 2-3 раза) и эксплуатационных расходов за счет исключения тепловых сетей;

2. Экономия топлива (не менее 30 % от годового расхода); сокращение вредных выбросов от котельных.

Опыт применения крышных котельных выявил еще целый ряд преимуществ, а именно:

1. Освобождение подвальных помещений, которые могут быть использованы для различных целей;

2. Расположение котельной на крыше имеет преимущество в случае взрыва, так как стены котельной выполнены в виде легких перегородок, которые защищают само здание;

3. Устраняется необходимость строительстве больших дымоходов по всей высоте здания. В котельной достаточно установить наружный дымоход небольшой высоты;

4. Оборудование котельной на крыше подвергается менее высокому давлению, чем если бы оно было установлено в основании здания. Увеличивается долговечность оборудования и уменьшаются расходы на текущий ремонт;

5. Строительство децентрализованных крышных котельных значительно снижает потери топлива по сравнению с котельными, которые централизованно обогревают жилые кварталы;

6. Экономичные и прогрессивные решения для отопления и горячего водоснабжения с использованием средств автоматизации и учета потребления тепла и воды. Капитальные затраты на строительство котельной тепловой мощностью 1 Гкал/ч составляют около 500 000 тыс. рублей, включая стоимость оборудования котельной, проектных и строительно-монтажных работ;

7. Годовой расход топлива на теплоснабжение зданий может быть снижен примерно на 20-25%, что дает около 80% нагрузки на горячую воду летом, поскольку современная типология жилых и общественных зданий, их планировочное и дизайнерское решение позволяет наиболее оправданно с технической, экономической и экологической точки зрения размещать солнечные коллекторы на крыше здания рядом с черепицей без ущерба для окружающей среды.

Вывод: полученные результаты могут быть использованы компаниями с централизованным теплоснабжением крупных городов в процессе адаптации в конкурентной среде, проектными институтами при разработке проектов системы центрального отопления, а также в вузах при изучении дисциплин по направлению "Теплоэнергетика".

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Совершенствование систем теплоснабжения. – Текст : электронный //DisserCat – электронная библиотека диссертаций : [сайт]. – URL:<https://www.dissercat.com/content/sovershenstvovanie-sistem-teplosnabzheniya> (дата обращения: 17.12.2021).
2. Бесплатная научная электронная библиотека : [сайт]. – URL : <http://av.disus.ru/avtoreverat/1873219-1-sovershenstvovanie-sistem-teplosnabzheniya.php> (дата обращения: 17.12.2021). – Текст : электронный.
3. План мероприятий по повышению эффективности госпрограммы «Доступная среда». – Текст : электронный // Министерство труда и социальной защиты Российской Федерации : официальный сайт. - 2017. –URL: <http://rosmintrud.ru/docs/1281> (дата обращения: 17.12.2021).
4. Соколов Е. Я. Теплофикация и тепловые сети / Е. Я. Соколов. – Москва : МЭИ, 1999. – 472 с. – Текст : непосредственный.
5. Моисеев Б. В. Теплоснабжение промышленных предприятий : учебно-методическое пособие по дисциплине «Источники и системы теплоснабжения промпредприятий»/ Б. В. Моисеев. – Тюмень : ТюмГАСА, 2004. – 91 с. – Текст : непосредственный.

УДК 620.92

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОХЛАЖДЕНИЯ ТЕПЛОНОСИТЕЛЯ В ТЕПЛООБМЕННИКАХ С РАЗЛИЧНЫМ КОЭФФИЦИЕНТОМ ПОРИСТОСТИ МЕТАЛЛА

Давлетбаев К. В., бакалавр, davletbaev200208@gmail.com
Поташкин Н. В., бакалавр, 1nikpot2000@mail.ru
Рыдалина Н. В., ст. преподаватель, rydalinanv@tyuiu.ru
г. Тюмень, Тюменский индустриальный университет

Аннотация: Для повышения интенсификации теплообмена в теплообменных агрегатах используются вставки с пористым наполнителем. Использование таких вставок в конструкции теплообменных агрегатов приведет к повышению эффективности их работы. В данной работе приведены результаты проведенных экспериментов по анализу эффективности работы теплообменных агрегатов. В трех агрегатах использовался пористые вставки с различным пористости, а в четвертом не было пористого наполнения. Теплообменные агрегаты с пористым наполнением показали большую эффективность по сравнению с обычным теплообменником.

Ключевые слова: эксперимент, теплообменный агрегат, пористый металл.

На сегодняшний день инженеры энергетики разрабатывают и тестируют множество способов увеличения эффективности теплообменных ап-

паратов. Наибольшее распространение для увеличения эффективности теплообмена получили пористые материалы, которые используются в различных отраслях промышленности, строительстве и медицине. В данной статье рассматриваются результаты экспериментальных измерений влияния пористых вставок из металла на охлаждение теплоносителя.

Экспериментальная работа проводилась на стенде в лаборатории кафедры промышленной теплоэнергетики. Стенд состоит из системы подачи теплоносителей – воды и фреона; системы измерений; системы сменных участков, который позволяет работать с разными теплообменными аппаратами. На стенде размещены четыре теплообменных аппарата, которые сконструированы с использованием в их конструкциях алюминия с различной пористостью: 0,49; 0,62; 0,47 соответственно. Пористость вставок рассматривается как отношение объема пор ко всему объему материала. В четвертом теплообменнике пористого наполнения нет.

На системе подачи воды и фреона установлены задвижки, которые позволяют менять рабочие участки и регулировать расход этих двух сред. Насос обеспечивает на данном стенде смену скоростей в соответствии с паспортом насоса. Контрольно-измерительные приборы фиксируют значения изменения расхода и температуры воды.

Рассматривались три режима работы насоса, измерения проводились отдельно для каждого теплообменного аппарата. В ходе работы измерялся расход воды, температура воды, расход фреона и его температура.

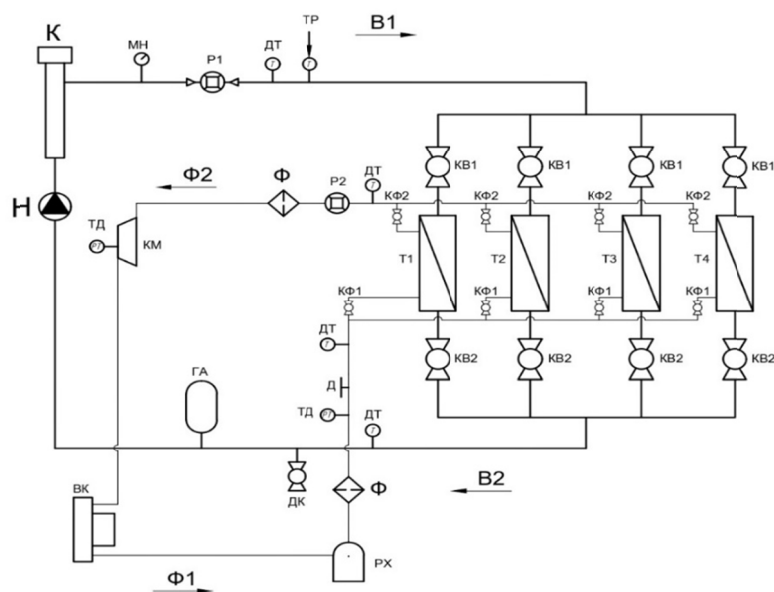


Рис. 1. Схема экспериментальной установки: К – котёл; МН – манометр; P1 – расходомер на трубопроводе воды; P2 – расходомер на трубопроводе фреона; ДТ – датчик температуры; ТР – терморегулятор; KB1 – кран на вход воды в теплообменник; KB2 – кран на выход воды из теплообменника; T1, T2, T3, T4 – датчики температуры; ДК – дренажный кран; ГА – Гидроаккумулятор; Н – насос; ВК – воздушный конденсатор; РХ – ресивер хладагента; Ф – фильтр влагоотделитель; ТД – термоманометр; Д – дроссель; КФ1 – кран на вход фреона в теплообменник; КФ2 – кран на выход фреона из теплообменника; КМ – компрессор

Результаты проведенных экспериментов представлены на рис. 2 и рис. 3.

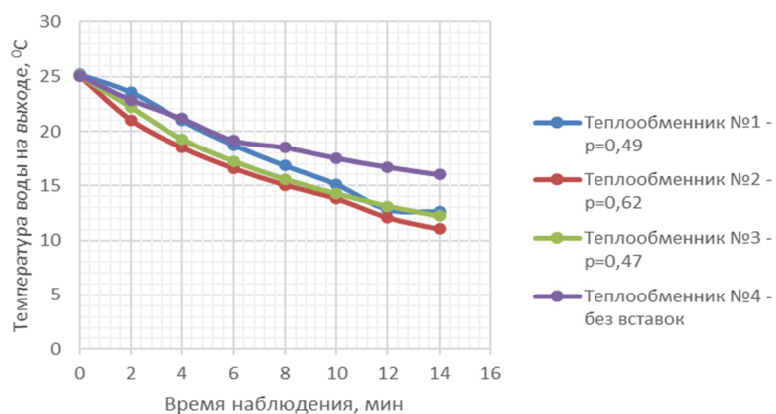


Рис. 2. Охлаждение теплоносителя с течением времени при работе насоса на первом режиме

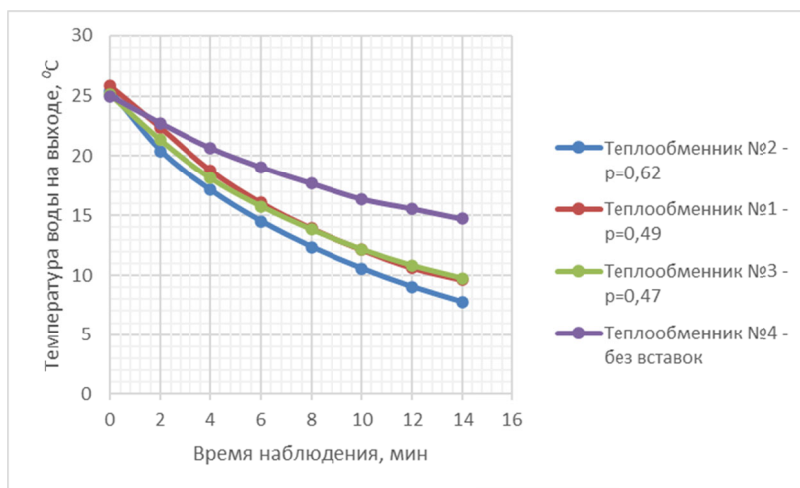


Рис. 3. Охлаждение теплоносителя с течением времени при работе насоса на втором режиме

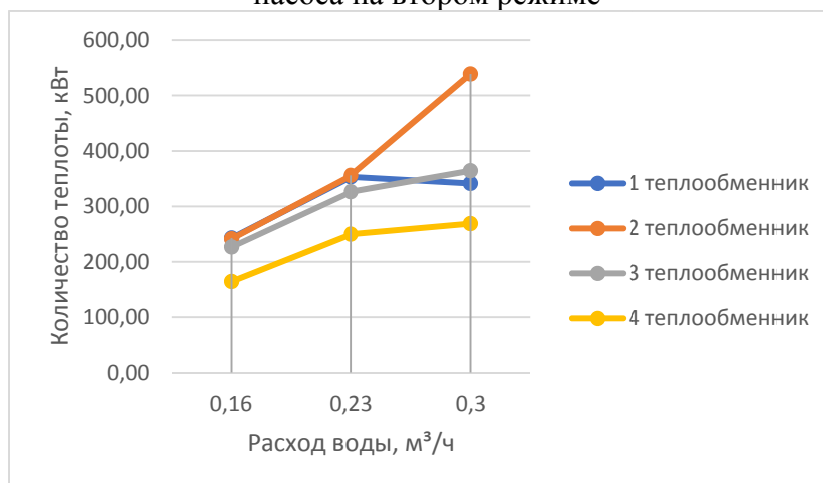


Рис. 4. Зависимость количества теплоты от расхода

Аналогичные результаты были получены при исследовании охлаждения при работе насоса на третьей скорости.

Таким образом, анализируя полученные данные в ходе экспериментов можно отметить, что наибольшую степень охлаждения при прочих равных условиях имеет теплообменник с пористыми металлическими вставкам с наибольшим коэффициентом пористости. И наибольший теплообмен наблюдается у теплообменника с наибольшим коэффициентом пористости.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Карпович Э. В. Пути повышения эффективности теплообменных аппаратов с пористыми вставками / Э. В. Карпович. – Текст : непосредственный // Главный механик. – 2019. – № 1 (185). – С. 63-67.

2. Аксенов Б. Г. Экспериментальное исследование и математическая модель теплообменного аппарата со вставками из пористого металла / Б. Г. Аксенов, О. А. Степанов, Н. В. Рыдалина. – Текст : непосредственный // Вестник ТюмГУ. Физико-математическое моделирование. Нефть, газ, энергетика. – 2020. – Т. 6, № 2 (22). – С. 22-40.

3. Осипов С. Н. Энергоэффективные малогабаритные теплообменники из пористых теплопроводных материалов / С. Н. Осипов, А. В. Захаренко. – Текст : непосредственный // Энергетика. Известия высших учебных заведений и энергетических объединений СНГ. – 2018. – Т. 61, № 4. – С. 351-353.

УДК 621

ОПТИМИЗАЦИЯ РЕМОНТНЫХ РАБОТ ТЕПЛОВЫХ СЕТЕЙ В УСЛОВИЯХ ОГРАНИЧЕННЫХ РЕСУРСОВ

Ковязина В. А., магистрант, kv4leryk@yandex.ru

Антонова Е. О., канд.техн.наук, доцент, antonovaeo@tuiu.ru

г. Тюмень, Тюменский индустриальный университет

Аннотация. В системах теплоснабжения имеются участки тепловых сетей, монтаж которых был осуществлён с нарушением технологий и условия эксплуатации которых не соответствуют проектным решениям. Многолетнее недофинансирование капитальных ремонтов тепловых сетей привело к их высокому износу.

Целью проведения исследования является оптимизация ремонтных работ в связи с потребностью замены большого объема ветхих сетей в условиях ограниченных ресурсов. Планирование ремонтных работ тепловых сетей путем формирования ремонтной программы предполагает решение оптимизационной задачи. Выделенное финансирование будет направлено на ремонт участков, наиболее остро нуждающихся в замене, что приведет к достижению максимального эффекта.

Ключевые слова: оптимизация; система теплоснабжения; тепловые сети; ремонтные работы; ограниченные ресурсы.

Одной из основных проблем в системах теплоснабжения является оптимизация ремонтных работ тепловых сетей в условиях ограниченности ресурсов. Значительную долю в тепловых сетях составляют ветхие, выработавшие свой ресурс трубопроводы с повышенными тепловыми потерями, требующие незамедлительной перекладки, эксплуатация которых приводит к высокому уровню повреждаемости. Причинами этого является многолетнее недофинансирование капитальных ремонтов тепловых сетей, наличие участков, смонтированных с нарушением технологий, отсутствие должной эксплуатации со стороны действующих в системе теплоснабжения теплоснабжающих (теплосетевых) организаций, высокий уровень грунтовых вод.

Исключение из системы теплоснабжения тепловых сетей со сверхнормативным сроком службы предполагает, что объемы ежегодных мероприятий по проведению капитального ремонта обеспечат замену всех тепловых сетей, срок эксплуатации которых достиг нормативного предела. Однако для того, чтобы выйти обозначенный уровень ежегодной замены сетей, требуется первоначально заменить весь накопившийся за предыдущие годы эксплуатации объем трубопроводов со сверхнормативным сроком службы.

Для качественного повышения надежности теплоснабжения необходимо за короткое время заменить значительную часть от общего объема всех сетей теплоснабжения, протяженность которых зачастую превышает тысячи километров, что не реализуемо, исходя из технических и финансовых возможностей, эксплуатирующих организаций. В связи с этим программа капитальных ремонтов тепловых сетей рассчитана на относительно длительный срок, в течение которого надежность системы теплоснабжения должна постоянно повышаться. В подобных условиях планирование работ по проведению капитального ремонта на ближайшую перспективу предполагает решение оптимизационной задачи. Выделенное финансирование в первую очередь необходимо направить на ремонт тех участков теплопроводов, которые на данный момент наиболее остро нуждаются в замене. Но как выделить эти участки из общего объема тепловых сетей? Сложность решения этой задачи заключается в том, что при определении очередности включения тепловых сетей в план проведения капитального ремонта необходимо руководствоваться множеством факторов, в том числе на основании анализа текущего состояния эксплуатируемого оборудования.

Формирование ежегодных адресных ремонтных программ с максимально эффективным использованием выделенных на эти цели денежных средств способствует повышению качества и надежности теплоснабжения. Выделенное финансирование будет направляться на реконструкцию тех участков тепловых сетей, которые наиболее остро нуждаются в замене.

Максимально эффективное использование выделенного финансирования на замену сетей приведет к снижению повреждаемости и, как следствие, к уменьшению недоотпуска тепловой энергии потребителям.

Оптимизировать работу по ранжированию мероприятий на тепловых сетях позволит разработка системы критериев и порядка оценивания по балльной шкале. Формирование программы ремонтов на основании анализа текущего состояния эксплуатируемого оборудования по результатам прошедшего отопительного периода позволит с большей вероятностью выявить участки тепловых сетей, требующие незамедлительного проведения капитального ремонта, а также позволит определить очередность вывода участков тепловых сетей в ремонт.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Соколов Е. Я. Теплофикация и тепловые сети : учебник для вузов / Е. Я. Соколов. – Москва : МЭИ, 2001. – 472 с. – Текст : непосредственный.
2. Ионин А. А. Надежность систем тепловых сетей / А. А. Ионин. – Москва : Стройиздат, 1989. – 268 с. – Текст : непосредственный.
3. Манюк В. И. Наладка и эксплуатации водяных тепловых сетей : справочник / В. И. Манюк, Я. И. Каплинский, Э. Б. Хин. – Москва : Стройиздат, 1988. – 432 с. – Текст : непосредственный.
4. Чупрынин В. А. Основные причины кризиса в системе теплоснабжения в России и методы борьбы с ним / В. А. Чупрынин, Ю. Я. Суздалев. – Текст: электронный // Новости теплоснабжения. – 2003. – URL: https://www.rosteplo.ru/Tech_stat/stat_shablon.php?id=527 (дата обращения: 14.12.2021).

УДК 697.343

ЗАВИСИМОСТЬ ТЕПЛОВЫХ ПОТЕРЬ ТРУБОПРОВОДОВ ОТ СТЕПЕНИ ВЛАЖНОСТИ ГРУНТА И ТЕПЛОВОЙ ИЗОЛЯЦИИ

Кузьменко К. Е.^{1,2}, аспирант, ведущий инженер управления капитального строительства, KuzmenkoKE@suenco.ru

Куриленко Н. И.², канд.техн.наук, доцент, Kurilenkoni@tyuiu.ru

¹г. Тюмень, АО «СУЭНКО».

²г. Тюмень, Тюменский Индустриальный Университет

Аннотация. В данной работе рассмотрены технические характеристики работы трубопроводов бесканальной прокладки с учетом различной степени увлажнения слоя тепловой изоляции, а также рассмотрено влияние уровня грунтовых вод на технические характеристики трубопроводов тепловых сетей.

Предоставленная информация предоставляет возможность определения фактических параметров тепловых потерь для теплосетевых организаций при формировании схемы теплоснабжения населённых пунктов.

Ключевые слова: теплоснабжение, бесканальная прокладка, тепловые сети, тепловые потери.

Эксплуатируемые в настоящий момент трубопроводы теплоснабжения в большинстве случаев не соответствуют нормативным требованиям по надежности материалов, используемых при наружной прокладке тепловых сетей. Тепловые потери трубопроводов городских тепловых сетей не соответствуют теплофизическим характеристикам, как следствие фактические тепловые потери превышают нормативные в 2 и более раз.

Наличие повышенной теплопроводности трубопроводов связано с увлажнением теплоизолирующего слоя тепловых сетей, а также отсутствие целостности или физическое повреждение конструкций и элементов тепловой сети.

К рассмотрению предложены технические характеристики трубопроводов тепловых сетей с канальным и бесканальным типом прокладки. Ключевое отличие вышеприведенных типов прокладки связано с технической возможностью заполнения полости канала тепловой сети грунтовыми водами при отсутствии должного уровня герметизации стыков каналов тепловых сетей и при отсутствии системы дренирования. Описываемая ситуация ведет к постепенному намоканию слоя тепловой изоляции. При рассмотрении бесканального типа прокладки имеет место быть прямое воздействие поверхностного слоя трубопровода с земляными массами и грунтовыми водами. Далее приведена оценка влияния влажности грунта и степени увлажненности тепловой изоляции на тепловые потери при канальной и бесканальной прокладке трубопроводов.

За основу приведенных данных приняты технологические схемы по [1, 2], теплопроводность земляных масс принята для суглинков и теплоизоляционного материала при различной увлажненности по [3]. Линейные значения теплопроводности q_l , Вт/м определены для трубопроводов с техническими характеристиками по табл. 1.

Таблица 1

Технические характеристики

Du, мм	Глубина заложения, м	Толщина теплоизоляционного слоя, мм	Толщина поверхностного (защитного слоя), мм	Температура наружного воздуха, °С	Температура теплоносителя, °С	
					Подающий тр-д.	Обратный тр-д.
300	1,5	60	5	-1,1	88	38

Зависимость увеличения коэффициента теплопроводности от $W_{и}$ и $W_{г}$ (объемная влажность теплоизоляционного слоя и земляных масс) для канального типа прокладки отображена на Рисунке 1. Теплоизоляционный слой – маты минераловатные, габариты канала – 2 м^2 . Канал принят заводского жби исполнения. Теплопроводность ограждающих конструкций канала - $1\text{ Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$.

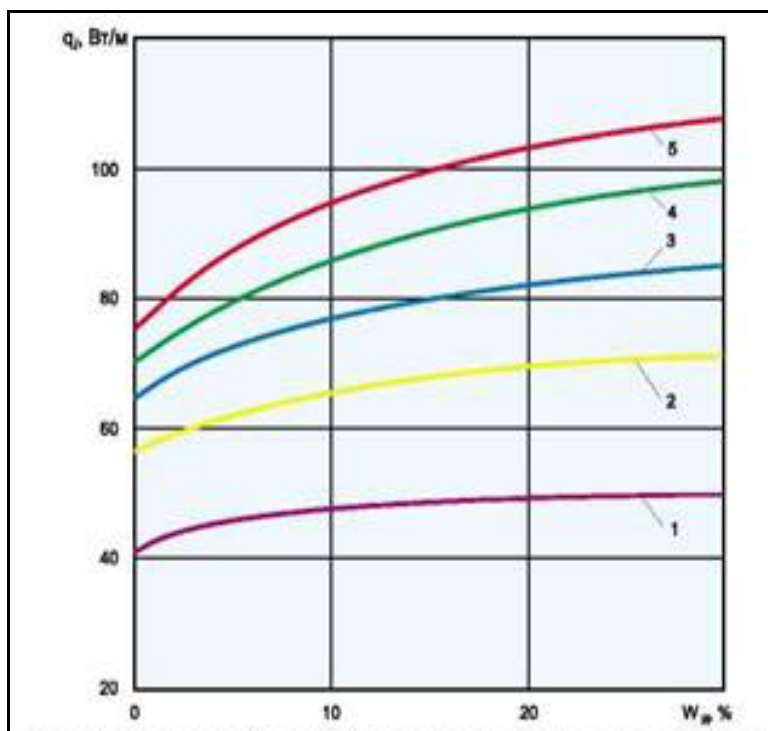


Рис. 1. Зависимость тепловых потерь при канальной прокладке.
 где: q_l – линейные тепловые потери, Вт/м; $W_{и}$ – объемная влажность теплоизоляционного покрытия, %; $W_{г}$ – объемная влажность грунтовых масс, %;
 1 – $W_{г} = 0\%$; 2 – $W_{г} = 6\%$; 3 – $W_{г} = 12\%$; 4 – $W_{г} = 25\%$; 5 – $W_{г} = 50\%$

Исходя из приведенной графики следует, что влажность грунта $W_{г}$ от 0 до 50% и при отсутствии влажности ($W_{и}=0\%$) в тепловой изоляции ведет к увеличению тепловых потерь в 1,83 раза, при $W_{и}=15\%$ в 2,08%, при $W_{и}=30\%$ в 2,16%

Для определения аналогичных характеристик для трубопроводов бесканальной прокладки данные упорядочены и приведены на рисунке 3. Материал наружного слоя трубопровода принят полиэтиленовая оболочка, теплоизолирующий материал – пенополиуретан.

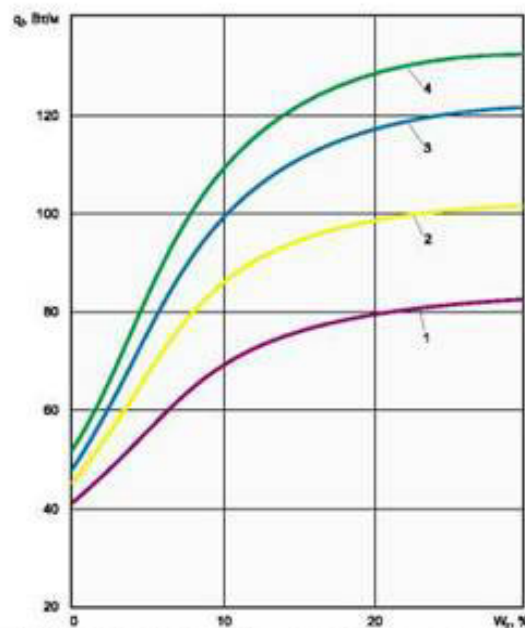


Рис. 1. Зависимость тепловых потерь при бесканальной прокладке.
 где: q_l – линейные тепловые потери, Вт/м; $W_{и}$ – объемная влажность теплоизоляционного покрытия, %; $W_{г}$ – объемная влажность грунтовых масс, %;
 1 – $W_{и} = 0\%$; 2 – $W_{и} = 4\%$; 3 – $W_{и} = 8\%$; 4 – $W_{и} = 12\%$

Из приведенных кривых видно, что повышение $W_{г}$ от 0 до 30 % при $W_{и} = 4\%$ влечет за собой увеличение тепловых потерь в 2,24; при $W_{и} = 8\%$ – в 2,52; при $W_{и} = 12\%$ – в 2,56 раз.

Приведенные данные в численном эквиваленте могут быть приняты к учету при определении фактических тепловых потерь при работе тепловых сетей при различных подземных прокладках.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Иванов В. В. Распределение температур и тепловых потоков в зоне прокладки теплотрасс / В. В. Иванов, Л. Б. Вершинин. – Текст : непосредственный // Теплопроводность, теплоизоляция : материалы второй национальной конференция по теплообмену. – Москва, 1998. – Т. 7 – С. 103-105.
2. Иванов В. В. Моделирование тепловых процессов подземных бесканальных теплотрасс / В. В. Иванов, С. В. Шкробко. – Текст : непосредственный // Теплопроводность, теплоизоляция : материалы второй национальной конференция по теплообмену. – Москва, 1998. – Т. 7 – С.106-108.
3. Чудновский А. В. Теплофизические характеристики дисперсных материалов / А. В. Чудновский. – Москва : Физмат, 1962. – 456 с. – Текст : непосредственный.

УТИЛИЗАЦИЯ ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ ПРИ РАСТОПКЕ КОТЕЛЬНОГО АГРЕГАТА С ПОМОЩЬЮ КТАНОВЫХ УСТАНОВОК

Рубцов Д. Д., магистрант, kikonas3@gmail.com

Сомов А. М., магистрант, a.somov1999@gmail.com

г. Тюмень, Тюменский индустриальный университет

Аннотация. В статье поднят вопрос об утилизации тепловой энергии, в частности предложен вопрос об утилизации тепловой энергии при растопке котельного агрегата с помощью КТАНовых установок. Правильное рациональное использование тепловой энергии в современной энергетике имеет большую значимость как для экологии планеты, так и для экономики предприятия в целом. КТАНовые установки позволяют осуществить теплосъём с уходящих дымовых газов котельных агрегатов. Разработано множество видов экономайзеров, в данной статье приведены формулы для расчета производительности контактного экономайзера. Низкопотенциальную тепловую энергию можно использовать для подпитки теплосети или, к примеру для подачи на конкретного потребителя (если таковой имеется) и т.д. В результате предприятие оказывает положительное действие на экологию (если рассматривать котельные агрегаты работающих на высоких параметрах, то температура уходящих газов в конвективной шахте после прохождения ступеней водяного экономайзера и ступеней воздухоподогревателя составляет порядка 120-130 °С, что, несомненно, сказывается на экологии) и впоследствии может получить хороший экономический эффект.

Ключевые слова: ТЭЦ, КТАН, уходящие дымовые газы, экология, дымовая труба, контактный экономайзер, утилизация, тепловая энергия, низкопотенциальная тепловая энергия

В современной энергетике одной из основополагающей целей является правильная утилизация отходов промышленного предприятия. Целью утилизации служит улучшение экологической обстановки планеты, однако утилизация также может принести хороший экономический эффект. Возможности утилизации ограничены помимо бюджета и необходимостью производственного объекта также его территориальным расположением и множеством иных факторов. Производственные объекты занимающиеся выработкой тепловой и электрической энергии контролируются специальными органами контролирующими, к примеру выбросы оксидов азота и иных вредных веществ. Нормы и правила разработаны персонально для каждого объекта с расчётом имеющегося на объекте оборудования. В теории мотивацией к улучшению экологической обстановки планеты могут служить различные льготы и субсидии, предоставляемые государством промышленному предприятию. Множество компаний спонсирует и развивает альтернативные источники энергетики такие как ветряные СЭС, солнечные пруды, ВЭС и т.д. Отходов с казалось бы экологических источников тепловой и электрической

энергии присутствует ничуть не меньше, чем с традиционных источников производства тепловой и электрической энергетики. К этим отходам, к примеру, можно отнести захоронение лопаток ротора ветряных установок, которые на данный момент не подлежат к утилизации и зарываются на специальных полигонах. Если разбирать определенный объект на примере ТЭЦ, то здесь происходит прежде всего правильная утилизация тепловой энергии путём использования редуционно-охладительных установок (далее РОУ), расширителей непрерывных продувок, котлов утилизаторов и т.д. Безусловно оборудование, перечисленное выше вносит огромный вклад в улучшении экономических показателей станции и улучшении экологической обстановки в регионе, однако некоторые аспекты выработки тепловой энергии до сих пор являются не раскрытыми в плане утилизации. К примеру, тепловая энергия с уходящих дымовых газов энергетических котлов используется в котельных агрегатах для повышения температуры ступеней пароперегревателей, повышение температуры ступеней водяного экономайзера и повышения температуры ступеней воздухоподогревателя. После чего дымососами направляется в дымовую трубу с температурой 110 – 130 С. На множестве станций не используются КТАНовые установки (контактные теплообменные устройства с активной насадкой), которые способны отбирать низкопотенциальную тепловую энергию с уходящих дымовых газов и использовать их на полезные нужды, к примеру, на подогрев сетевой воды и т.д. Для установки КТАНов необходимо предварительно произвести расчёт конечной температуры дымовых газов с понижением температуры дымовых газов понижается выталкивающая сила в связи с разницей давлений, помимо этого при маленькой температуре дымовых газов есть риск того, что начнется выпадение росы, которая будет оседать на внутренностях котельного агрегата в конвективной шахте и тем самым вызывать коррозионный эффект. Тем не менее пониженная температура уходящих дымовых газов положительно скажется на экологии, а снятая с него температура может сократить расходы промышленного объекта. В рамках этой статьи рассмотрим определение производительности контактного экономайзера. При учёте того, что мы пренебрегаем потерей тепла в окружающую среду, тепловой баланс контактного экономайзера может быть выражен следующим способом:

$$G(c'_{c,z}t_1 + \frac{d_1 i'_{e,n}}{1000}) + W_1 c'_e v_1 = G(c''_{c,z}t_{yx} + \frac{d_{yx} i''_{e,n}}{1000}) + (W_1 + G \frac{d_1 - d_{yx}}{1000}) c''_e v_2 \quad (1)$$

где G – количество сухих дымовых газов, кг/ч; $c'_{c,z}$ и $c''_{c,z}$ – средняя массовая теплоемкость сухих дымовых газов при температурах t_1 и t_{yx} , ккал/(кг*°C); t_1 и t_{yx} – начальная и конечная температура дымовых газов, °C; d_1 и d_{yx} – начальное и конечное влагосодержание дымовых газов, г/кг; $i'_{e,n}$ и $i''_{e,n}$ – начальная и конечная энтальпия водяных паров, ккал/кг; W_1 – количество воды на входе в экономайзер, кг/ч; c'_e и c''_e – средняя теплоемкость воды

при температуре v_1 и v_2 , $\text{ккал} / (\text{кг} \cdot ^\circ\text{C})$; v_1 и v_2 – начальная и конечная температура воды, $^\circ\text{C}$.

Из уравнения (1) выводим формулу для определения теплопроизводительности контактного экономайзера:

$$Q_{\kappa.э} = G[(c'_{c.э} + \frac{0,47d_1}{1000})t_1 - (c''_{c.э} + \frac{0,47d_{yx}}{1000})t_{yx} + \frac{d_1 - d_{yx}}{1000}(595 - v_2)] = W_1(v_2 - v_1) \quad (2)$$

Если опираться на практику тепловых расчетов, то стоит оперировать объемом продуктов сгорания, а не массой. Заменяя массовое количество сухих дымовых газов полным объемом дымовых газов, получаем:

$$G = \frac{y'_2 V_1}{1 + d_1 / 1000} = \frac{y''_2 V_{yx}}{1 + d_{yx} / 1000} \quad (3)$$

где y'_2 и y''_2 – удельная масса дымовых газов на входе и выходе из экономайзера, $\text{кг} / \text{м}^3$; V_1 – оюъем дымовых газов при нормальных условиях на входе в экономайзер, $\text{м}^3 / \text{ч}$; V_{yx} – объем дымовых газов на выходе из экономайзера, $\text{м}^3 / \text{ч}$.

В конечном итоге подставив формулу (3) в формулу (2), получаем:

$$Q_{\kappa.э} = \frac{y'_2 V_1}{1 + d_1 / 1000} [(c'_{c.э} + \frac{0,47d_1}{1000})t_1 - (c''_{c.э} + \frac{0,47d_{yx}}{1000})t_{yx} + \frac{d_1 - d_{yx}}{1000}(595 - v_2)] = W_1(v_2 - v_1) \quad (4)$$

В последующих действиях выполняются расчеты по определению параметров уходящих газов, тепловой расчет контактного экономайзера, аэродинамический расчет контактного экономайзера, гидравлический расчет контактного экономайзера, расчет декарбонизатора, расчет промежуточного теплообменника, поверочный расчет или выбор дымососа. В энергетике остается всё также много открытых вопросов по поводу утилизации как тепловой энергии, так и утилизации других объектов, которые по-прежнему являются вредными для экологии планеты. КТАНовые установки позволяют максимально эффективно утилизировать температуру уходящих дымовых газов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аронов И. З. Контактный нагрев воды продуктами сгорания природного газа / И. З. Аронов. – Ленинград : Недра, 1978. – 270 с. – Текст : непосредственный.
2. Шорин С. Н. Руководство для кочегара / С. Н. Шорин. – Ленинград : Государственное энергетическое изд-во, 1953. – 266 с. – Текст : непосредственный.
3. Аронов И. З. Контактные газовые экономайзеры / И. З. Аронов. – Киев : Техника, 1964. – 170 с. – Текст : непосредственный.

СПОСОБЫ УЛАВЛИВАНИЯ И УТИЛИЗАЦИИ УГЛЕКИСЛОГО ГАЗА

Рябухина В. Е., бакалавр, vryabuhina@bk.ru
г. Тюмень, Тюменский индустриальный университет

Аннотация: Актуальность темы заключается в том, что в последнее время глобальное изменение климата в большинстве своем связано с повышением концентрации парниковых газов в атмосфере. Именно поэтому важным для всех предприятий, оставляющих углеродный след, является разработка комплекса мероприятий по улавливанию, хранению и утилизации углекислого газа. В статье рассмотрены способы улавливания и утилизации углекислого газа, их достоинства и недостатки.

Ключевые слова: парниковый эффект, способы улавливания и утилизации CO₂, энергосбережение, топливно-энергетический комплекс

Доля в парниковом эффекте выбросов углекислого газа составляет примерно 26 %. Наибольшая доля выбросов приходится на крупные источники в сфере энергетики (примерно 75 %), в том числе ТЭЦ и котельные. Так как значение это достаточно велико, и глобальное изменение климата набирает обороты, то главным для предприятий ТЭК является создание плана мероприятий по улавливанию и утилизации углекислого газа. Они позволят снизить выбросы CO₂ до 90-95 %, но наряду с этим нужно понимать, что увеличатся капитальные затраты и снизится коэффициент полезного действия, что приведет к увеличению стоимости электроэнергии.

Несмотря на то, что набирают обороты нетрадиционные источники энергии, выдаются «зелёные сертификаты» на возобновляемую энергию [1,2], технологий замены сжигания углеводородов для различных предприятий ТЭК в настоящее время не существует.

Также необходимо сделать акцент на экологическую обстановку в тех городах, около которых расположены различные промышленные предприятия [3].

Целью таких предприятий для целей энергосбережения является эффективное улавливание и утилизация CO₂, что означает создание правильной климатической стратегии по улавливанию, хранению и утилизации углекислого газа (CCUS), которая позволит снизить к минимуму опасные выбросы [4,5].

Существует 4 основные концепции процессов и систем улавливания углекислого газа:

1) После сжигания топлива – эту технологию можно внедрять на ТЭС без модернизации оборудования;

2) До сжигания топлива – твёрдое топливо подвергается газификации, в результате чего получается синтез-газ, который в ходе процесса разлагается на H_2 и CO_2 ;

3) Улавливание CO_2 при кислородном сжигании – это энергозатратный и дорогостоящий метод, основанный на установке системы разделения воздуха, чтобы получать O_2 ;

4) Улавливание CO_2 в химическом цикле – метод работает за счёт транспортировки O_2 от воздуха к топливу с использованием материала-носителя O_2 .

Способы улавливания разделяют на традиционные и перспективные. К традиционным, внедряемым на котельных и ТЭЦ, работающих на различных видах топлива, относятся:

✓ Абсорбционная технология улавливания CO_2 – заключается в подаче насыщенной двуокиси углерода в абсорбер, где происходит поглощение противоточным потоком аминов или ионных жидкостей. Затем осуществляется отделение CO_2 , происходящее в десорбере. Преимуществом технологии является то, что данный метод является текущим промышленным стандартом для улавливания CO_2 с использованием аминов, а главным недостатком являются высокие энергозатраты.

✓ Криогенно-мембранная технология – методом частичной конденсации CO_2 отделяется от других газов (CH_4 , CO , H_2). То есть происходит частичная конденсация CO_2 и отделение его от газовой фазы путем двухступенчатой сепарации. Затем газ подают на мембрану для отделения CO_2 , и возвращают его в процесс. Недостатками являются высокие энергозатраты и большое количество оборудования.

✓ Адсорбционная технология – адсорбция осуществляется на твердом теле, и CO_2 удаляется с помощью селективного адсорбента. Преимуществом являются низкие энергозатраты, а недостатком является небольшое количество работающих установок.

Традиционные методы хорошо исследованы и уже могут применяться, но описанные недостатки сдерживают их применение на промышленных предприятиях.

Также не так давно появились прорывные методы, еще не достаточно изученные, но обладающие рядом преимуществ. К перспективным методам улавливания углекислого газа относятся:

✓ Поглощение CO_2 из дымовых газов в кальциево-карбонатном цикле – между двух реакторов с кипящим слоем происходит движение оксида кальция. В одном из них при пониженной температуре происходит поглощение CO_2 , а в другом при повышенной карбонат кальция разлагается. Преимуществом является то, что данный способ в 2 раза дешевле аминной очистки, а главным недостатком – привязка размещения установок к источникам известняка, транспортировка которых на дальние расстояния не выгодна.

Благоприятной экономической эффективности от данной технологии можно добиться использованием отработанного сорбента СаО после цикла в производстве цемента. И таким способом можно добиться, чтобы объем производства цемента из отходов кальциевого цикла на всех электростанциях, работающих на ископаемом топливе, стал намного больше, чем чистое потребление.

✓ Технология экологически чистого выделения CO_2 с использованием ферментов – карбоангидраза, имитирующая природный фермент человеческих легких, катализирует химическую реакцию между углекислым газом и водой, преобразуя CO_2 в бикарбонат, который затем может быть переработан в пищевую соду и мел. В промышленных условиях фермент иммобилизуется с растворителем внутри реактора. При прохождении дымового газа через растворитель фермент превращает CO_2 в бикарбонат. Недостатком является высокая стоимость ферментных препаратов.

✓ Мембранные системы для захвата CO_2 до сжигания - мембрана пропускает конденсирующиеся пары, но не пропускает неконденсируемые газы. Преимущество технологии заключается в отсутствии необходимости частой замены элементов. Также следует отметить, что новая технология фторированных мембран, которые можно расположить по всей дымовой трубе, позволяет выборочно фильтровать CO_2 , пропуская безопасные газы в атмосферу.

При всей совокупности преимуществ, данные способы слабо исследованы, и применять их появится возможность лишь к 2050 году.

В разных странах разрабатывается много проектов, одним из таких является канадский экостартап Carbon Engineering – проект по «прямому захвату» углерода из атмосферы. Суть его заключается в установке на заводах вентиляторов диаметром 10 метров для сбора воздуха, который затем пропускается через сложный химический процесс. После этого углекислый газ смешивается с водородом и получается синтетическое топливо, которое затем перерабатывается в бензин или дизельное топливо [5].

Экономическую эффективность использования различных способов можно определить, рассчитав относительную стоимость «предотвращенного выброса» на единицу углекислого газа. Для каждого предприятия важным является разработка своей климатической стратегии, которая позволит снизить до минимума количество выделяемых парниковых газов.

В заключении хотелось бы отметить, что в настоящее время оптимальной технологией, имеющей самую низкую стоимость, является применение кальцево-карбонатного цикла (примерно 900 руб/т CO_2), который рекомендуется для внедрения на крупных ТЭС.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Третьякова П. А. Показатели эффективности применения тепловых насосов в системе централизованного теплоснабжения / П. А. Третья-

кова, А. А. Меньшикова, Т. В. Третьякова. – Текст : непосредственный // Энергосбережение и водоподготовка. – 2020. – № 2(124). – С. 17-21.

2. Соломкина О. И. Формирование зеленого каркаса города Тобольска / О. И. Соломкина, Т. В. Третьякова. – Текст : непосредственный // Сборник материалов ЛП Региональной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых учёных. - Киров, 2021. - С. 122-124.

3. Берёзкин М. Ю. Перспективы низкоуглеродного развития энергетики России / М. Ю. Берёзкин, О. А. Синюгин. – Текст : непосредственный // Окружающая среда и энерговедение. - 2019. - № 2. - С. 4-13.

4. Ахметова В. Р. Улавливание и хранение диоксида углерода - проблемы и перспективы / В. Р. Ахметова, О. В. Смирнов. – Текст : непосредственный // Башкирский химический журнал. – 2020. – Т. 27, № 3. – С. 103-115.

5. Синтетическое топливо из атмосферы : экостартап Carbon Engineering придумал, как бороться с глобальным потеплением : сайт. – URL: <https://vc.ru/> (дата обращения: 01.12.2021). – Текст : электронный.

УДК 658.264

ЭФФЕКТИВНОСТЬ СИСТЕМ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ

Третьякова П. А., ст. преподаватель, tretjakovapa@tyuiu.ru

Глазкова С. Е., бакалавр, sofaglazkova44630@gmail.com

г. Тюмень, Тюменский Индустриальный Университет

Аннотация. В данной статье рассмотрены результаты научных работ в сфере систем теплоснабжения, с целью обоснования энергетической эффективности теплоснабжения. Также были изучены основные критерии и классификация эффективного функционирования теплоснабжения в деятельности предприятий. Совокупность отобранных критериев позволит в полном объеме определить эффективное управление теплоснабжением на предприятии.

Ключевые слова: оценка эффективности, система теплоснабжения, критерии эффективности.

На сегодняшний день теплоснабжение России является крупнейшей отраслью энергетики, которая превосходит весь мир по своим масштабам. Теплоснабжение служит для обеспечения жизни граждан страны электрической и тепловой энергией.

Система теплоснабжения представляет собой сложную технологию, в которой существует множество проблем. Основными являются: высокая степень износа основных фондов, большие потери тепловой энергии при транспортировке, высокая аварийность на тепловых сетях, высокие затра-

ты, неудовлетворительное финансовое положение, что в свою очередь приводит к неэффективной работе предприятий и неудовлетворению потребностей населения в коммунальных услугах.

Сложившаяся ситуация обусловлена в первую очередь неэффективной системой управления. Для того, чтобы система функционировала и развивалась эффективно, как централизованная, необходимо обеспечить стабильность в предоставлении качественных коммунальных услуг, надлежащем управлении, надёжности и ритмичности ресурсобеспечения, а также регулярном выполнении ремонтных работ.

Согласно СП 89.13330.2016 (СНиП II-35-76) энергетическая эффективность системы теплоснабжения рассматривается как показатель, характеризующий отношение полезно используемой потребителем физической тепловой энергии (полезно используемого энергетического ресурса) к тепловой энергии всего сжигаемого топлива (затраченному энергетическому ресурсу) [1].

Организации, работающие в области систем отопления и использующие современные научно-технические достижения в рассматриваемом секторе, демонстрируют более высокую надежность, значительные экономические и экологические преимущества по сравнению с децентрализованными системами отопления с точки зрения высокой плотности тепловой нагрузки, характерной для многоквартирных жилых домов.

Эффективность теплоснабжения напрямую влияет на состояние, перспективы развития системы теплоснабжения и качество удовлетворения потребителей тепловой энергией. Немаловажный вклад в отрасль теплоснабжения внесли такие учёные, как И. А. Башмаков, А. С. Некрасов, В. И. Ливчак и др. [2,3,4].

Существует несколько способов повышения эффективности теплоснабжения, одним из которых является отключение сетей ГВС и ЦТП и передача подготовленной горячей воды потребителю путем внедрения ИТП с ИВВП (индивидуальные водонагреватели и водонагреватели) в домах, которые считаются многоквартирными домами. Производство бесшумных центробежных насосов свидетельствует повышению надежности системы горячего водоснабжения и конструкции ИТП. Отдельные тепловые станции с ИВВП используются для обслуживания здания или его части (потребителя) [5].

Основными преимуществами являются - повышение качества, энергоэффективность, широкий диапазон тепловых нагрузок, снижение эксплуатационных расходов, снижение давления во внутренних сетях.

Применение автоматизированных ИТП обеспечивает технологический и экономический эффект, так как не требует ремонта централизованных сетей ГВС и необходимость капитального строительства зданий ЦТП [5].

Одним из наиболее эффективных способов повышения энергоэффективности системы СТ является использование новейших высокоэффектив-

ных и долговечных материалов (трубы из нержавеющей стали, стекловолокна, полиэтилена и т.д.) и современная модификация теплообменников, оснащенных системой автоматического управления и безопасности. В комплексе все эти детали в процессе эксплуатации позволят в несколько раз повысить энергоэффективность и срок службы теплообменного оборудования, и как следствие снизить затраты на эксплуатацию и ремонт оборудования.

При полной реконструкции тепловых сетей будет достигнута максимальная энергоэффективность, но в то же время, принимая во внимание тот факт, что большой процент котельного оборудования и оборудования ТЭЦ имеет физический износ и большинство устройств, которые технически отстают от современного оборудования.

На протяжении всей реконструкции системы централизованного теплоснабжения можно добиться значительной экономии тепла и, следовательно, более эффективно снижать затраты на производство и транспортировку энергии.

Следующий способ повышения эффективности теплоснабжения при помощи уменьшения диаметра существующих трубопроводов, состоящий в замене старых труб на трубы с пенополиуретановой изоляцией, поскольку именно такие трубы прочны, более ремонтпригодны и обладают низкими тепловыми потерями, также можно установить дроссельные шайбы.

Уменьшение диаметра трубопроводов ТС более перспективно путём замены используемых отводящих трубопроводов на трубопроводы меньшего диаметра при аварийных или планово-предупредительных ремонтах. Эта функция и оптимизирует теплоснабжение, сохраняя при этом возможность подключения ТП к новым потребителям в случае передачи тепловой энергии, и при этом будет оказано минимальное влияние на существующую систему теплоснабжения.

Метод заключается в наложении новых прямых или поперечных труб за счет установки труб меньшего диаметра. При этом диаметр монтажных труб подбирается таким образом, чтобы гидравлическое сопротивление прямого и обратного трубопровода было максимально приближено к сопротивлению устройства гидравлического контура, но не превышало его. Подводка труб дает преимущество, так как потери тепловой энергии больше из-за более высокой переходной температуры теплоносителя.

Уменьшение диаметра отводных трубопроводов приводит к уменьшению общей поверхности трубопроводов ТС и увеличению скорости движения теплоносителя в них, а следовательно, и к потерям тепла энергоэффективности. Поскольку вышеперечисленные способы регулировки гидравлического режима транспортного средства связаны со значительными капитальными затратами, в связи с чем использование рекомендуется при замене существующих трубопроводов или прокладке новых.

Следует отметить, что на некоторых участках тепловых сетей расчетный диаметр труб еще больше, что связано с перспективными планами

развития ТС. В этом случае уменьшение диаметров греющего участка тепловой сети следует производить в дальнейшем по повышению температуры. Другая часть связана с принятием этой меры для увеличения скорости движения хладагента по трубам транспортного средства, что приводит к повышению уровня шума и вибрации труб.

В случае таких явлений необходимо предусмотреть установку компенсаторов вибрации, которые могут обеспечить улучшение температуры системы здания за счет уменьшения отрицательного последовательного диаметра труб.

Еще одной составляющей эффективных мер служит улучшение теплоизоляционных характеристик наружных стен и полов зданий и сооружений. Сразу возник вопрос, как устранить перегрев, то есть чрезмерный нагрев системы отопления. Все здания отличаются характеристиками продукта. При работе от одной камеры бойлера одни будут иметь нормальную температуру, а другие, с хорошей теплоизоляцией, будут слишком горячими. Этого состояния можно избежать только при наличии локальных систем. Совершенно естественно, что есть выход из разницы, то есть наряду с локальными системами необходимо вводить узлы учета тепла. Это делается для того, чтобы побудить пользователей улучшить теплоизоляцию собственных зданий, чтобы впоследствии они могли выделять меньше тепла.

В теплосетевом хозяйстве наиболее важным условием повышения эффективности системы теплоснабжения является реконструкция квартальных сетей и тепловых пунктов, что позволяет значительно снизить технологические потери и существенно повысить качество теплоснабжения.

Сейчас на государственном уровне сформирован пакет документов, определяющих комплексный подход к развитию тепловых инноваций, наряду с масштабным восстановлением существующих предприятий. Теплоснабжение - значимый социальный сегмент в энергокомплексе России. Это решающий фактор при выборе решений по улучшению и развитию теплоснабжения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Котельные установки : СП 89.13330.2016 : утв. Приказом М-ва строительства и жилищно-коммунального хозяйства РФ 16.12.16 : ввод в действие с 17.06.16. – Москва : Стандартинформ, 2017. – Текст : непосредственный.

2. Башмаков И. А. Повышение энергоэффективности в системах теплоснабжения / И. А. Башмаков. – Текст : непосредственный // Энергосбережение. – 2010. – № 2. – С. 46-51.

3. Современное состояние теплоснабжения России / А. С. Некрасов, Ю. В. Синяк, С. А. Воронина, В. В. Семикашев. – Текст : непосредственный // Проблемы прогнозирования. – 2011. – № 1. – С. 30-43.

4. Ливчак В. И. Уточнение показателей энергоэффективности жилых и общественных зданий / В. И. Ливчак. – Текст : непосредственный // Энергосбережение. – 2014. – № 1. – С. 30-35.
5. Сафин Ф. Р. К вопросу энергосбережения в системах отопления / Ф. Р. Сафин. – Текст : непосредственный // Отопление. Водоснабжение. Кондиционирование : материалы IV Международной научно-практической конференции в рамках XX специализированной выставки. – Уфа : Башкирский ГАУ, 2016. – С. 38-43.
6. Доронин М. С. Сравнительная эффективность децентрализованного теплоснабжения / М. С. Доронин. – Текст : непосредственный // Наука, техника и образование. – 2018. – № 8(49). – С. 29-31.
7. Кривоуцкий А. С. Повышение эффективности работы тепловых сетей за счет кавитационной обработки воды : специальность 05.14.01 «Энергетические системы и комплексы»: автореф. дис. ... канд. техн. наук / А. С. Кривоуцкий. – Красноярск, 2007. – 22 с. – Текст : непосредственный.
8. Платуха А. Д. Энергосбережение и экономия средств при обоснованном выборе перспективного источника теплоснабжения / А. Д. Платуха. – Текст : непосредственный // Энергобезопасность и энергосбережение. – 2015. – № 1. – С. 25-29.

УДК 658.264

ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ СИСТЕМ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ

Третьякова П. А., ст. преподаватель, tretjakovapa@tyuiu.ru
Халикова А. А., бакалавр, khalikova56.aa@gmail.com
г. Тюмень, Тюменский Индустриальный Университет

Аннотация. Система теплоснабжения является не только одной из важнейших областей в Российской экономике и энергетике, но и самой проблемной. Поэтому вопрос о повышении надежности теплоснабжения стоит на первом месте. В данной статье приведен комплекс мероприятий по повышению надежности, а также рассмотрен метод резервирования элементов системы теплоснабжения.

Ключевые слова: надежность, теплоснабжение, теплосети, резервирование.

Теплоэнергетика является одной из важнейших областей энергетики в России, в частности теплоснабжение. Система теплоснабжения должна бесперебойно снабжать необходимым количеством теплоты потребителей для обеспечения нужд потребителей. Актуальность задачи повышения надежности возрастает с увеличением мощности системы теплоснабжения.

В Федеральном законе от 27.07.2010 N 190-ФЗ (ред. от 02.07.2021) "О теплоснабжении" понятие надежности раскрывается как «характеристика состояния системы теплоснабжения, при котором обеспечиваются качество и безопасность теплоснабжения».

Функционирование системы теплоснабжения необходимо рассматривать как совокупность всех устройств, обеспечивающих ее бесперебойную работу. При повреждении одного из элементов этой системы ухудшается работа системы в целом. Поэтому для качества и надежности системы теплоснабжения необходимо обеспечивать бесперебойную работу всех составляющих энергетических элементов [1,2].

Оценку надежности системы теплоснабжения с учетом показателей надежности составляющих ее элементов и внешних систем электро-, водо-, топливоснабжения источников теплоты определяют по формуле (1) [4]:

$$K_{\text{над}} = \frac{K_{\text{э}} + K_{\text{в}} + K_{\text{т}} + K_{\text{б}} + K_{\text{р}} + K_{\text{с}} + K_{\text{отк}} + K_{\text{нед}} + K_{\text{ж}}}{n} \quad (1)$$

где $K_{\text{над}}$ – показатель надежности системы теплоснабжения; $K_{\text{э}}$ – показатель надежности электроснабжения источников тепла; $K_{\text{в}}$ – показатель надежности водоснабжения; $K_{\text{т}}$ – показатель надежности топливоснабжения; $K_{\text{б}}$ – показатель соответствия тепловой мощности источников тепла и пропускной способности тепловых сетей фактическим тепловым нагрузкам потребителей; $K_{\text{р}}$ – показатель уровня резервирования источников тепла и элементов тепловой сети; $K_{\text{с}}$ – показатель технического состояния тепловых сетей; $K_{\text{отк}}$ – показатель интенсивности отказов тепловых сетей; $K_{\text{нед}}$ – уровень относительного недоотпуска тепла в результате аварий; $K_{\text{ж}}$ – показатель качества теплоснабжения; n – число учтенных показателей.

Системы теплоснабжения разделены на четыре категории, в зависимости от полученного значения показателя надежности $K_{\text{над}}$ [4]:

- высоконадежные – более 0,9;
- надежные – 0,75-0,89;
- малонадежные – 0,5-0,74;
- ненадежные – менее 0,5.

На стадии проектно-конструкторских и изыскательских работ выполняются основные мероприятия для повышения надежности систем теплоснабжения. Повышение надежности в уже эксплуатируемой системе является более сложной задачей.

Комплекс мероприятий, направленных на повышение надежности системы теплоснабжения представлен на рис. 1. Большая часть мероприятий связана с тепловой сетью, так как она является самым уязвимым звеном в системе теплоснабжения.

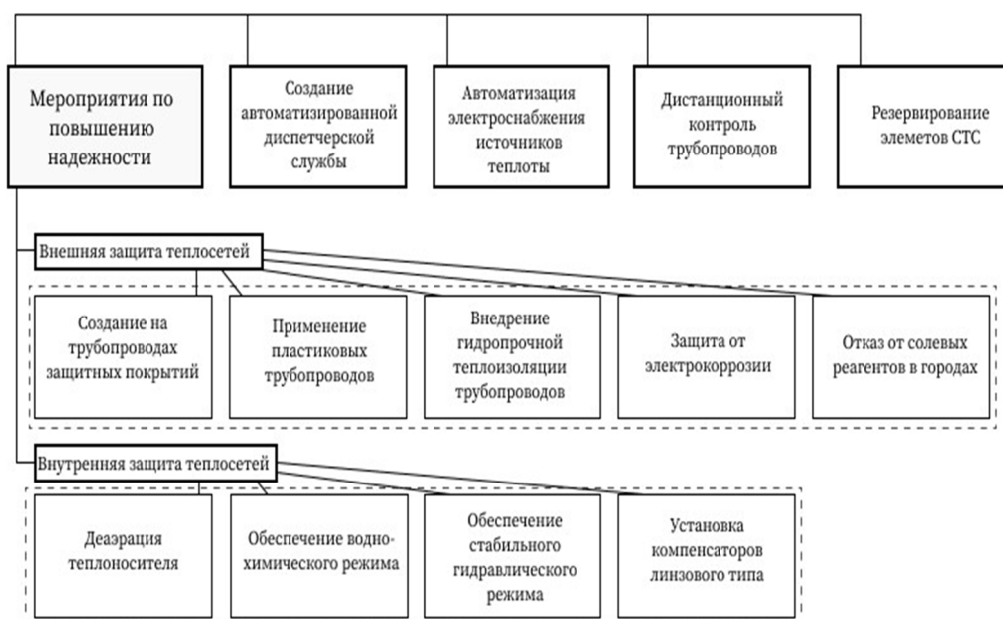


Рис. 1. Мероприятия по повышению надежности систем теплоснабжения

Рассмотрим метод резервирования наиболее ответственных элементов. Несмотря на увеличение капитальных затрат, резервирование является оправданным, так как приводит к росту надежности и устойчивости функционирования элемента системы [3]. Проверим эффективность использования данного метода на примере.

Пусть имеется n устройств, включенных параллельно, которые выполняют одну и ту же функцию (рис. 2а).

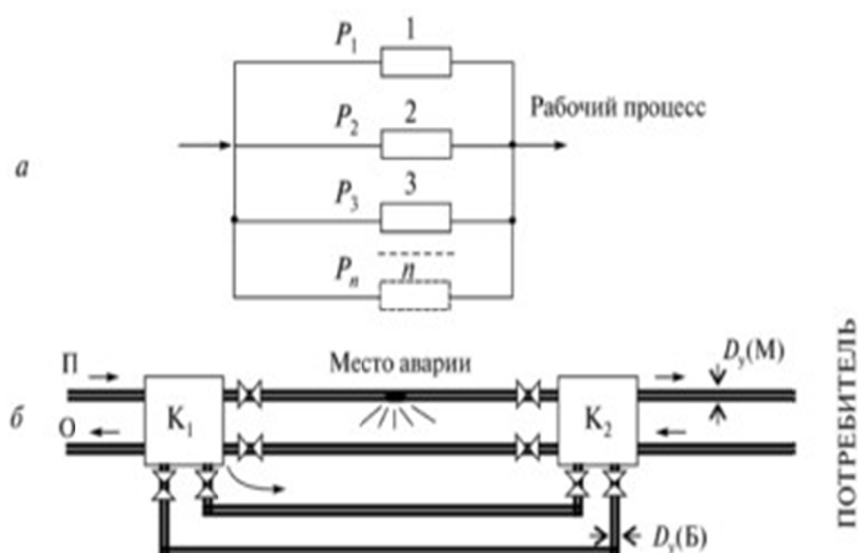


Рис. 2. Резервирование: а – общая задача; б – схема байпасирования трубопроводов

Допустим, что одно устройство вышло из строя, тогда другие имеют возможность автоматически включиться в работу и заменить n -е устройство. Вероятность отказа устройства примерно одинакова и равна $P = P_1 = P_2 = \dots = P_n$. Следовательно, вероятность безотказной работы системы при использовании резервирования будет вычисляться по формуле (2):

$$P_{\text{б.о.}} = 1 - P^n, \#(2)$$

где n – кратность резервирования.

Теперь на конкретном примере проверим зависимость безотказности работы от количества резервных устройств.

Пусть вероятность безотказной работы насоса в течение года равна 0,75. В этом случае вероятность отказа составит:

$$P = 1 - 0,75 = 0,25\#$$

Тогда при двукратном резервировании вероятность безотказной работы будет равна:

$$P_{\text{б.о.}} = 1 - 0,25^2 = 0,938\#$$

Следовательно, при трехкратном получим следующее значение:

$$P_{\text{б.о.}} = 1 - 0,25^3 = 0,984\#$$

Из этого можно сделать вывод о том, что применение резервных элементов значительно повышает надежность системы. Аналогично можно резервировать и системы трубопроводов (рис. 2б).

Исходя из выше приведенных доводов, мы выяснили, что повышение надежности является одной из наиболее актуальных задач в вопросах теплоснабжения и решается за счет резервирования элементов системы теплоснабжения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Обеспечение надежности тепловых сетей при проектировании новых объектов, реконструкции и авторском надзоре/ Ю. В. Ваньков, В. И. Богаткин, У. Б. Учаров, Т. Г. Горбунова. – Текст : непосредственный // Энергетика Татарстана. - 2011. - № 4(24). - С.52-55.

2. Третьякова П. А. Меньшикова А. А., Третьякова Т. В. Показатели эффективности применения тепловых насосов в системе централизованного теплоснабжения/ П. А. Третьякова, А. А. Меньшикова, Т. В. Третьякова. – Текст : непосредственный // Энергосбережение и водоподготовка. –2020. – № 2(124). – С. 17-21.

3. Поливода Ф. А. Надежность систем теплоснабжения городов и предприятий легкой промышленности : учебник / Ф. А. Поливода. –

Москва : ИНФРА-М, 2020. – 170 с. – ISBN 978-5-16-011830-7. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1048496> (дата обращения: 15.12.2021). – Текст: электронный.

4. Об утверждении Методических указаний по анализу показателей, используемых для оценки надежности систем теплоснабжения : приказ Минрегиона России от 26.07.2013 N 310 : зарегистрировано в Минюсте России 28.11.2013 N 30479. – Москва : ЭНАС, 2013. – 8 с. – Текст : непосредственный.

Научное издание

СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ЭНЕРГЕТИКИ

Материалы

I Национальной научно-практической конференции

В авторской редакции

Подписано в печать 03.03.2022. Формат 60х90 1/16. Печ. л. 6,6.
Тираж 500 экз. Заказ № 2357.

Библиотечно-издательский комплекс
федерального государственного бюджетного образовательного
учреждения высшего образования
«Тюменский индустриальный университет».
625000, Тюмень, ул. Володарского, 38.

Типография библиотечно-издательского комплекса.
625039, Тюмень, ул. Киевская, 52.