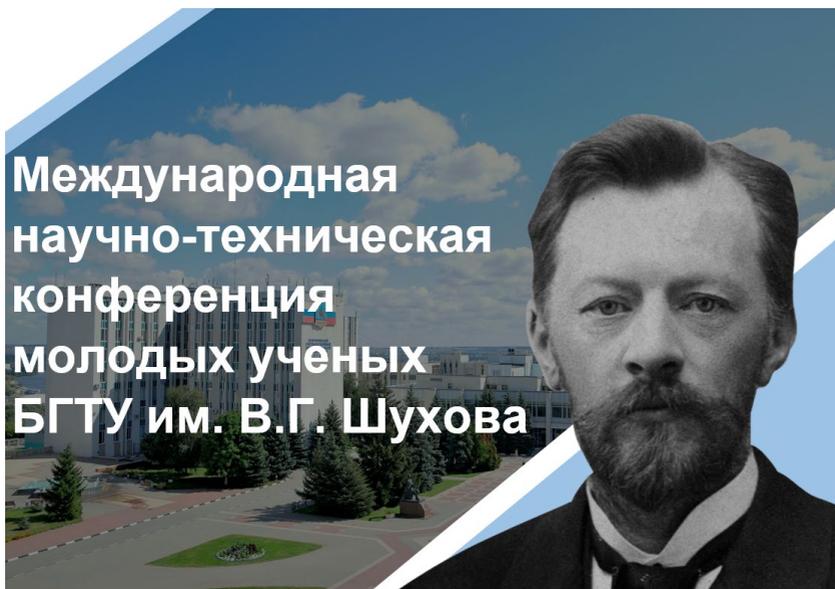


Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Российская академия наук
Российская академия архитектуры и строительных наук
Администрация Белгородской области
ФГБОУ ВО Белгородский государственный технологический
университет им. В.Г. Шухова
Международное общественное движение инноваторов
«Технопарк БГТУ им. В.Г. Шухова»



Сборник докладов

Часть 3

**Инновации и энергосбережение при обслуживании
зданий и инженерных энергосистем**

Белгород

29-30 мая 2025 г.

УДК 005.745
ББК 72.5+74.48
М 43

**Международная научно-техническая конференция
молодых ученых БГТУ им. В.Г. Шухова
[Электронный ресурс]:**
М 43
Белгород: БГТУ им. В.Г. Шухова, 2025. – Ч. 3. – 135 с.

ISBN 978-5-361-01461-3

В сборнике опубликованы доклады студентов, аспирантов и молодых ученых, представленные по результатам проведения Международной научно-технической конференции молодых ученых БГТУ им. В.Г. Шухова.

Материалы статей могут быть использованы студентами, магистрантами, аспирантами и молодыми учеными, занимающимися вопросами энергоснабжения и управления в производстве строительных материалов, архитектурных конструкций, электротехники, экономики и менеджмента, гуманитарных и социальных исследований, а также в учебном процессе университета.

УДК 005.745
ББК 72.5+74.48

ISBN 978-5-361-01461-3

©Белгородский государственный
технологический университет
(БГТУ) им. В.Г. Шухова, 2025

УДК 621.643

Авсюнова А.В.

*Научный руководитель: Никулин Н.Ю., канд. техн. наук, доц.
Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

ПЕРСПЕКТИВЫ ТЕХНОЛОГИЙ УТИЛИЗАЦИИ ЭНЕРГИИ ДАВЛЕНИЯ ГАЗА

Природный газ от мест его добычи до потребителя преодолевает очень большие расстояния. В связи этим давление перекачки газа должно быть высоким. Перед тем как газ попадает к потребителю он проходит процедуру снижения давления в специальных газорегуляторных пунктах (далее - ГРП). При уменьшении давления затрачивается энергия газового потока на то чтобы преодолеть местное сопротивление.

Затрачиваемую энергию можно трансформировать в различные виды энергии. Так, например ее можно преобразовать в энергию, которая будет расходоваться на потребность газораспределительной станции (далее ГРС), также ее можно использовать для выравнивания охлаждения газа [1].

В процессе снижения давления природного газа на входе в ГРП резко понижается температура рассматриваемого топлива. В результате чего возникает высокая вероятность образования на трубах гидратов, что в результате приводит к закупориванию труб.

Во избежание образования гидратов на станках трубопроводов, на ГРС устанавливают устройства, служащие для подогрева газа оболочки регулятора давления [2].

Для подогрева газа используют огневые и водяные подогреватели. Первые имеют риск возгорания, вторые подразумевают большой расход топлива и трудозатратное обслуживание.

В настоящее время на ГРС устанавливают котельные с большой мощностью. В требованиях предъявляемых к эксплуатации газораспределительных станций установлена необходимость оснащения ГРС, как минимум двумя подогревателями, один из которых работает в стационарном режиме, другой - в резерве [3]. Однако, представленная система подогрева газа очень энергозатратна.

Рассмотрим некоторые способы утилизации энергии газа при его редуцировании на ГРС.

1) Использование механизма в основе которого лежит вихревой эффект Ранка-Хилша. В этом случае узел редуцирования обогревается

за счет подогрев узла редуцирования происходит благодаря кинетической энергии газа;

2) Температурная стратификация с использованием трубы Леонтьева. Автором [1] рассмотрено устройство, работающее следующим образом. Протекающий поток газа разделен на 2 потока: один достигает сверхзвуковой скорости в сопле Лавалья, другой - с высоким напором, дозвуковой скоростью протекает с противоположной стороны в пространстве между стен. Происходит взаимодействие потоков газа через теплопроводную стенку устройства: сверхзвуковой нагретый поток направляется на газораспределительную станцию, охлажденный дозвуковой – на компрессорную станцию;

3) Применение детандер-генераторных агрегатов (Рис. 1). Энергия газового потока превращается в механическую энергию в детандере и электрическую энергию в генераторе. Получаемая в результате электроэнергия используется для нужд газоредуцируемого пункта, а также для прогрева газа после дросселирования;

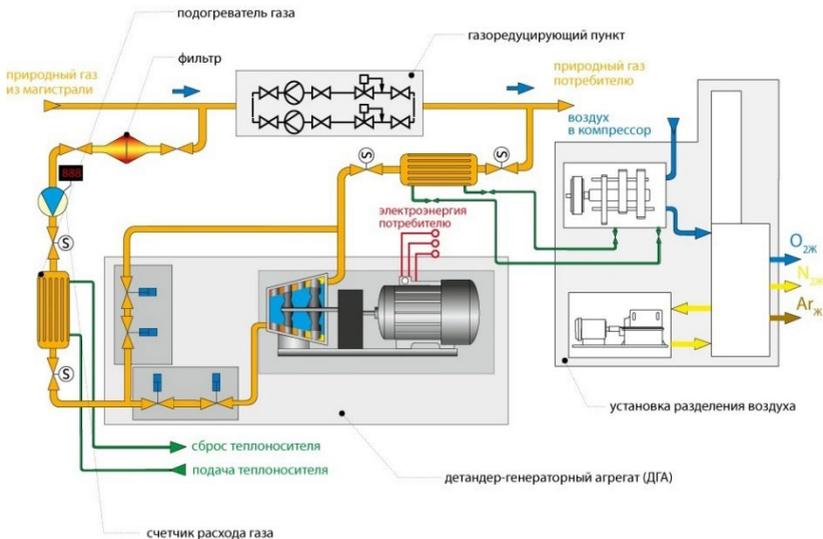


Рис. 1 Схема размещения детандер - генераторного агрегата

4) рассмотрена возможность безогневого подогрева природного газа и экономии топливного газа подогревателей, благодаря внедрению в схему узла редуцирования термоакустического редуктора (Рис. 2), который работает на базе резонансного эффекта Гартмана-Шпренгера.

Такая установка может позволить повысить энергоэффективность редуцирования газа [1].

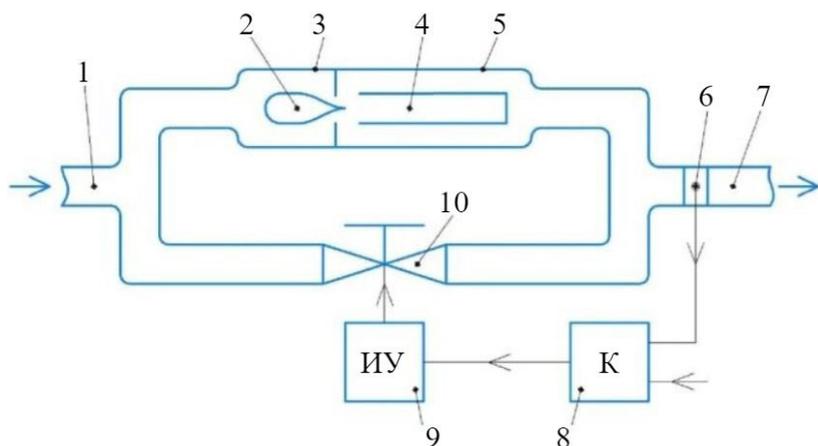


Рис. 2 Принципиальная схема устройства бесподогревного редуцирования природного газа. 1 - патрубок высокого давления, 2 - центральное тело, 3 - сопло, 4 - резонатор, 5 - корпус, 6 - выход датчика давления, 7 - патрубок низкого давления, 8 - управляющий контроллер, 9 - исполнительное устройство, 10 - регулирующий клапан.

Эффект энергоразделения Гартмана - Шпренгера работает из принципа аэродинамического резонанса и термического разделения энергии в процессе нелинейных колебаний природного газа в трубопроводе, на конце которого расположена заглушка.

Сущность эффекта Гартмана - Шпренгера состоит в следующем: струи газового потока с высокой скоростью входят в глухую полость, вызывая при этом пульсации давления. Пульсации волнами размещаются в стороне тупика, отражаясь при этом и затем продвигаются в противоположную сторону, внедряясь со следующими волнами в резонанс с резким скачком вверх температуры. Внутри трубки возникает вероятность создания высоких температур. В процессе расходуется энергия газового потока и на выходе из установки поток получается охлажденным [2].

На сегодняшний день проекты по потреблению избыточной энергии давления газа в процессе его редуцирования в некоторых странах направлены на создание энергии [4].

В Центральной Азии в настоящее время не установлены способы для того чтобы широко и эффективно применить рассмотренную

технологиию.

Так в Узбекистане исследованы газовые месторождения. В результате этих исследований было выявлено, что для расходования газа в турбулентных агрегатах необходимо повторно обработать газ и привести его к требуемому состоянию [5]. Возникает потребность в дополнительном фильтре, который должен быть установлен перед входом в детандерный агрегат.

Отличительной чертой рассматриваемого устройства турбодетандера является то, что на одном валу располагаются турбинное и компрессорное колеса. Это объясняет преимущество использования рабочих колес радиального или радиально-осевого типов для упрощения структуры подвода и отвода рабочей среды.

В соответствии с вышеизложенным, для применения энергии газа, получаемой в процессе снижения давления на газораспределительной станции и газорегуляторном пункте, уместно использовать детандер - генераторные агрегаты, взамен дроссельных устройств [5].

Расчеты и практика эксплуатации детандер-генераторных установок [5] обосновывают размер выработки электрической энергии и предоставляют перспективу внедрения в оборот повторных энергоресурсов и обеспечения выработки электроэнергии, а также уменьшение вредных выбросов.

Рассмотренные методы утилизации энергии природного газа, вырабатываемой при его редуцировании имеют перспективу применения в ГРП, так как способны предотвратить риск возникновения гидратов и закупоривания трубопроводов. Использование, рассмотренных в статье устройств поможет исключить процесс сжигания газового топлива, что экономически выгодно.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Применение эффекта резонансного энергоразделения в пунктах редуцирования природного газа с целью повышения энергоэффективности системы газораспределения / А.М. Щпачев, А.С. Дмитриев // Записки Горного института - 2021. Т.248. - С. 253 - 259.

2. Эффект Гартмана. Область существования и частоты колебаний / В.Н. Глазнев, Ю.Г. Коробейников // Прикладная механика и техническая физика - 2001. Т.42, № 4. - С. 62 - 67.

3. Экспериментальные исследования кожухотрубного теплообменника с цилиндрическими турбулизаторами потока / Н.Ю. Никулин, Ю.В. Елистратова // Вестник МГСУ - 2023. - Т.18, № 12(181) - С. 1966-1976.

4. Моделирование сжигания биогаза в инжекционной горелке с тепловым рассекателем / Д.Ю. Суслов, Р.С. Рамазанов // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова - 2020. - № 4. - С. 40- 47.

5. Исследование возможности утилизации энергии давления транспортируемого природного газа в республике Узбекистан / И. Халисматов, М.Д. Буранов, А.А. Мукольянц // Universum: технические науки. - 2019. - № 5 (62). - С. 81 - 85.

УДК 628.32

Александрова Д.Н., Старенкова М.В.

***Научный руководитель: Крюков И.В. канд. техн. наук, доц.
Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия***

УСТРОЙСТВО И МЕТОДИКА РАСЧЕТА МЕТАНТЕНКА

Современное состояние окружающей среды, в частности в крупных городах перерастающих в мегаполисы обуславливается значительно большим уровнем загрязнения, вызванного деятельностью человека, что вызывает необходимость создания новых или модернизации уже имеющихся очистных сооружений. Комплекс мероприятий в области развития технологий, по очистке сточных вод и дальнейшему использованию образовавшегося осадка тесно связан с принципами эффективного использования доступных ресурсов [1]. Особое внимание уделяется сокращению энергозатрат, в том числе и при переработке осадка сточных вод. Осадок рассматривается как ценная биомасса, которую можно успешно преобразовать в биогаз посредством анаэробного сбраживания. [2].

Метантенк представляет собой железобетонный резервуар для сбраживания сырого осадка поступающего из первичных отстойников, а также избыточного активного ила из аэротенков (Рис.1). В процессе саморазложения органических веществ образуется ценный биогаз. Для оптимизации газообразования брожение осуществляется в отсутствие кислорода (в анаэробной среде).

Ключевым фактором, влияющим на расчеты, выступает установленная рабочая температура анаэробного реактора, именно от нее определяется интенсивность брожения и общая эффективность работы метантенка. Выделяют три температурных режима для брожения: психрофильный (температура до 20°C), термофильный (температура 53°C) и мезофильный (температура 33°C) режимах, так же

необходимо учитывать такие параметры как, заданную дозу и режим загрузки, заданный режим перемешивания, влажность, зольность, химический состав органических веществ осадков (углеводы, жиры, белки), содержание летучих жирных кислот, щелочность, азот аммонийных солей, pH. [3].

Принцип работы метантенка заключается в следующем, по трубе в верхнюю часть резервуара подается смесь осадка и активного ила.

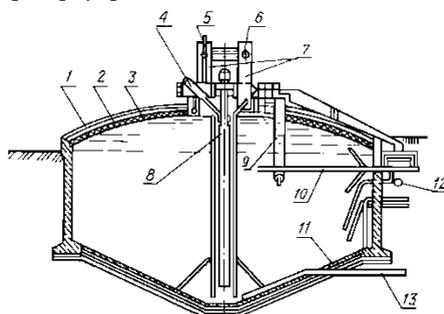


Рис. 1. Схема устройства метантенка:

- 1 – мягкая кровля; 2 – кирпич; 3- теплоизоляция; 4 – смотровой люк;
- 5, 9 – трубы соответственно для выпуска газа в атмосферу, переливания;
- 6 – газопровод для газового колпака; 7 – газовые колпаки; 8 – пропеллерная мешалка; 10, 13 – трубопроводы соответственно для загрузки сырого осадка, для опорожнения метантенка; 11 – днище метантенка; 12 – паровой инжектор для подогрева метантенка

Для создания оптимальных условий мезофильного или термофильного брожения, метантенк нагревают и регулярно перемешивают содержимое. Нагрев производится с использованием водяного или парового радиатора [4]. В условиях отсутствия кислорода происходит ряд химических процессов как гидролиз (нерастворимые органические вещества присутствующие в биомассе, распадаются на простейшие органические соединения), гидролизное окисление (выработка ацетата, двуокись водорода, свободный водород), метанообразование. Минимально необходимая продолжительность прибывания биологически активных веществ в сооружениях 2-6 суток. Сброженный ил с высоким содержанием влаги выводится из нижней части метантенка и направляется на сушку – например, в цех механического обезвоживания или на иловые карты. Образующийся газ по трубопроводам отводится в верхнюю часть конструкции метантенка. [5].

Методика расчета метантенка. Расчет метантенка включает в себя, определение объема образующихся на очистных сооружениях осадков, выбор подходящего режима брожения, расчет необходимого объема конструкции и оценку степени разложения органического вещества в осадках. [6].

Рассмотрим расчет метантенка при термофильном и мезофильном сбраживании, при условии что объем поступающих сточных вод составит 135000 м³/сут, а эффективность осветления взвешенных веществ в первичных отстойниках – 50%, начальная концентрация загрязнений 175 г/м³.

Количество осадка, образующегося в первичных отстойниках в процессе отстаивания, выраженное в пересчете на сухое вещество [7]:

$$Q_{\text{сух}} = \frac{C_{en} \times \Xi \times K}{10^6} \times Q_{mid}, \quad (1)$$

где C_{en} – показатель, отражающий среднюю величину загрязнений в общем объеме потока мг/л; Ξ – показатель эффективности задержания взвешенных веществ в первичных отстойника; K – коэффициент, используемый для учета увеличения объема осадка, вызванного наличием крупных взвешенных частиц, которые могут не попадать в пробы, отбираемые для анализа 1.2; Q_{mid} – среднесуточный объем поступающих сточных вод.

$$Q_{\text{сух}} = \frac{175 \times 0,5 \times 1,2}{10^6} \times 135000 = 3,54 \text{ т/сут.}$$

Расход избыточного активного ила (по сухому веществу) равен, т/сут:

$$I_{\text{сух}} = \left[\frac{0,8 \times C_{en} \times (1 - \Xi) + \alpha \times (L_a - b)}{10^6} \right] \times Q_{mid}, \quad (2)$$

где α – коэффициент, характеризующий прирост активного ила, принимающий значения в пределах 0,3-0,5; b – количество, вынесенного активного ила из вторичных отстойников, которое не должен превышать 10–15 мг/л; L_a – БПК_{полн} биохимическое потребление кислорода полностью окисляемыми веществами в очищенных сточных водах (мгО₂/л), рассчитываемое по формуле (2.16) в соответствии с установленными методиками [7].

$$I_{\text{сух}} = \left[\frac{0,8 \times 175 \times (1 - 0,5) + 0,3 \times (101,15 - 15)}{10^6} \right] \times 135000 = 12,94 \text{ т/сут.}$$

Определение расхода осадка и избыточного активного ила по беззольному веществу осуществляется с использованием следующей формулы, т/сут :

$$Q_{\text{без}} = \frac{Q_{\text{сух}} \times (100 - P_g) \times (100 - S_{mud})}{100 \times 100}, \quad (3)$$

$$I_{\text{без}} = \frac{I_{\text{сух}} \times (100 - P'_g) \times (100 - S_{a \text{ mud}})}{100 \times 100}, \quad (4)$$

где P_g, P'_g – представляют собой гигроскопическую влажность, характеризующую сырой осадок и избыточный активный ил, соответственно, и принимают значения в диапазоне 5–6%; $S_{\text{mud}}, S_{a \text{ mud}}$ – показатели зольности сухого вещества осадка и активного ила, равные 27% и 25% [7].

$$Q_{\text{без}} = \frac{3,54 \times (100 - 5) \times (100 - 27)}{100 \times 100} = 2,45 \text{ т/сут.} \quad (5)$$

$$I_{\text{без}} = \frac{12,94 \times (100 - 5) \times (100 - 25)}{100 \times 100} = 9,21 \text{ т/сут.} \quad (6)$$

Объем сырого осадка и избыточного активного ила определяется из выражений, м³/сут [7]:

$$V_{\text{ос}} = \frac{100 \times Q_{\text{сух}}}{(100 - P_{\text{ос}}) \times \rho_{\text{ос}}}, \quad (7)$$

$$V_{\text{ил}} = \frac{100 \times I_{\text{сух}}}{(100 - P_{\text{ил}}) \times \rho_{a \text{ mud}}}, \quad (8)$$

где $P_{\text{ос}}$ – процент влажность сырого осадка, находящегося в пределах 93-95%; $P_{\text{ил}}$ – процент влажности активного ила, который для неуплотненного ила составляет 99,2-99,7%, а для уплотненного 97-98%; $\rho_{\text{ос}}, \rho_{a \text{ mud}}$ – плотность осадка и активного ила, т/м³; для целей практических расчетов могут быть приняты равными 1 т/м³.

$$V_{\text{ос}} = \frac{100 \times 3,54}{(100 - 93) \times 1} = 50,57 \text{ м}^3/\text{сут.}$$

$$V_{\text{ил.упл.в}} = \frac{100 \times 12,94}{(100 - 98) \times 1} = 647 \text{ м}^3/\text{сут.}$$

Общий расход сырого осадка и избыточного активного ила на станции равен, м³/сут:

$$V_{\text{общ}} = V_{\text{ил}} + V_{\text{ос}}, \quad (9)$$

$$V_{\text{общ}} = 647 + 50,57 = 697,57 \text{ м}^3/\text{сут.}$$

Средняя влажность смеси равна, %:

$$P_{\text{ср}} = 100 \times \left(1 - \frac{M_{\text{сух}}}{V_{\text{общ}}} \right), \quad (10)$$

$$P_{\text{ср}} = 100 \times \left(1 - \frac{16,18}{697,57} \right) = 97 \text{ \%}.$$

Для более стабильной работы метантенка влажность осадка должна не превышать 93-97%, для его уплотнения необходимо устанавливать илоуплотнители [7].

Для процесса сбраживания выбран термофильный режим, поддерживающий температуру 53°C. Суточная доза осадка, подаваемого в метантенки $D_{mt} = 22\%$ [7].

Определяем наибольший процент биоразложения органических веществ в загружаемом осадке, при смешивании его с активным илом, с использованием следующей формулы:

$$R_{lim} = (0,92 \times C_{fat} + 0,62 \times C_{gl} + 0,34 C_{prt}) \times 100,$$

где C_{fat}, C_{gl}, C_{prt} – содержание жиров, углеводов и белков, выраженное в граммах на 1 грамм беззольного вещества, соответственно.

При отсутствии данных R_{lim} допускается принимать:

- для сырого осадка (из первичных отстойников) – 53%;
- для избыточного ила – 44%;
- для смеси осадков – по среднеарифметическому соотношению смешиваемых компонентов по беззольному веществу.

$$R_{lim} = \frac{R_{lim.ос} \times Q_{без} + R_{lim.ил} \times И_{без}}{M_{без}}, \quad (11)$$

$$R_{lim} = \frac{53 \times 2,45 + 44 \times 9,21}{11,66} = 46\%.$$

Распад беззольного вещества загружаемого осадка в зависимости от дозы загрузки определяется по формуле, %:

$$R_r = R_{lim} - K_r \times D_{mt}, \quad (12)$$

$$R_r = 46 - 0,17 \times 22 = 42\%.$$

Определяем расчетный объем метантенка м³:

$$V_{mt} = \frac{V_{общ} \times 100}{D_{mt}}, \quad (13)$$

$$V_{mt} = \frac{697,57 \times 100}{22} = 3170,77 \text{ м}^3.$$

Принимаем 2 метантенка по 2500 м³ с полезным объемом суммарно 5000 м³ (по приложению К) [7];

Пересчитываем фактический объем метантенка, %:

$$D'_{mt} = \frac{V_{общ} \times 100}{V_{mt\phi}}, \quad (14)$$

$$D'_{mt} = \frac{697,57 \times 100}{2 \times 2500} = 13,95\%.$$

$$R_r = 46 - 0,17 \times 13,95 = 44\%.$$

«Количество выделившегося газа принято считать равным 1 грамму на 1 грамм распавшегося беззольного вещества осадка, плотность газа, обозначаемая как ρ_r , принимается равной 1 кг/м³, согласно СП [6]».

Рассчитываем удельный выход газа, м³/кг:

$$\Gamma_{\text{уд}} = \frac{R_r}{100 \times \rho_r}, \quad (15)$$

$$\Gamma_{\text{уд}} = \frac{44}{100 \times 1} = 0,44 \text{ м}^3/\text{кг}.$$

Суммарный выход газа, м³/кг:

$$\Gamma = \frac{R_r \times M_{\text{без}} \times 1000}{100}, \quad (16)$$

$$\Gamma = \frac{44 \times 11,66 \times 1000}{100} = 5130,4 \text{ м}^3/\text{сут}.$$

Для сбора метаносодержащего газа, выделяемого в метантенках, применяют мокрые газгольдеры. Конструкция газгольдера состоит из резервуара, содержащего воду, и плавающего в ней колокола, который движется по направляющим благодаря роликовой системе. Определение характеристик газгольдера производится в соответствии с условиями, указанными в пункте 2.3.3 [7].

Рациональность использования метантенка определяется сравнительная значения $C_{\text{расч}}$ и C'_T о возможность компенсации затрат на поддержание необходимых условий сбраживания.

Необходимое количество тепла для нагрева свежего осадка в метантенках рассчитывается по формуле, ккал/сут:

$$G_{\text{об}} = (1 + K) \times V_{\text{общ}} \times C_T \times (t_{\text{сб}} - t_{\text{вк}}) \times 1000, \quad (17)$$

где K – коэффициент тепловых потерь через стенки, днище и перекрытие метантенка, значение которого равно 0,1; C_T – теплоемкость осадка, 4,19 кДж/(кг×К); $t_{\text{сб}}$ – температура внутри метантенка, соответствующая выбранному режиму сбраживания, °С; $t_{\text{вк}}$ – температура поступающего осадка, °С.

$$G_{\text{об}} = (1 + 0,1) \times 697,57 \times 4,19 \times (53 - 16) \times 1000,$$

$$G_{\text{об}} = 118\,968,70 \text{ тыс. ккал/сут}.$$

Компенсация теплотерь всего объема (с учетом исключения добавления свежего осадка), ккал/сут:

$$G_{\text{ох}} = (V_{\text{mt}}^{\phi} - V_{\text{общ}}) \times 1000 \times 1, \quad (18)$$

$$G_{\text{ох}} = (5000 - 697,57) \times 1000 \times 1 = 4\,302,43 \text{ тыс. ккал/сут}.$$

Тогда общее необходимое количество тепла, ккал/сут :

$$C_T = G_{\text{об}} + G_{\text{ох}}, \quad (19)$$

$$C_T = 118\,968,70 + 4\,302,43 = 123\,271,13 \text{ тыс. ккал/сут}$$

Необходимая расчетная теплопроизводительность котельной установки с учетом её эффективности, рассчитывается по формуле, ккал/сут:

$$C_{\text{расч}} = \frac{C_T}{n}, \quad (20)$$

$$C_{\text{расч}} = \frac{123\,271,13}{0,8} = 154\,088,91 \text{ тыс. ккал/сут.}$$

где, n – КПД котельной установки, принимается равным 0,7–0,8.

Количество тепла, которое можно получить при сжигании биогаза, учитывая его теплотворную способность в 5000 ккал/м³ составит:

$$C'_T = \Gamma \times 5000, \quad (21)$$

$$C'_T = 2565,2 \times 5000 = 12\,827,5 \text{ тыс. ккал/сут.}$$

В рамках данного исследования описано устройство метантенка и выполнен его расчет. Полученные результаты показали, что метантенки производят биогаза недостаточно для поддержания термофильного режима, однако способен покрыть примерно 10% энергетических затрат.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Хренов К. Е., Храменков С. В., Пахомов А. Н., Стрельцов С. А., Хамидов М. Г., Белов Н. А. Утилизация биогаза и создание автономных источников энергоснабжения на очистных сооружениях // Водоснабжение и санитарная техника. 2010 г. – №10. – С. 48–53.

2. Суслов Д.Ю. Разработка научно-технических основ совершенствования систем снабжения биогазом: дис. д-р. тех. наук: 2.1.3. / Суслов Денис Юрьевич – Белгород, 2022. – 347 с.

3. Ленский В.А. Водоснабжение и канализация. Изд. 4 перераб. И допол. «Высшая школа», 1969г - 432 с

4. Туровский И.С. Обработка осадков сточных вод. - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Стройиздат, 1982. - 223 с.

5. Ю.Л. Морева, А.В. Лоренцсон. Технология защиты окружающей среды: учебно-методическое пособие/ ВШТЭ СПбГУПТД.-СПб.,2017 Часть 1. – 70с.

6. СП 32.13330.2018. Канализация. Наружные сети и сооружения: дата введения 2019-06-26/ Федеральным агентством по техническому регулированию и метрологии (Росстандарт) – Изд.официальное. – Москва 2019 – 142 с.

7. Методические указания по проведению практических занятий, выполнению расчетно-графической работы «Водоснабжение и водоотведение») / Харьков. нац. ун-т гор. хоз-ва им. А. М. Бекетова ; сост. Е. Б. Сорокина. – Харьков : ХНУГХ им. А. М. Бекетова, 2016. – 72 с.

Берёзкин А.С., Мацукова М.Н.

*Научный руководитель: Гольцов А.Б., д-р техн. наук, доц.
Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРИРОДНЫХ СОРБЕНТОВ (БИОУГОЛЬ, ЦЕОЛИТ, КЛИНОПТИЛОЛИТ) ДЛЯ УДАЛЕНИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ ИЗ ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ

Обеспечение населения качественной питьевой водой является одной из приоритетных задач в области охраны окружающей среды и общественного здравоохранения. С каждым годом возрастающее антропогенное воздействие на водные ресурсы приводит к увеличению концентрации различных загрязнителей, среди которых особую опасность для здоровья человека и экосистем представляют тяжелые металлы и устойчивые микрозагрязнители, что является серьезной экологической и санитарной проблемой. Для решения данной проблемы активно разрабатываются новые методы и технологии водоочистки, в том числе основанные на использовании природных сорбентов. Природные сорбенты находят широкое применение благодаря их доступности, экологической безопасности и экономичности. Особый интерес представляют биоуголь, цеолит и его разновидность — клиноптилолит, обладающие высокой сорбционной способностью и эффективностью в удалении загрязнителей из воды.

Удаление загрязнителей с использованием сорбентов происходит за счёт механизмов адсорбции, ионного обмена, комплексообразования и электростатического взаимодействия. Каждый из рассмотренных сорбентов имеет уникальные механизмы взаимодействия с различными загрязняющими веществами. Цеолиты благодаря своей структуре активно обменивают катионы, замещая их ионами загрязнителей. Биоуголь, благодаря функциональным группам на поверхности, эффективно удерживает органические соединения, в том числе микрозагрязнители, такие как фармацевтические препараты, фенолы и ПАВ.

1) Биоуголь — продукт пиролиза органических материалов при ограниченном доступе кислорода (Рис.1). Он обладает уникальной структурой, которая позволяет эффективно адсорбировать тяжелые металлы и органические соединения из воды. Биоуголь характеризуется высокой площадью поверхности, пористостью и способностью

удерживать загрязнители за счет физических и химических взаимодействий.

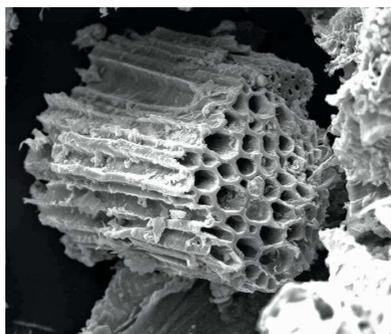


Рис. 1 Структура биоугля

2) Цеолит представляет собой алюмосиликат природного происхождения с уникальной кристаллической структурой (Рис. 2), которая позволяет ему избирательно адсорбировать ионы тяжелых металлов. Его адсорбционные свойства связаны с наличием большого количества микропор и каналов, которые обеспечивают высокую сорбционную емкость и селективность.

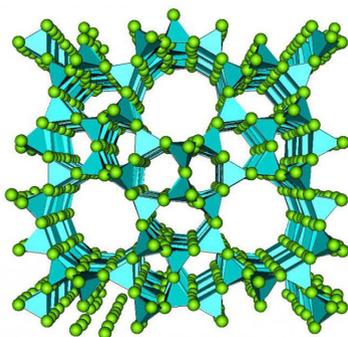


Рис. 2 Кристаллическая структура цеолита

3) Клиноптилолит – это природный цеолит, который отличается повышенной стабильностью и эффективностью при удалении как тяжелых металлов, так и микрозагрязнителей, таких как пестициды и фармацевтические вещества (Рис. 3). Этот минерал часто применяется в системах очистки питьевой воды благодаря устойчивости к кислотам и щелочам, низкой стоимости и доступности.

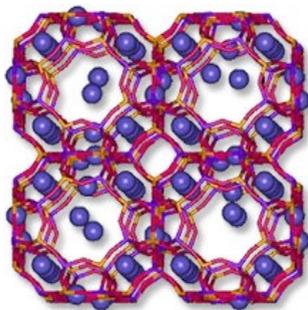


Рис. 3 Кристаллическая структура клиноптилолита

Были проведены лабораторные испытания по оценке эффективности удаления ионов свинца, кадмия и цинка. Экспериментальные исследования показали, что при концентрации загрязнителей — 50 мг/л, условия pH=6,5 и времени контакта 60 минут степень удаления тяжелых металлов при использовании биоугля, цеолита и клиноптилолита (Табл.). Также исследовалась возможность регенерации сорбентов с помощью растворов NaCl и HCl, показавшая, что сорбенты могут использоваться повторно без значительной потери эффективности.

Таблица - Эффективность удаления ионов тяжёлых металлов природными сорбентами при лабораторных испытаниях

Сорбент	Pb ²⁺ (удаление, %)	Cd ²⁺ (удаление, %)	Zn ²⁺ (удаление, %)
Биоуголь	85,2%	82,4%	78,9%
Цеолит	92,1%	88,7%	85,5%
Клиноптилолит	94,3%	89,8%	87,2%

Эти данные подтверждают перспективность применения данных материалов в промышленном и бытовом водоочистном оборудовании.

Использование природных сорбентов, такие как биоуголь, цеолит и клиноптилолит, обладает высоким потенциалом в технологии водоочистки от тяжелых металлов и микрозагрязнителей. Их использование позволяет создать эффективные, доступные и экологически безопасные системы очистки воды, что особенно важно в условиях ограниченных ресурсов и возрастающих экологических требований. Дальнейшие исследования в данной области позволят оптимизировать технологические параметры и повысить эффективность очистки для применения в централизованных и автономных системах водоочистки.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Алифанова А.И. Контроль качества воды: учебное пособие / А.И. Алифанова. – Белгород: Изд-во БГТУ, 2018. – 103 с.
2. Губайдуллина А.М. Очистка сточных вод от тяжелых металлов / А.М. Губайдуллина. – Казань: Изд-во КГУ, 2017. – 120 с.
3. Кутепов А.М. Природные сорбенты и их применение в водоочистке. — М.: Наука, 2020.
4. Смирнова Л.А. Использование цеолитов в водоочистке / Л.А. Смирнова. – М.: Химия, 2015. – 230 с.
5. Рябов В.Ю., Куликов В.С. Цеолиты и клиноптилолит: структура и свойства. — СПб.: Химия, 2019.
6. Ahmad M. et al. Biochar as a sorbent for contaminant management in soil and water //Chemosphere. – 2014. – Vol. 99. – P. 19-33.
7. Wang S., Peng Y. Natural zeolites as effective adsorbents in water and wastewater treatment. — Chemical Engineering Journal, 2010.

УДК 614.88

Боровых Н.П.

*Научный руководитель: Саввин Н.Ю., канд. техн. наук., доц.
Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

ОТОПЛЕНИЕ, ОСНОВАННОЕ НА ЭЛЕКТРИЧЕСТВЕ

Нынешняя ситуация, характеризующаяся постоянным ростом затрат на энергоресурсы и ужесточением экологических норм для систем отопления, вынуждает искать оптимальные решения для обогрева помещений. В этом контексте электрическое отопление выступает как достойная альтернатива традиционным методам, таким как использование газа, угля или дров [1].

Современная тенденция такова, что всё больше частных домов оснащаются именно электрическими системами обогрева. Это объясняется тем, что первоначальные расходы на установку электроотопления примерно в три раза ниже, чем затраты на проектирование и монтаж газоснабжения, особенно если дом находится вне газифицированной сети.

Основная цель данного исследования – всесторонне проанализировать плюсы и минусы электрического отопления с позиций его эффективности, экономической выгоды и воздействия на окружающую среду. Внимание уделяется как принципам работы и

разновидностям таких систем, так и специфическим факторам, определяющим выбор данного решения для различных объектов.

Работа электрических систем отопления основана на преобразовании электрической энергии в тепло посредством сопротивления материалов. При прохождении тока электроны сталкиваются с атомами и молекулами, вызывая их нагрев, после чего выделившееся тепло распределяется по помещению с помощью радиаторов, конвекторов или инфракрасных панелей в зависимости от применяемой технологии.

Эффективность этих систем напрямую определяется организацией распределения тепла и уровнем интеграции средств управления – таких как термостаты и датчики температуры, которые помогают оптимизировать работу системы и поддерживать равномерное обогревание помещений [3].

Классификация электроотопительных систем может производиться как по принципу их функционирования, так и по конструктивным особенностям. Одним из вариантов являются системы на базе резистивных элементов, которые при прохождении тока нагреваются и превращают электроэнергию в тепло. Эти системы характеризуются простотой установки и эксплуатации, хотя и уступают по энергоэффективности.

Другой вариант – инфракрасное отопление, которое не нагревает воздух напрямую, а воздействует на поверхности предметов в помещении. Эти поверхности затем отдают накопленное тепло при охлаждении, что обеспечивает более равномерное распределение температуры и снижает потери энергии, связанные с конвекционными потоками. К тому же, инфракрасные панели можно смело размещать на стенах или потолке, что позволяет существенно экономить пространство.

Также стоит отметить применение тепловых насосов, которые используют электроэнергию для извлечения тепла из окружающей среды – будь то воздух, грунт или вода – и переноса его в помещение. В условиях умеренного климата такие системы зачастую оказываются энергоэффективнее традиционных электрических методов. Кроме того, тепловые насосы способны не только обогревать, но и охлаждать помещение, что делает их универсальным решением для создания комфортного микроклимата [2].

При выборе и установке электрических систем отопления необходимо учитывать множество нюансов. Простота монтажа и возможность установки в разнообразных зданиях без проведения сложных инженерных работ являются существенными

преимуществами, однако строгое соблюдение норм электробезопасности требует привлечения квалифицированных специалистов для правильного подключения системы.

Для бесперебойной и безопасной эксплуатации электроотопления важно регулярно выполнять техническое обслуживание, которое включает проверку электрических соединений, состояния изоляции и функционирования защитных устройств, таких как предохранители и автоматические выключатели. Такой подход позволяет минимизировать риск коротких замыканий и перегрузок, которые могут привести к аварийным ситуациям или пожарам.

Интеграция электроотопительных систем с технологиями «умного дома» открывает новые горизонты для повышения удобства и энергоэффективности. Благодаря автоматизации можно установить оптимальные режимы работы отопления с помощью датчиков и контроллеров, отслеживающих температуру, влажность и другие параметры в реальном времени. Система способна самостоятельно регулировать обогрев: снижать температуру в отсутствие жильцов и, наоборот, поднимать ее до комфортного уровня перед их возвращением.

При оценке всех плюсов и минусов электрического отопления для конкретного объекта необходимо учитывать климатические условия региона. В зонах с умеренным или холодным климатом такой метод может оказаться весьма эффективным, тогда как в условиях экстремального холода потребуется больше энергии для поддержания комфортной температуры, что повлияет на экономическую составляющую.

Характеристики здания, включая его площадь, назначение и качество теплоизоляции, являются немаловажными факторами. Для объектов с хорошей теплоизоляцией могут быть достаточны системы меньшей мощности, в то время как для плохо изолированных зданий потребуются более мощные решения. Кроме того, специфика помещения – будь то жильё, офис, производственное или складское помещение – играет ключевую роль в определении необходимых параметров работы системы.

Кроме того, перед принятием решения об установке электрического отопления следует провести анализ затрат на электроэнергию в сравнении с другими видами отопления для конкретного региона [5]. Иногда альтернативные источники тепла могут оказаться более экономически оправданными.

С точки зрения экологии, электрическое отопление зачастую рассматривается как более чистый вариант по сравнению с системами, работающими на ископаемом топливе, поскольку в процессе его работы

отсутствуют прямые выбросы загрязняющих веществ в атмосферу. Однако необходимо учитывать и источник электроэнергии: если она производится сжиганием угля или других ископаемых топлив, общий экологический эффект может оказаться менее значимым.

Таким образом, электрические системы отопления представляют собой перспективное решение для обогрева зданий, обладая рядом достоинств, таких как универсальность, простота установки и возможность интеграции с системами «умного дома». Тем не менее, выбор данного метода должен основываться на учёте климатических зон, характеристик здания, стоимости электроэнергии и экологических аспектов. Для достижения наилучших результатов требуется комплексное изучение всех влияющих факторов, а также анализ возможности использования возобновляемых источников энергии для питания системы [4].

Рассмотрим примеры успешного применения электрического отопления. Электрическое отопление успешно применяется в различных условиях, особенно там, где газификация невозможна или экономически нецелесообразна. Вот несколько примеров:

Частные дома в удалённых районах. В регионах, где нет доступа к газу, электрическое отопление становится оптимальным решением. Например, в скандинавских странах широко используются инфракрасные панели и тепловые насосы, позволяющие эффективно обогревать дома даже в суровых климатических условиях.

Квартиры в многоквартирных домах. В современных жилых комплексах часто устанавливают электрические системы отопления, особенно в домах с хорошей теплоизоляцией. Это позволяет жильцам индивидуально регулировать температуру и снижать затраты на отопление.

Коммерческие и офисные здания. В офисах и торговых центрах электрическое отопление используется для поддержания комфортной температуры без необходимости прокладывать сложные системы трубопроводов. Например, в Европе популярны системы на основе электрических конвекторов и «тёплого пола», которые легко интегрируются в интерьер и позволяют гибко управлять температурным режимом.

Энергоэффективные дома и «умные» здания. В проектах «умных домов» электрическое отопление интегрируется с системами автоматического управления, позволяя оптимизировать энергопотребление и снижать затраты. Такие дома часто оборудованы интеллектуальными системами мониторинга, которые анализируют

погодные условия, уровень влажности и присутствие жильцов для оптимизации работы отопительной системы.

Эти примеры демонстрируют, что электрическое отопление может быть эффективным и удобным решением, способным удовлетворить разнообразные потребности, от частного жилищного строительства до крупных коммерческих объектов.

Современные тенденции в области электрического отопления связаны с возрастанием роли возобновляемых источников энергии и интеграцией с цифровыми технологиями. Ключевыми направлениями являются:

Интеграция с возобновляемыми источниками энергии. Использование солнечных панелей, ветряных турбин и аккумуляторов позволяет делать электрическое отопление ещё более экологичным и снижать эксплуатационные расходы. Это направление особенно актуально в условиях глобального перехода на чистую энергию.

Развитие систем «умного дома». Интеллектуальные системы управления позволяют автоматизировать работу отопления, экономя энергию и адаптируясь к изменяющимся условиям. Такие системы способны анализировать данные с датчиков, корректировать температуру в зависимости от присутствия людей и даже прогнозировать энергопотребление.

Совершенствование теплоизоляционных материалов. Новые технологии в области строительства позволяют значительно снизить потери тепла, что в свою очередь повышает эффективность как электрических, так и других видов отопления.

Применение искусственного интеллекта. ИИ и машинное обучение используются для оптимизации схем распределения тепла и управления энергопотреблением, что позволяет не только повысить комфорт, но и существенно сократить затраты на отопление.

Электрическое отопление является перспективным решением для создания комфортного микроклимата в различных типах зданий. Его преимущества – простота установки, гибкость настройки, возможность интеграции с системами «умного дома» и потенциал использования возобновляемых источников энергии – делают его привлекательным выбором в условиях стремительного изменения энергетических и экологических стандартов. Однако для принятия окончательного решения необходимо учитывать региональные климатические особенности, качество теплоизоляции здания и стоимость электроэнергии.

Таким образом, комплексный анализ всех факторов позволяет подобрать оптимальную систему отопления, отвечающую как

экономическим требованиям, так и современным экологическим нормам.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Интенсифицированный пластинчатый теплообменный аппарат в системах теплоснабжения ЖКХ РФ / Л. А. Кушев, В. А. Уваров, Н. Ю. Саввин, С. В. Чуйкин // Научный журнал строительства и архитектуры. – 2021. – № 2(62). – С. 60-69. – DOI 10.36622/VSTU.2021.62.2.004. – EDN QPAKQJ.

2. Моделирование теплообменного процесса в пластинчатом аппарате / Л. А. Кушев, В. Н. Мелькумов, В. П. Воронов, Н. Ю. Саввин // Научный журнал строительства и архитектуры. – 2023. – № 2(70). – С. 32-46. – DOI 10.36622/VSTU.2023.70.2.003. – EDN EGEVHM.

3. Саввин, Н. Ю. Теплотехнические и гидродинамические исследования модифицированного пластинчатого теплообменника / Н. Ю. Саввин, Л. А. Кушев // Научный журнал. Инженерные системы и сооружения. – 2023. – № 2(52). – С. 13-21. – EDN AAAGYP.

4. Kushchev, L. A. Computer simulation of flow in corrugated channel of plate heat exchanger / L. A. Kushchev, V. N. Melkumov, N. Yu. Savvin // Russian Journal of Building Construction and Architecture. – 2021. – N 1(49). – С. 45-53. – DOI 10.36622/VSTU.2021.49.1.004. – EDN DDAZYЕ.

5. Simulation of heat Carrier Motion in Tubular Heating Radiators / L. A. Kushchev, V. N. Melkumov, N. Yu. Savvin, V. V. Chuiko // Russian Journal of Building Construction and Architecture. – 2023. – N. 2(58). – С. 25-33.

УДК 621.565.954.6

Брежнев Д.А.

*Научный руководитель: Сулов Д.Ю., д-р техн. наук, проф.
Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

МОДЕРНИЗАЦИЯ ТЕПЛООБМЕННОГО КОЖУХОТРУБНОГО ЗМЕЕВИКОВОГО АППАРАТА ИЗМЕНЕНИЕМ ГЕОМЕТРИИ ВЫТЕСНИТЕЛЯ И ТРУБОК ЗМЕЕВИКА

Статья посвящена актуальной проблеме повышения эффективности кожухотрубных змеевиковых теплообменников, широко применяемых в теплоэнергетике, химической промышленности и жилищно-коммунальном хозяйстве. Модернизация кожухотрубных

змеевиковых теплообменников с вытеснителем должна проводиться комплексно, учитывая несколько ключевых аспектов, влияющих на эффективность работы оборудования.

Существуют следующие методы проведения качественной модернизации теплообменных аппаратов со змеевиком:

1. Улучшение геометрии трубок: один из эффективных способов модернизации заключается в изменении формы и размеров трубок. Использование профилированных или оребренных труб позволяет увеличить площадь теплообмена и улучшить распределение потока среды, что приводит к повышению общей эффективности аппарата.

2. Оптимизация конструкции вытеснителя: применение современных материалов и технологий обработки может повысить срок службы механизма и уменьшить потери энергии на трение. Дополнительно стоит рассмотреть варианты изменения скорости перемещения вытеснителя для достижения оптимального режима работы.

3. Автоматизация управления процессом: установка автоматизированных систем регулирования позволяет поддерживать оптимальные параметры работы теплообменника независимо от внешних факторов. Современные контроллеры способны автоматически регулировать скорость вращения вытеснителя, температуру и давление среды, адаптируясь к изменяющимся условиям эксплуатации.

4. Повышение качества теплоизоляции: улучшенная изоляция кожуха теплообменника помогает минимизировать потери тепла через стенки и сохранить больше энергии внутри рабочего объема. Новые материалы изоляции позволяют добиться значительного снижения потерь тепла и повышения энергоэффективности.

5. Обновление систем очистки: Регулярная очистка внутренних поверхностей трубок необходима для поддержания высоких показателей теплопередачи. Модернизированные методы очистки (например, ультразвуковая обработка) помогут продлить период эффективной работы до следующей процедуры промывки.

В качестве прототипа был выбран теплообменный аппарат модели Secespol H0 K FF.PRO.TH арт. 0108-0005 (Польша) (рис. 1). Выбранный теплообменный аппарат создан для того, чтобы отвечать требованиям самых малых промышленных установок, а также тепловых узлов, в которых по разным причинам (например, из-за высоких загрязнений или агрессивной среды) невозможно применение пластинчатых теплообменников.

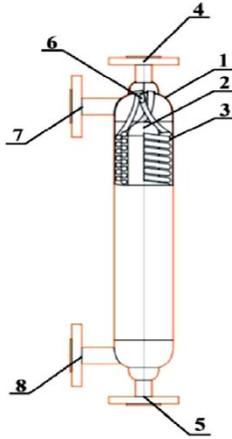


Рис. 1. Кожухотрубный теплообменный аппарат со змеевиком:

1 – цилиндрический кожух; 2 – вытеснитель; 3 – змеевик; 4, 5 – патрубки подвода теплоносителя греющего контура; 6 – каналы; 7, 8 – патрубки подвода теплоносителя нагреваемого контура

В то же время, данный теплообменник имеет ряд недостатков, основным из которых является низкая степень турбулизации теплоносителя в нагреваемом контуре. Целью модернизации является устранение этого недостатка путём изменения внутренней конструкции.

Автором предлагается новая конструктивная схема, предусматривающая применение двух модификаций: полусферических лунок на трубках греющего теплоносителя и сеть продольно-поперечных каналов на вытеснителе теплообменного кожухотрубного змеевикового аппарата.

В качестве изменения, в конструкцию змеевика, были нанесены полусферические лунки на поверхность трубок. Внедрив данное усовершенствование, модернизацией будут достигнуты следующие преимущества:

1. **Турбулизация потока.** Полусферические лунки создают завихрения в потоке жидкости или газа, проходящего через трубы. Эти завихрения увеличивают перемешивание среды, улучшая контакт частиц с поверхностью теплообмена, что ведет к увеличению коэффициента теплопередачи.

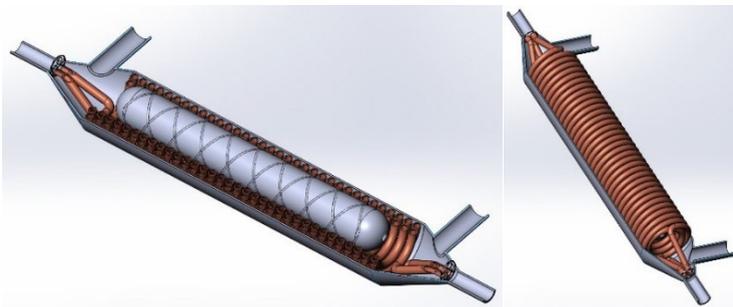
2. **Замедленное образование налёта.** Турбулизаторы способствуют снятию застойных зон вблизи стенок трубок, предотвращая скопление осадков и снижая риск засорения каналов. Более чистый теплообменник работает эффективнее и дольше

сохраняет первоначальную производительность.

3. Простота исполнения. Технология механической обработки металлических поверхностей уже достаточно развита; изготовление трубок с такими лунками вполне реализуемо промышленными методами.

Нанесение сети продольно-поперечных каналов на поверхности вытеснителя является концептуально новым, уникальным решением. Эта концепция предлагает еще один шаг вперед в повышении интенсивности теплообмена посредством организации направленных движений жидкости. Вытеснитель с сетью полуцилиндрических каналов создаст уникальную структуру, позволяющую управлять движением среды и усилить ее взаимодействие с поверхностями (рис. 2). Такая структура способна генерировать множественные слои взаимодействия, усиливая турбулизацию и увеличивая зону эффективного теплообмена.

Вытеснитель с сетью полуцилиндрических каналов создаст уникальную структуру, позволяющую управлять движением среды и усиливать ее взаимодействие с поверхностями. Такая структура способна генерировать множественные слои взаимодействия, усиливая турбулизацию и увеличивая зону эффективного теплообмена.



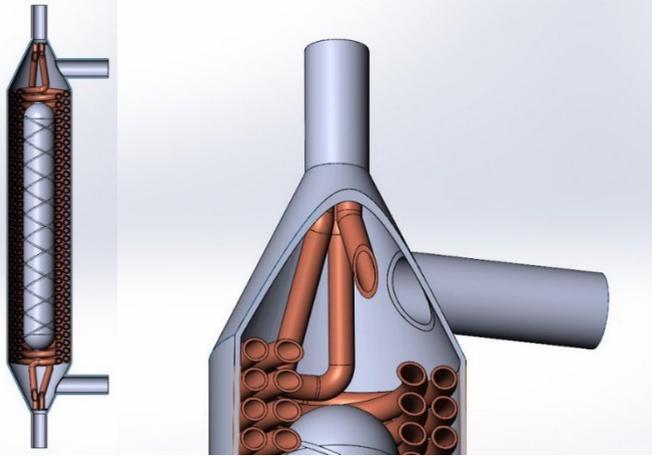


Рис. 2. Кожухотрубный теплообменный аппарат со змеевиком, выполненный с вытеснителем, имеющим сеть продольно-поперечных полуцилиндрических каналов.

Данное решение имеет одновременно как ряд преимуществ, так и сложности с возможными рисками, связанными с реализацией данной модификации. Из достоинств выбранной модернизации можно выделить следующее:

1. **Индукция дополнительных течений:** каналы, расположенные под определенным углом относительно основного направления движения среды, вызовут поперечные сдвиги и усиление циркуляции, улучшив массообмен и теплоперенос. Дополнительно возникающие возмущения могут провоцировать переход ламинарного течения в турбулентное.

2. **Формирование развитых турбулентных структур:** за счет разделения потока на множество мини-каналов создается дополнительный источник генерации турбулентности, усиливающий перенос тепла от центра канала к стенке.

3. **Возможность индивидуальной адаптации:** форма и ориентация каналов могут быть настроены специально для каждого конкретного случая, что обеспечит максимально возможную эффективность в заданных условиях.

Модель теплообменного аппарата с потенциальными, для реализации, модернизациями (полусферические лунки на трубках греющего теплоносителя и вытеснитель с сетью продольно-поперечных полуцилиндрических каналов), построена в среде программного обеспечения SolidWorks для дальнейшей CFD- симуляции в целях

проведения теоретического анализа и численного моделирования перед изготовлением опытного образца.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Кущев, Л.А. Моделирование механизма теплообмена в кожухотрубном змеевиковом теплообменнике / Л. А. Кущев, В. Н. Мелькумов, И. В. Крюков, Д. А. Брежнев // Научный журнал строительства и архитектуры. – 2024. – № 1(73). – С. 24-33.

2. Крутова, И. А. Компьютерное моделирование гидродинамики и теплообмена в конических змеевиковых теплообменниках типа «труба в трубе» / И. А. Крутова, Я. Д. Золотоносков // Известия КазГАСУ. — 2020. — № 3 (53). — С. 65-72.

3. Кущев, Л. А. Экспериментальное исследование теплотехнических параметров кожухотрубного теплообменного аппарата со спиральным змеевиковым / Л. А. Кущев, В. А. Уваров, И. В. Крюков, Д. А. Брежнев // Вестник БГТУ им. В. Г. Шухова. — 2023. — № 11. — С. 54—63.

4. Брежнев, Д. А. Способы интенсификации тепловых процессов в спиральных теплообменниках / Д. А. Брежнев, Н. Ю. Саввин, Н. Д. Бычкова // Наука. Технологии. Инновации: сб. науч. тр. XVI Всерос. науч. конф. молодых ученых, Новосибирск, 05—08 декабря 2022 г. — Новосибирск: НГТУ, 2022. — С. 179—182.

5. Нащокин, В. В. Техническая термодинамика и теплопередача / В. В. Нащокин. — М.: Высш. шк., 1975. — 497 с.

УДК 629.3.016

Гусев А.С., Швыденкова А.В.

Научный руководитель: Ткачев В.К., канд. техн. наук, доц.

Самарский государственный технический университет, г. Самара, Россия

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММЫ РАСЧЁТА ТЕХНИКО- ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПРИ МОДЕРНИЗАЦИИ ТЭЦ

В современных условиях повышения требований к эффективности функционирования энергетических объектов, ключевым инструментом при принятии решений, связанных с модернизацией и строительством электростанций и расчётами теплотехнического оборудования, становится экономический анализ. Несмотря на актуальность задачи, в настоящее время в отрасли широко применяются устаревшие методики,

ручные расчёты, а также универсальные программные средства, такие как Microsoft Excel, которые не учитывают специфику энергетической отрасли и не обеспечивают достаточную точность и скорость проведения анализа.

Кроме того, зачастую применяются зарубежные специализированные программные продукты, доступ к которым оказался ограничен или полностью утрачен в связи с санкционными мерами и уходом иностранных компаний с российского рынка. Это создаёт дополнительную потребность в разработке отечественных решений, адаптированных к условиям и нормативной базе Российской Федерации.

Целью данной работы является разработка специализированного программного обеспечения, ориентированного на проведение экономического анализа энергетических проектов, в частности проектов по модернизации теплоэлектростанций (ТЭЦ). Предлагаемое решение должно обеспечивать высокую точность расчётов, сокращение времени их выполнения и удобство использования. Также оно должно быть доступным с финансовой точки зрения для студентов, начинающих специалистов и небольших организаций, которым зачастую недоступны коммерческие лицензии дорогостоящего программного обеспечения.

В рамках работы реализуется технология автоматизированного технико-экономического моделирования, основанная на последовательной обработке исходных данных и алгоритмическом расчёте ключевых экономических показателей. Архитектура программного продукта модульная, что позволяет адаптировать его под различные пользовательские задачи, а также обеспечивает гибкость и высокую производительность. Важным отличием является наличие мобильной версии (Рис. 1), что расширяет возможности оперативного доступа к расчетам без привязки к стационарным устройствам.



Рис. 1. Интерфейс приложения «Профит Плюс»

Сегодня при выполнении экономического анализа проектов модернизации ТЭЦ специалистам необходимо вручную выполнять последовательный расчёт, включающий четыре этапа. Предлагаемое программное обеспечение автоматизирует данный процесс, формируя готовые аналитические документы, пригодные для представления инвесторам, формирования отчётности или проведения последующего анализа. Благодаря интуитивно понятному интерфейсу, приложение может быть эффективно использовано как опытными специалистами, так и начинающими пользователями. Для получения расчёта пользователю достаточно ввести исходные параметры, включая данные из нормативных документов и каталогов оборудования.

Первый этап расчёта включает определение объёмов дополнительно генерируемой тепловой и электрической энергии. Входными параметрами на данном этапе выступают: номинальная тепловая и электрическая мощность устанавливаемого оборудования, коэффициент собственных нужд, а также число часов его использования в течение расчётного периода (Рис. 2).

На втором этапе производится определение годовых эксплуатационных затрат, включая расходы на топливо, оплату труда, амортизацию, ремонт и техническое обслуживание оборудования. При этом учитываются значения, полученные на первом этапе, а также штатный коэффициент, средняя норма амортизации и объём капитальных вложений.

Третий этап включает расчёт себестоимости дополнительной тепловой и электрической энергии. На этом этапе используются данные об удельных затратах топлива, объёмах производства энергии и суммарных эксплуатационных расходах.

На завершающем, четвёртом этапе, осуществляется определение ключевых экономических показателей эффективности проекта: срока окупаемости, рентабельности инвестиций, чистого дисконтированного денежного потока и внутренней нормы доходности. Эти показатели позволяют оценить целесообразность и экономическую обоснованность проекта модернизации.

```

113 <div class="container">
114 <h1>Расчет Дополнительного Отпуска Тепла и Электроэнергии</h1>
115
116 <label for="delta_Ne">Дополнительная установленная электрическая мощность ( $\Delta N_{э}$ , МВт):</label>
117 <input type="number" id="delta_Ne" name="delta_Ne" value="218.3">
118
119 <label for="he">Число часов использования доп. электрической мощности ( $h_{э}$ , ч/год):</label>
120 <input type="number" id="he" name="he" value="5000">
121
122 <label for="alpha_sne">Коэффициент собственных нужд (электроэнергия,  $\alpha_{сн^э}$ ):</label>
123 <input type="number" id="alpha_sne" name="alpha_sne" value="0.05">
124
125 <label for="delta_Qt">Увеличение установленной тепловой мощности ( $\Delta Q_{Т}$ , Гкал/ч):</label>
126 <input type="number" id="delta_Qt" name="delta_Qt" value="90">
127
128 <label for="ht">Число часов использования доп. тепловой мощности ( $h_{Т}$ , ч/год):</label>
129 <input type="number" id="ht" name="ht" value="4790">
130
131 <label for="alpha_snt">Коэффициент собственных нужд (тепло,  $\alpha_{сн^т}$ ):</label>
132 <input type="number" id="alpha_snt" name="alpha_snt" value="0.03">
133
134 <button onclick="calculate()">Расчитать</button>
135
136 <div id="result"></div>
137
138 <button id="downloadButton" onclick="downloadResults()" disabled="true">Скачать результаты</button>
139 </div>
140
141 <script>
142 let resultsData = null;
143
144 function calculate() {
145 let delta_Ne = parseFloat(document.getElementById("delta_Ne").value);
146 let he = parseFloat(document.getElementById("he").value);
147 let alpha_sne = parseFloat(document.getElementById("alpha_sne").value);
148 let delta_Qt = parseFloat(document.getElementById("delta_Qt").value);
149 let ht = parseFloat(document.getElementById("ht").value);
150 let alpha_snt = parseFloat(document.getElementById("alpha_snt").value);
151
152 // Расчеты
153 let delta_Evyр = delta_Ne * 1000 * he; // кВт*ч/год
154 let delta_Eотп = delta_Evyр * (1 - alpha_sne);
155 let delta_Qvyр = delta_Qt * ht;
156 let delta_Qотп = delta_Qvyр * (1 - alpha_snt);
157
158 let resultDiv = document.getElementById("result");
159 resultDiv.innerHTML = `
160 <p><strong>Дополнительная годовая выработка электроэнергии ( $\Delta Э_{выр}$ ):</strong> ${delta_Evyр.toLocaleStr}
161 <p><strong>Дополнительный годовой отпуск электроэнергии ( $\Delta Э_{отп}$ ):</strong> ${delta_Eотп.toLocaleStr}
162 <p><strong>Дополнительная годовая выработка тепла ( $\Delta Q_{выр}$ ):</strong> ${delta_Qvyр.toLocaleStr}
163 <p><strong>Дополнительный отпуск тепла в год ( $\Delta Q_{отп}$ ):</strong> ${delta_Qотп.toLocaleStr}</p>
164 `;
165

```

Рис. 2. Структура HTML-документа разрабатываемого приложения

Особую значимость проект приобретает в образовательной среде. Программное обеспечение может быть использовано в учебном процессе для практического обучения студентов и молодых специалистов основам инвестиционного планирования в энергетике. Работа с реальными расчетами формирует понимание структуры и логики экономического анализа, подготавливая будущих профессионалов к практической деятельности.

Разработка осуществляется как полностью отечественное решение, что обеспечивает технологическую независимость и возможность включения в реестр российского программного обеспечения. Это в свою очередь повышает гибкость при внедрении продукта в государственные и муниципальные учреждения, а также соответствует курсу на импортозамещение.

Приложение «Профит Плюс» (Рис. 1) представляет собой эффективный инструмент - доступный, интуитивно понятный и адаптированный к российской энергетике программный продукт, объединяющий автоматизацию сложных расчетов, соответствие отраслевым стандартам и возможность использования широким кругом пользователей — от студентов до инженеров-практиков.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Бирман, Г. Экономический анализ инвестиционных проектов: пер. с англ. / Г. Бирман, С. Шмитд. – М.: Банки и биржи, ЮНИТИ, 2003.
2. Денисов, И. Н. Оценка экономической эффективности реальных инвестиций в энергетике: учеб.-метод. пособ. / И. Н. Денисов, В. Д. Кузнецов. – Самара: Самар. гос. техн. ун-т, 2004. – 58 с.
3. Бирман, Г. Экономический анализ инвестиционных проектов: пер. с англ. / Г. Бирман, С. Шмитд. – М.: Банки и биржи, ЮНИТИ, 2003.

УДК 697:004.946:620.9

Ильин М.А.

Научный руководитель: Яськова Т.И., канд. геогр. наук
Смоленский филиал Российского экономического университета
им. Г.В. Плеханова, г. Смоленск, Россия

ВЛИЯНИЕ ЦИФРОВИЗАЦИИ НА ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ ЗДАНИЙ И ИНЖЕНЕРНЫХ СИСТЕМ

В эпоху устойчивого экономического подъема и роста числа жителей планеты потребление энергоресурсов неуклонно возрастает, включая сферу строительства. Согласно отчетам Международного энергетического агентства, здания занимают значительную долю глобального использования энергии относительно городской среды – примерно 40%, а также треть всех выбросов CO₂, составляющую 36%. Увеличение энергетической эффективности жилищ приобретает первостепенное значение для обеспечения устойчивого прогресса и минимизации экологических последствий. Глобальные цели экологии, зафиксированные в международных договорах вроде Парижского соглашения, настоятельно требуют от государств активных мер по снижению уровня выбросов парниковых газов [1].

Быстрое развитие цифровой сферы предоставляет уникальные шансы значительно улучшить энергетическую эффективность сооружений и инфраструктурных сетей. Использование крупных

массивов информации (Big Data) и устройств интернет вещей (IoT) обеспечивает сбор, анализ и оперативное использование данных о расходах энергии, что способствует улучшению функционирования инженерной инфраструктуры, выявлению нерационального потребления ресурсов и принятию взвешенных мер по экономии энергоресурсов.

Основываясь на вышеизложенном, данная статья ставит своей задачей исследование воздействия процессов цифровой трансформации, включая использование больших объемов информации (Big Data) и технологий IoT, на энергосбережение в зданиях и на инженерные коммуникации.

В разных сферах контроля за потреблением энергии зданиями активно используются цифровые решения, направленные на улучшение энергетической эффективности.

Как пишет в своей работе «Строительные энергоэффективные и ресурсосберегающие технологии» Абрамян С.Г., - системы интеллектуального контроля за зданиями (BMS/BAS) позволяют оптимизировать функционирование технических компонентов, таких как отопительные установки, вентиляционные устройства, климат-контроль, световое оборудование и энергоснабжение, обеспечивая их адаптацию под текущие обстоятельства и требования [4]. Средства контроля за расходом энергии непрерывно собирают и исследуют информацию об использовании ресурсов, обеспечивая обнаружение нерационального использования и отклонений в энергетических показателях. Прогнозирование потребления энергии осуществляется благодаря применению методов искусственного интеллекта и статистики, позволяющих выявлять потенциальные неполадки и заблаговременно предпринимать защитные действия [4].

Абрамян С.Г. пишет: «Система автоматического реагирования на спрос помогает уменьшать нагрузку на электролинии во время пиков потребления за счет автоматической корректировки использования энергии в помещении по сигналам от поставщиков электроэнергии» [4].

Интеллектуальные приборы учета и программно-аппаратные комплексы управления оплатой позволяют пользователям отслеживать свое энергопотребление онлайн и облегчают процедуру формирования счетов [4].

Моделирование зданий в цифровом формате (BIM) обеспечивает возможность анализа и повышения энергетической эффективности объекта на стадии планирования за счет применения оптимальных архитектурных и инженерных решений [4].

Совокупность интеллектуальных технологий, включая автоматизацию спроса, продвинутый анализ данных и применение BIM, способствует существенному снижению потребления энергии, улучшению условий проживания и экономии средств на ресурсоснабжение.

Использование данных инноваций предполагает всесторонний анализ особенностей строения и запросов жильцов; тем не менее возможности значительного улучшения энергосбережения и экологической стойкости объектов весьма значительны. Далее мы рассмотрим основные законодательные акты, направленные на оптимизацию энергопотребления, усиление энергетической эффективности и внедрение цифровой инфраструктуры в сфере строительства и управления зданиями.

Основным документом выступает ФЗ от 23.11.2009 № 261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации». Основные аспекты, регулируемые законом: установление юридических, финансовых и управленческих принципов поощрения экономии энергии и увеличения её эффективности [2]. Стандарты энергоэффективности для новых и модернизированных объектов включают нормы потребления энергии и теплоизоляции [2]. Стимулирующие меры по экономии энергии включают снижение налоговых обязательств, соглашения об энергетической эффективности, стандарты для энергонасыщенного оборудования и образовательные программы [2].

Основой внедрения передовых технологий в строительную отрасль служат нормы, определяющие стандарты энергосбережения для материалов и техники.

Чтобы полностью реализовать возможности энергоэффективных инноваций, важно принимать во внимание законодательные нормы, касающиеся внедрения цифровой инфраструктуры в процессе строительства и функционирования сооружений.

Основной нормативный акт данной сферы представлен ФЗ № 149 от 27 июля 2006 года «О защите данных в информационных системах и обеспечении конфиденциальности», который определяет основные принципы применения современных технологических средств обработки информации. В документе указываются ключевые пути совершенствования IT-сферы на национальном уровне [3]. Соответствующие регламенты определяют правила использования BIM-методологий в сфере строительства, формулируя стандарты для формирования моделей.

Рекомендации и нормы защиты данных в сфере Интернета вещей направлены на обеспечение надежного функционирования подобных устройств внутри помещений.

По словам Абрамяна С.Г., «Важно оценить влияние законодательных норм на развитие цифровой инфраструктуры в области энергоэффективности путем изучения их воздействия на продвижение или сдерживание инноваций» [4]. Исследование указывает: влияние стимулов и ограничений на текущие правовые документы по энергоэффективности способствует внедрению цифровых инноваций; однако недостаточная регламентация применения таких технологий может замедлить их развитие. Законодательные пробелы, такие как неопределенность правил работы с BIM и норм защиты данных IoT, становятся барьером.

Необходимо разработать регламентирующие документы для BIM и защиты данных в сфере IoT, а также активизировать использование современных технологий. Для иллюстрации успеха цифровой трансформации в области энергоэффективности строений давайте рассмотрим практический случай эффективного использования энергоэффективности строения. В различных отечественных и международных инициативах широко применяются умные платформы для управления зданиями, технологии отслеживания энергетических затрат и прочие инновационные подходы. Исследование итогов данных инициатив демонстрирует существенное уменьшение потребления энергии, рост рациональности ресурсопользования и увеличение уровня удобства для потребителей.

Применение умной системы контроля освещения в офисном здании снизило расходы на освещение до 26%. Благодаря системе отслеживания потребления энергии удалось обнаружить потери и нерациональные устройства, что способствовало уменьшению совокупных расходов на электричество на 31,3% [5].

Использование технологий для усовершенствования функционирования тепловой сети в многоквартирном здании привело к уменьшению расхода энергии на обогрев на 48%, обеспечив при этом стабильное теплоснабжение всех помещений [5].

Несмотря на большой потенциал внедрения цифровых решений в области энергоэффективности строений, их массовое применение встречает множество препятствий. Среди ключевых вызовов стоит выделить значительные затраты на внедрение и поддержку цифровых платформ, дефицит экспертов по цифровым технологиям и энергоэффективности, трудности совместимости между разными системами и устройствами, угрозы конфиденциальности информации и

её сохранности, наряду с ограниченным пониманием выгод от использования цифровой инфраструктуры.

Оптимистический прогноз по развитию цифровой трансформации в этой области выглядит особенно многообещающим. Создаются оптимальные предпосылки для расширения и усовершенствования цифровых инициатив в области энергоэффективности строений благодаря инновациям в сферах IoT, анализа больших массивов информации и искусственному интеллекту, снижению цен на цифровые ресурсы и росту их популярности, государственной поддержке и поощрению цифровой трансформации, развитию рынков по предоставлению энергетических услуг и проектам ЭСКО, наряду с ростом осведомленности и интереса к подобным технологиям.

Рекомендуется инициировать государственные меры поддержки и поощрения использования цифровых технологий в контексте энергоэффективности строений, сформировать курсы по переподготовке кадров в данной области, установить нормативные акты и руководства по защите данных, а также усилить информированность населения об актуальных плюсах цифровых инноваций.

Введение данных шагов обеспечит решение текущих трудностей и полное использование возможностей цифровой трансформации для усиления энергосбережения и устойчивого функционирования строений.

Таким образом, значительный вклад цифровой трансформации в улучшение энергетических показателей строений и инфраструктур подтвержден полученными данными.

Использование передовых технологий управления, включая системы контроля за потреблением энергии, прогностическую аналитику, автоматизацию регулирования спроса, современные измерительные приборы и BIM-решения способствуют значительному снижению потребления энергоресурсов, повышению их эффективности и улучшению условий эксплуатации для конечных потребителей.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Парижское соглашение. Принято 22.04.2016 // СПС ЭФПиНТ // [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru> (дата обращения: 21.05.2025).

2. Федеральный закон от 23.11.2009 № 261-ФЗ (ред. от 13.06.2023) «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» // СПС КонсультантПлюс // [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.consultant.ru> (дата обращения: 21.05.2025).

3. Федеральный закон от 27.07.2006 № 149-ФЗ (ред. от 23.11.2024) «Об информации, информационных технологиях и о защите информации» // СПС КонсультантПлюс // [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.consultant.ru> (дата обращения: 21.05.2025).

4. Абрамян, С.Г. Строительные энергоэффективные и ресурсосберегающие технологии: монография // С.Г. Абрамян // [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://book.ru> (дата обращения: 22.05.2025).

5. Международное энергетическое агентство. Официальный сайт 1999 – 2025 [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.iea.org> (дата обращения: 22.05.2025).

УДК 697.94

Киреев В.Е., Гольцов И.Д.

Научный руководитель: Гольцов А.Б. д-р техн. наук, доц.
Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия

КЛАССИФИКАЦИЯ ВОЗДУШНЫХ ЗАТВОРОВ И ПРИМЕНЕНИЕ ИХ В РЕЦИРКУЛЯЦИОННЫХ СИСТЕМАХ

Современные вентиляционные и аспирационные системы требуют высокоэффективного управления воздушными потоками, особенно в условиях промышленных предприятий, где присутствуют пылеобразующие процессы [1]. Одним из ключевых элементов, обеспечивающих направленное движение и изоляцию воздушных масс, являются воздушные затворы. Эти устройства выполняют функции регулирования, герметизации и переключения потоков, особенно в системах с рециркуляцией воздуха. Правильный выбор и применение воздушного затвора напрямую влияют на безопасность, экологичность и экономичность эксплуатации систем [2].

Их основная функция – управление потоком воздуха, его направлением и интенсивностью, а также обеспечение герметичности в системах, где требуется предотвращение проникновения внешних воздушных масс или загрязненного воздуха в помещение [3]. В зависимости от специфики применения и принципа работы воздушные затворы могут классифицироваться по нескольким признакам.

По принципу работы:

- Механические воздушные затворы: Эти затворы работают на основе механических устройств, таких как заслонки, вентиляторы или лопасти, которые изменяют свой угол наклона или положение в

зависимости от давления и температуры в системе. Механические затворы могут быть как вручную управляемыми, так и автоматическими.

- Электрические воздушные затворы: В этом случае управление затвором осуществляется с помощью электродвигателей или электромагнитных устройств. Такие затворы могут иметь электронные датчики, которые реагируют на изменения параметров воздушного потока и автоматически регулируют работу устройства.

По области применения. Воздушные затворы могут классифицироваться в зависимости от сферы их использования. Основные группы:

- Вентиляционные затворы: Эти устройства используются в системах вентиляции для регулирования потока воздуха. Они могут быть установлены в различных частях вентиляционной системы, таких как воздуховоды или каналы.

- Затворы для отопительных систем: В данном случае воздушные затворы используются для управления воздушными потоками в отопительных установках и котельных. Они могут применяться для регулирования подачи воздуха в камеру сгорания или для поддержания давления в системе.

- Затворы для кондиционирования воздуха: Такие устройства регулируют подачу холодного или теплого воздуха в помещения, обеспечивая комфортные условия для проживания или работы.

- Пожарные воздушные затворы: используются в системах противопожарной безопасности для предотвращения распространения дыма и огня через вентиляционные каналы и другие отверстия в здании. Они могут автоматически закрываться при обнаружении дыма или высокой температуры.

Классификация по конструкции включает несколько подкатегорий, среди которых можно выделить следующие:

- Затворы с вручную регулируемые механизмами: это простые механизмы, которые требуют вмешательства оператора для регулировки положения затвора. Применяются в небольших и неавтоматизированных системах.

- Автоматические затворы: Эти устройства оснащены датчиками и контроллерами, которые позволяют автоматически регулировать положение затвора в зависимости от изменений в системе (например, по изменению давления или температуры воздуха). Такие затворы используются в более сложных и автоматизированных системах.

- Ротационные и линейные затворы: Ротационные затворы открываются или закрываются вращением элемента (например,

заслонки), в то время как линейные затворы используют движение вперед-назад для управления потоком воздуха. Выбор типа зависит от специфики системы и требований к потоку воздуха.

По материалу изготовления:

- **Металлические воздушные затворы:** чаще всего изготавливаются из нержавеющей стали, алюминия или других прочных и коррозионностойких металлов. Металлические затворы используются в системах с высокой нагрузкой и агрессивными средами.

- **Пластиковые воздушные затворы:** Легкие и коррозионностойкие затворы, обычно применяются в менее агрессивных условиях. Они идеальны для использования в вентиляционных системах жилых и коммерческих помещений.

- **Комбинированные затворы:** изготавливаются из нескольких материалов, что позволяет комбинировать преимущества различных материалов, таких как прочность металла и легкость пластика.

По типу управления:

- **Ручные воздушные затворы:** управляются вручную, что дает оператору полный контроль над их работой. Такие затворы обычно используются в небольших системах с ограниченной автоматизацией.

- **Автоматические воздушные затворы:** Оснащены датчиками и системами управления, которые позволяют автоматически регулировать работу затвора в зависимости от изменения параметров окружающей среды (температуры, давления, качества воздуха и т.д.).

- **Дистанционно управляемые затворы:** Управление такими затворами осуществляется через пульт управления или интеграцию с общей системой автоматизации, что дает возможность мониторинга и управления удаленно.

По типу установки:

- **Встраиваемые воздушные затворы:** устанавливаются непосредственно в конструкцию вентиляционных или отопительных систем, скрытые от глаз пользователя. Они могут быть интегрированы в трубы, воздуховоды или стены.

- **Наружные воздушные затворы:** устанавливаются на поверхности или снаружи системы. Это может быть затвор, расположенный в крышке или на входе/выходе системы.

Развитие технологических процессов и требования к повышению энергоэффективности систем промышленной вентиляции формирует тенденции использования рециркуляции [4],[9]. Например, в состав современных аспирационных укрытий, применяемых на перегрузочных узлах ленточных конвейеров на горнодобывающих предприятиях [9], входят рециркуляционные узлы, обеспечивающие частичный возврат

очищенного воздуха обратно в технологическую зону (Рис 1.). Одним из ключевых элементов, обеспечивающим герметичное переключение между режимами вытяжки и рециркуляции, является воздушный затвор, конструктивно представленный в виде задвижки (поз. 11), установленной в рециркуляционном воздуховоде (поз. 9).

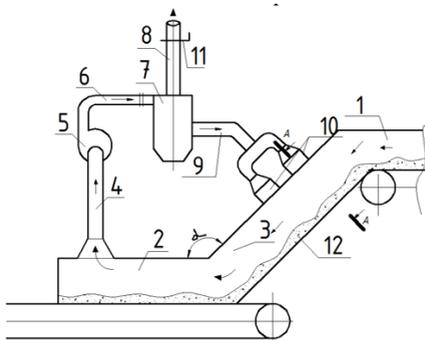


Рис. 1 Принципиальная схема аспирационной системы с принудительной рециркуляцией: 1. Нижнее аспирационное укрытие; 2. Конвейер; 3. Перегрузочный желоб; 4. Аспирационный воздуховод; 5 Вентилятор; 6. Напорный патрубок; 7. Аппарат пылеочистки (циклон-пылеконцентратор); 8. Отвод очищенного воздуха; 9. Обводная труба; 10. Исследуемый узел; 11. Верхний конвейер; 12. Перегружаемый материал

Воздушный затвор выполняет регулирующую и запорную функцию, позволяя направлять очищенный воздух либо в атмосферу (через аппарат очистки – поз. 7 и выпуск – поз. 8), либо возвращать его в систему через рециркуляционный канал (9), снижая теплотери и энергозатраты на подогрев приточного воздуха.

При закрытой задвижке (11) поток воздуха полностью выводится наружу, обеспечивая работу системы в режиме вытяжной вентиляции. При открытии затвора часть или весь очищенный воздух возвращается в рабочую зону через воздуховоды, формируя частичную рециркуляцию, что особенно актуально в зимних условиях эксплуатации.

Таким образом, задвижка (11) конструктивно и функционально соответствует воздушному затвору автоматического или дистанционного типа, установленному в системах аспирации с регулируемой рециркуляцией. Она обеспечивает гибкое управление аэродинамическими потоками и необходимый уровень герметичности, особенно при наличии коандовских каналов (поз. 10), которые

формируют направленные завесы воздуха, предотвращающие распространение пыли из перегрузочного желоба (поз. 3).

Применение таких воздушных затворов в рециркуляционных узлах аспирационных укрытий позволяет существенно повысить энергоэффективность вентиляции, а также улучшить санитарно-гигиенические условия на рабочих местах, минимизируя запыленность воздуха и теплопотери. Данный тип воздушного затвора способен расширить гибкость, регулируемость и энергоэффективность систем промышленной вентиляции.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Минко В.А. Обеспыливание технологических процессов производства строительных материалов. - Воронеж: изд-во ВГУ, 1981. - 176 с.
2. Стефанов Е. В. Вентиляция и кондиционирование воздуха: учебное пособие / Е. В. Стефанов. — Минск: МАХАОН, 2015. — 288 с.
3. Богословский В. Н., Пирумов А. И., Посохин В. Н. Справочник проектировщика. В 3 ч. Ч. 3: Вентиляция и кондиционирование воздуха / под ред. В. Н. Богословского. — М.: Стройиздат, 2002. — 496 с.
4. Киреев В.М. Разработка аспирационных укрытий и инженерной методики их расчёта / Киреев В.М., Минко В.А. // Науч.-производ.журнал "Безопасность труда в промышленности". - 2013. - №2. - С. 42-46.
5. Минко В.А., Кулешов М.И., Плотникова Л.В. и др. Обеспыливание в литейных цехах машиностроительных предприятий. – М.: Машиностроение, 1987. - 224 с.
6. Нейков О.Д., Логачев И.Н. Аспирация и обеспыливание воздуха при производстве порошков /2-е изд., перераб. и доп. - М.: Металлургия, 1981.- 192 с.
7. Newman V.G. The deflection of jets by adjacent boundaries - Coanda effect // Boundary Layer and Flow Control. Oxford. 1961. Vol. 1. pp. 232-264.
8. Овсянников, Ю.Г. Аспирационные системы с принудительной рециркуляцией: монография / Ю.Г. Овсянников, А.И. Алифанова. – Белгород: Изд-во БГТУ, 2013. - 137 с.
9. Брагчиков С. Н., Туманов А. М. Вентиляция и аспирация на горнодобывающих предприятиях. — М.: Недра, 2021. — 256 с.
10. Анализ эффективности использования систем вентиляции промышленных предприятий / Т. И. Белова, В. В. Шувалов, В. И. Гавришук [и др.] // Проблемы энергообеспечения, информатизации и

автоматизации, безопасности и природопользования в АПК, Брянск, 21 ноября 2014 года / Под общей редакцией Маркарянц Л.М.. – Брянск: Брянская государственная сельскохозяйственная академия, 2014. – С. 10-18.

УДК 628.16.08

Клубаков Н.А.

*Научный руководитель: Киреев В.М., канд. техн. наук, доц.
Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

ОЧИСТКА ВОДЫ С ПОМОЩЬЮ КОАГУЛЯЦИИ И ФЛОТАЦИИ

Вода является одним из самых важных ресурсов на планете. Она необходима для поддержания жизни и деятельности человека. Однако, вода часто загрязнена различными примесями, такими как органические вещества, тяжелые металлы, бактерии и вирусы. Это может представлять угрозу для здоровья людей и окружающей среды. Для удаления различных бактерий и загрязнений в воде применяются различные методы, среди из которых широко применяется коагуляция и флотация.

Коагуляция – это метод очистки воды, направленный на объединение мельчайших частиц в более крупные (хлопья), которые затем оседают на дно. Благодаря коагулянтам, крупинцы склеиваются, образуя хлопья, которые опускаются на дно емкости, и подвергаются фильтрации.

Данный метод очистки используется для устранения лишнего окраса, а также повышения прозрачности мутной воды. Обеззараживающее действие коагуляции обусловлено не устранением, а блокированием патогенных микроорганизмов. Она эффективно удаляет взвешенные вещества, которые служат "оплотом" для вирусов и бактерий, представляющих вред для организму.

Такие характеристики как, неприятный вкус, запах или окрашивание воды в коричневый цвет, являются следствием высокого содержания органических соединений в воде. Очистка при помощи коагуляции представляется одним из действенных для способов очистки воды от органических и неорганических примесей, включая взвешенные частицы и элементы, такие как железо. Важно отметить, что хотя коагуляция сокращает концентрацию взвешенных веществ, она не гарантирует совершенную очистку воды от вирусов [1].

Коагуляция может осуществляться двумя способами:

Контактный - один из вариантов очистки при котором коагуляция происходит на зернах загрузки напорных вертикальных фильтров химической очистки. В этом случае введение коагулянта происходит непосредственно перед механическим фильтром. Зерна частиц и адсорбированные на них частицы вызывают эффекты центров коагуляции. Процесс флокуляции в этом случае существенно усложняется.

Свободный - в этом случае применяется смесительный резервуар или камера, где в жидкость вводится коагулянт. Там же в жидкой среде происходит реакция флокуляции с последующим осаждением на дно резервуара. Стоит отметить, что такой способ занимает больше времени, в отличии от первого варианта. Кроме того, такой вариант чаще всего применяется для очистки сточных вод.

Существует два типа коагулянтов:

Неорганические. Особенно востребованы коагулянты на основе железа (хлорид железа (III) (FeCl_3)) и алюминия (сульфат алюминия ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$)). Чаще всего это сульфаты и хлориды. Аллюминат широко применяется ввиду низкой стоимости и доступности. Хлорид и сульфат железа обычно применяется на промышленных предприятиях для очистки сточных вод, содержащих тяжелые металлы. Обычно используются соли железа и алюминия, а также диоксид титана. Последнее является дорогостоящим, но несмотря на свою стоимость является экономичным и обладает хорошим эффектом, обеспечивая качественную очистку воды.

Органические. Это природные или искусственно разработанные реагенты на основе органических веществ, для очистки питьевой воды и не влияющие на уровень pH. Такие коагулянты быстро осветляют растворы со взвешенными примесями. Кроме того, обеспечивают скорое формирование осадка и могут использоваться даже в холодной воде с температурой 10- 15 °C [2]. Среди органических широко применяются как природные флокулянты - хитозан, получаемый из хитина, основного компонента панцирей ракообразных, и так и синтетические – полиакриламид.

Процесс коагуляции основан на ряде физических и химических принципов:

- Нейтрализация заряда: большинство коллоидных частиц в воде имеют отрицательный заряд, что препятствует их слипанию. Коагулянты, добавляемые в воду, обычно имеют положительный заряд, что нейтрализует заряд загрязняющих веществ.

- Адсорбция: гидроксиды металлов, образующиеся при гидролизе коагулянта, обладают высокой адсорбционной способностью и захватывают загрязняющие вещества.

- Связывание на границе раздела фаз: некоторые коагулянты, особенно полимерные, образуют молекулярные «мостики» между частицами загрязняющих веществ, способствуя их агрегации.

- Осаждение: когда образуется осадок гидроксида металла, загрязняющие вещества могут быть захвачены и удалены вместе с ним [3].

Флокулянтами называют реагенты, которые отделяют примеси от воды. Именно с их помощью сформировываются коагулянты, склеивающие частицы в более крупные и плотные хлопья, флокулы. В результате в воде не остается взвешенных частиц — она становится прозрачной, а осадок легко отделяется с помощью отстаивников, фильтров и другого специального оборудования. Раствор флокулянта, который добавляют в очищаемую воду, позволяет быстро разделить ее на воду и примеси. Также, флокуляция выделяет более крупный осадок, чем коагуляция, и его легче отделить

В зависимости от заряда, флокулянты могут классифицироваться как:

Анионы — имеют отрицательный заряд и используются для удаления положительно заряженных частиц. Широко применяются в промышленной очистке сточных вод, где необходимо осветление и удаление органических загрязнений.

Катионы — обладают положительным зарядом и более эффективно удаляют отрицательно заряженные частицы. Чаще всего используются для очистки сточных вод с высоким уровнем содержания органики.

Неионы — не содержат заряда и находят применение в определенных случаях, когда необходимо объединение нейтральных частиц. Чаще используют в пищевой промышленности и биологических очистных системах, где важна безопасность используемых веществ [4].

Преимущества использования флокулянтов:

- Высокая степень очистки воды.

- Универсальность.

- Работа с любыми фильтрами.

Стоит обратить внимание, что при флокуляции, в отличие от коагуляции, осадок образуется компактнее, плотнее и вода становится прозрачнее. Это способствует снижению затрат на обслуживание фильтровальной системы, так как вода очищается от мелких частиц,

засоряющих фильтр, а также ускоряет фильтрацию крупных отложений [5].

Таким образом, рассмотренные варианты очистки, обладают своим преимуществами и недостатками. Так, коагуляция эффективна для удаления мелких частиц, однако, при ее использовании применяются реагенты, способные нанести вред природной среде. Флотация позволяет удалять более крупные частицы, но также требует использования химических веществ и может быть дорогостоящей.

Для оптимального выбора метода очистки воды необходимо учитывать такие факторы, как тип и количество загрязнений, требуемая степень очистки, стоимость и экологические аспекты.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Методы очистки питьевой воды коагуляцией и флотацией [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.ekodar.ru> (Дата обращения 5.5.25)

2. Коагуляция воды. Методы очистки питьевой воды [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://wt-filter.ru> (Дата обращения 5.5.25)

3. Флокулянты для очистки воды, особенности и отличия коагулянтов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://biopolymer.eco> (Дата обращения 5.5.25)

4. Киреев В.М. Реконструкция инженерных сетей и сооружений водоснабжения и водоотведения. – Белгород: Изд-во БГТУ им. В.Г. Шухова, 2022 - 146 с.

5. Киреев В.М. Основы промышленного водоснабжения и водоотведения. – Белгород: Изд-во БГТУ им. В.Г. Шухова, 2017 – 60 с.

УДК 661.974

Коротенко И.А., Суслов Д.Ю.

*Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

АНАЛИЗ ТРЕБОВАНИЙ НОРМАТИВНОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ К РАЗМЕЩЕНИЮ И ИСПОЛЬЗОВАНИЮ БЫТОВЫХ ГАЗОВЫХ ПРИБОРОВ

Природный газ играет ключевую роль в быту при приготовлении пищи и нагревании воды, а также в системах отопления, подавляющая часть источников тепла работают на природном газе. Безопасное

применение газового топлива является одной из важнейших вещей в современном мире [1].

Угарный газ является одним из наиболее распространенных причин острых отравлений при применении газового оборудования в многоквартирных и частных жилых домах. Если изучать вопрос острых отравлений, то окажется что отравления угарным газом стабильно из года в год располагаются на 2 месте и имеют большой отрыв от 3 места в списке [2].

Рассмотрим требования, регулирующие вопрос безопасного применения бытового газового оборудования в жилых зданиях.

В жилых помещениях применяют преимущественно естественную вентиляцию, но может применяться и механическая вентиляция. Приток свежего воздуха осуществляется за счет не плотностей в ограждающих конструкциях зданий. Удаление воздуха осуществляется через вытяжку, расположенную в санузлах и кухнях.

Подключать кухонные вытяжки и другие иные устройства (при наличии в них вентилятора) к системе удаления воздуха в жилых зданиях запрещается, если к ней подключены другие квартиры [3].



Рис. 1 Схема естественной вентиляции в жилых домах

При проектировании жилых зданий регламентируются такими нормативными требованиями как СП 402.1325800.2018, так и СП 54.13330.2016. В них регламентируется одно из самых распространенных и популярных способов борьбы с угарным газом и не только, а именно применение систем естественной вентиляции.

В СП 402.1325800.2018 сказано, что внутренний объем помещений кухонь должен быть не менее [4]:

- 8 м³ – для газовой плиты с двумя горелками;
- 12 м³– для газовой плиты с тремя горелками;

– 15 м³ – для газовой плиты с четырьмя горелками.

При одновременной установке в помещении газовой плиты и проточного водонагревателя или газовой плиты и емкостного водонагревателя или газовой плиты и отопительного котла с открытой камерой сгорания объем кухни должен быть увеличен на 6 м³ от обычного объема кухни.

При установке газового котла с открытой камерой сгорания, в отдельном помещении объем этого помещения должен быть не менее 15 м³ при высоте не менее 2,5 м.

Минимальный воздухообмен в помещениях с бытовым газоиспользующим оборудованием применяют в соответствии с таблицей 1.

Таблица 1– Значения воздухообмена по СП 402.1325800.2018

Помещение	Значение воздухообмена
Помещение с бытовым газоиспользующим оборудованием, в т.ч.: - с газовой плитой (или газовыми варочной панелью и жарочным шкафом) - с газовыми теплогенераторами общей теплопроизводительностью до 50 кВт и высотой менее 6 м: - с открытой камерой сгорания - с закрытой камерой сгорания	100 м ³ /ч 3 ч, но не менее 100 м ³ /ч* 1 ч**
* При установке в помещении кроме указанного оборудования газовой плиты (или газовой варочной панели и жарочного шкафа) воздухообмен следует увеличить на 100 м ³ /ч.	

В СП 54.13330.2016 также представлены значения воздухообмена и указаны в таблице 2. В указанном нормативном документе более подробно расписаны необходимые значения воздухообмена в помещениях [5].

Таблица 2 – Значения воздухообмена по СП 54.13330.2016

Помещение	Значение воздухообмена
Спальня, общая комната (или гостиная), детская комната при общей площади квартиры на одного человека менее 20 м ³	3 м ³ /ч на 1 м ² жилой площади
То же, при общей площади квартиры на одного человека более 20 м ²	30 м ³ /ч на одного человека, но не менее 0,35 ч ⁻¹
Кладовая, бельевая, гардеробная	0,2 ч ⁻¹
Кухня с электроплитой	60 м ³ /ч
Помещение с газоиспользующим оборудованием	100 м ³ /ч

Помещение с теплогенераторами общей теплопроизводительностью до 50 кВт высотой менее 6 м: - с открытой камерой сгорания** - с закрытой камерой сгорания**	1,0 1,0
Ванная, душевая, туалет, совмещенный санузел	25 м ³ /ч
Мусоросборная камера	1,0*
* Воздухообмен по кратности следует принять равным общему объему помещения (квартиры) ** При установке газовой плиты воздухообмен следует увеличить на 100 м ³ /ч.	

Кроме нормативного регулирования поставленного вопроса имеются и другие подходы. Например, как одним из возможных решений является замена газового оборудования с открытой камерой сгорания на оборудование с закрытой камерой сгорания или установка сигнализаторов контроля загазованности по метану и угарному газу (СИКЗ).

Согласно п. 8.3 СП 402.1325800.2018 СИКЗ необходимо устанавливать в многоквартирных, блокированных и многоквартирных жилых домах при их газификации. В состав СИКЗ входит: блок питания, блок датчиков, кабель, светодиоды зеленого и красного цвета, электромагнитный клапан.

Принцип действия применяемых датчиков основан на реакции оксида углерода с компонентами электрохимического датчика, вырабатывающий эл. сигнал пропорциональный концентрации оксида углерода. Сигнализатор имеет 2 порога срабатывания. Порог 1 – это предупредительная сигнализация, то есть она подает световой и/или звуковой сигнал при достижении 1 порога срабатывания, равного 20 мг/м³. Предел допускаемой основной абсолютной погрешности равен ± 5 мг/м³.

Порог 2 – это уже аварийный, при нем к звуковому и световому сигналу, добавляется команда на электромагнитный клапан для прекращения подачи природного газа на оборудование. Срабатывает данный порог при достижении 100 мг/м³. Предел допускаемой основной абсолютной погрешности равен ± 25 мг/м³.

Сработать СИКЗ должен не более чем за 60 секунд при обнаружении концентрации выше 1 или 2 порога [6].

Ниже, на рисунке 2 представлены требования к установке датчиков СИКЗ в жилых зданиях.

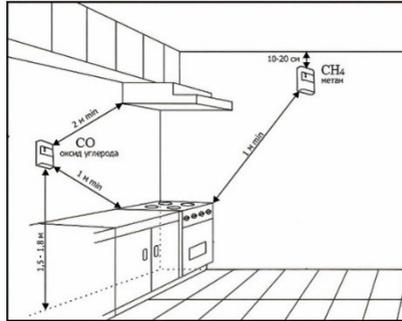


Рис. 2 Установка датчиков контроля загазованности

Ниже предоставлена предельно допустимая концентрация угарного газа, которая не должна превышать:

- 9,0 ppm – США;
- 9,0 ppm – ВОЗ;
- 17,0 ppm – Российская Федерация;
- 24,6 ppm – Бельгия, Дания;
- 25,5 ppm – Великобритания, Польша;
- 28 ppm – Венгрия;
- 28,9 ppm – Австралия, Финляндия;
- 29,7 ppm – Германия, Швейцария;
- 34,0 ppm – Норвегия, Швеция;
- 46,7 ppm – Мексика, Таиланд, Турция, Филиппины, Франция;
- 50 ppm – Управления по технике безопасности и гигиене труда США.

Можно сделать вывод, что борьба с острыми отравлениями угарным газом в Российской Федерации ведется на постоянной основе, как вводят ужесточения в нормативно-правовой базе, так и в техническом плане. Однако существующие требования не способны в полной мере решить данную проблему и работы по их совершенствованию продолжаются.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Коротенко, И. А., Суслов, Д. Ю. Актуальность исследований образования и распространения угарного газа // Проблемы развития современного общества: сборник научных статей 10-й Всероссийской национальной научно-практической конференции. — Курск: Университетская книга, 2025. — С. 167-171

2. Отравление монооксидом углерода (угарным газом) / Под редакцией председателя Иркутского отделения МБО «Ассоциация клинических токсикологов», кандидата медицинских наук, доцента Иркутского государственного медицинского университета Ю.В. Зобнина. – Санкт-Петербург, 2011. – 86 с.

3. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха = Heating, ventilation and air conditioning : свод правил : СП 60.13330.2020 : утвержден Приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 30.12.2020 № 921/пр : введен впервые : дата введения 01.07.2021 // Техэксперт : электрон. фонд правовых и нормативно-техн. документов / АО «Кодекс» ; гл. ред. С.Г. Тихомиров. – Москва, 2025 – URL: <https://docs.cntd.ru> (дата обращения: 12.05.2025).

4. Здания жилые. Правила проектирования систем газопотребления = Residential building. Design rules for gas consumption system: свод правил: СП 402.1325800.2018: утвержден Приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 05.12.2018 № 789/пр: введен впервые: дата введения 06.06. // Техэксперт : электрон. фонд правовых и нормативно-техн. документов / АО «Кодекс» ; гл. ред. С. Г. Тихомиров. – Москва, 2025 – URL: <https://docs.cntd.ru> (дата обращения: 12.05.2025).

5. Здания жилые многоквартирные = Multicompartment residential buildings : свод правил : СП 54.13330.2016 : утвержден Приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 03.12.2016 № 883/пр : введен впервые : дата введения 04.06.2017 // Техэксперт : электрон. фонд правовых и нормативно-техн. документов / АО «Кодекс» ; гл. ред. С. Г. Тихомиров. – Москва, 2025 – URL: <https://docs.cntd.ru> (дата обращения: 12.05.2025).

6. Росстандарт: Федеральные информационные фонд по обеспечению единства измерений / Росстандарт – Москва, 2025. – URL: <https://fgis.gost.ru> (дата обращения: 12.05.2025).

УДК:697.3

Коротенко Д.Э.

*Научный руководитель: Крюков И.В., канд. техн. наук, доц.
Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

СОВРЕМЕННЫЕ РЕШЕНИЯ ПО АВТОМАТИЗАЦИИ ТЕПЛОВЫХ ПУНКТОВ В ГОРОДСКОМ ТЕПЛОСНАБЖЕНИИ

Современные системы теплоснабжения требуют постоянного улучшения для обеспечения надёжного и энергоэффективного теплового комфорта жителей городских микрорайонов. В последние годы наблюдается ускоренное развитие технологий автоматизации инженерных сетей, что позволяет сделать их работу более гибкой и адаптивной к изменяющимся условиям эксплуатации. Автоматизация теплового пункта включает внедрение цифровых датчиков, исполнительных механизмов и систем дистанционного управления, что открывает новые возможности для снижения потребления энергии и оптимизации эксплуатационных расходов.

Автоматизация остается одной из главных проблем промышленного производства и социальной сферы в различные периоды экономического развития современного общества. Со временем автоматизация становится все более широким понятием, включая в себя новые частные проблемы своего научного и технического развития: компьютеризацию, роботизацию и другие специальные или отраслевые направления. Однако смысл и основное назначение автоматизации остаются неизменными — облегчение или вытеснение рутинного труда человека [1].

Полноценная автоматизированная система управления тепловым пунктом позволяет учитывать изменение погодных условий, текущую тепловую нагрузку зданий и приоритеты конечных потребителей, обеспечивая наиболее эффективный режим работы. При этом снижается степень вмешательства обслуживающего персонала, что важно с точки зрения безопасности и экономичности эксплуатации.

Цель работы – провести обзор современных решений для автоматизации тепловых пунктов и оценить их влияние на эффективность городского теплоснабжения.

Роль теплового пункта в системе теплоснабжения. Тепловым пунктом называют сооружение, расположенное недалеко от группы зданий, пристроенное к зданию или находящееся внутри здания, в которое входит оборудование, соединяющее потребителей и тепловые

сети, также оборудование для регулирования температурного режима и параметров теплоносителя. Задачей теплового пункта – прием, подготовка и подача теплоносителя к потребителю, также возврат отработанного теплоносителя в обратный трубопровод тепловой сети. [2].

Основная задача теплового пункта – поддерживать комфортную температуру в помещениях независимо от колебаний внешних условий. Для этого применяются теплообменники (пластинчатые или кожухотрубные), регулирующая арматура и насосное оборудование, которое распределяет поток теплоносителя по системе [3]. Стоит отметить, что современные тепловые пункты используют компактные и высокоэффективные теплообменные устройства [8-10].

Функция учёта и балансировки тепловой энергии реализуется с помощью измерительных приборов, фиксирующих объёмы поданной и возвращённой воды, что позволяет рассчитывать фактический расход и формировать корректный тариф [4]. Кроме того, тепловой пункт выполняет защитные функции: в нём устанавливаются предохранительные клапаны для сброса избыточного давления и устройства аварийного охлаждения [5].

Проблемы традиционных решений без автоматизации. В классических тепловых пунктах регулирование параметров осуществлялось вручную, что не давало возможности быстро реагировать на изменения нагрузки и погодных условий. В результате:

- ручная настройка приводила к задержке в изменении режимов работы до нескольких часов.

- системы не учитывали динамику изменения уличной температуры, что вызывало перерасход теплоносителя, особенно в межсезонье.

- колебания температуры в помещениях приводили к дискомфорту и жалобам жителей [5].

- эксплуатационные расходы увеличивались из-за необходимости постоянного присутствия персонала и частых технических выездов.

- отсутствие удалённого мониторинга мешало своевременной диагностике и устранению неисправностей.

Технические решения для автоматизации тепловых пунктов. Современные решения включают следующие компоненты:

- 1. Цифровые контроллеры с погодозависимым регулированием.** Эти устройства получают данные о наружной температуре и автоматически корректируют параметры подачи теплоносителя. Пример: Danfoss ECL Comfort, поддерживающий интеграцию с SCADA и облачными сервисами [6].

2. Многофункциональные датчики. Измеряют температуру, давление и расход теплоносителя и передают данные по протоколам Modbus RTU, что упрощает монтаж и повышает надёжность.

3. Электроприводные регулирующие клапаны. Позволяют точно дозировать расход теплоносителя с погрешностью $\pm 0,1$ °С, оснащаются встроенными датчиками положения для контроля работы.

4. Частотные преобразователи для насосов. Эти устройства позволяют не только регулировать обороты насосных агрегатов, но и обеспечивают плавный пуск и остановку оборудования, что существенно снижает нагрузку на электросети и механизмы. Внедрение ЧП позволяет экономить до 30% электроэнергии, минимизировать гидравлические удары в трубопроводах и продлить срок службы оборудования благодаря встроенной защите от перегрузок и перепадов напряжения.

5. Системы диспетчеризации (SCADA). «Внедрение SCADA-система, которая обеспечивает взаимодействие программного обеспечения и оборудования с целью контроля. SCADA-система позволяет в режиме реального времени получать информацию обо всем оборудовании котельной на мониторе оператора» [7]. Внедрение базы данных и электронного журнала упростит детальную запись о происходящих событиях, а также будет способствовать более точному анализу и поиску информации в будущем (Рис. 1).

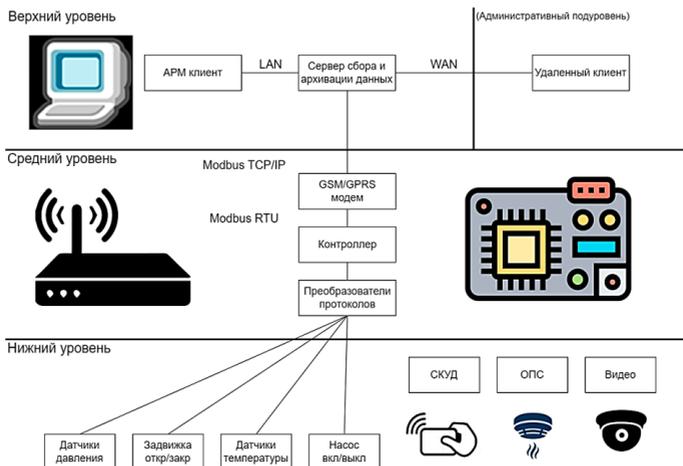


Рис. 1 Структурная схема SCADA-системы

Нижний (полевой) уровень SCADA-системы отвечает за сбор данных с объекта и выполнение управляющих команд. Он включает датчики, преобразователи, КИПы, исполнительные механизмы и частотные приводы. Основная задача — измерение параметров и реализация управляющих сигналов.

Средний уровень служит связующим звеном между полевым и верхним уровнями. Он обменивается данными и командами, используя ПЛК, интерфейсы передачи и преобразования данных, а также сетевое оборудование.

Верхний уровень осуществляет сбор, хранение, обработку и визуализацию информации, поступающей с нижнего уровня. Реализуется на базе ПК, серверов и сетевых устройств, обеспечивая диспетчерский контроль и мониторинг процесса [7].

Проведённый обзор показал, что современные технологии автоматизации тепловых пунктов позволяют эффективно решать задачи поддержания оптимальных параметров теплоносителя, учёта энергоресурсов и повышения энергоэффективности систем теплоснабжения. Применение цифровых контроллеров, датчиков, исполнительных механизмов и систем диспетчеризации обеспечивает устойчивую работу оборудования, снижение эксплуатационных затрат и повышение комфорта в обслуживаемых зданиях. Таким образом, автоматизация тепловых пунктов не только повышает технический уровень теплоснабжения, но и создаёт предпосылки для дальнейшего развития цифровой инфраструктуры в жилищно-коммунальном хозяйстве.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Плетнёв Э.П. Автоматизация технологических процессов и производств в теплоэнергетике: учеб. пособие / Э.П. Плетнёв. — М.: МЭИ, 2007. — 256 с.

2. Клешнин Ю. А. применение центральных и индивидуальных тепловых пунктов в системах теплоснабжения // Вестник науки. 2020. №8 (29). URL: <https://cyberleninka.ru> (дата обращения: 18.05.2025).

3. Пырков В.В. Современные тепловые пункты. Автоматика и регулирование: учеб. пособие / В.В. Пырков. — Киев: Данфосс, 2007. — 280 с.

4. Фаликов В.С., Витальев В.П. Автоматизация тепловых пунктов: монография / В.С. Фаликов, В.П. Витальев. — М.: Энергоатомиздат, 1989. — 224 с.

5. Жила В.А. Автоматика и телемеханика систем газоснабжения: учеб. пособие / В.А. Жила. — М.: ИНФРА-М, 2006. — 304 с.

6. Danfoss. Контроллер ECL Comfort. AD300946271634ru-RU0101: электрон. ресурс. URL: <https://assets.danfoss.com> (дата обращения: 18.05.2025).

7. Макаровский М.А., Швецов А.Н. Модернизация системы управления объектом теплоснабжения с использованием агентно-ориентированного подхода // Вестник Череповецкого государственного университета. 2025. №1. URL: <https://cyberleninka.ru> (дата обращения: 18.05.2025).

8. Кущев Л.А., Уваров В.А., Крюков И.В., Брежнев Д.А. Экспериментальное исследование теплотехнических параметров кожухотрубного теплообменного аппарата со спиральным змеевиковом // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2023. №11. С. 54–63. DOI: 10.34031/2071-7318-2023-8-11-54-63.

9. Кущев Л.А., Мелькумов В.Н., Крюков И.В., Брежнев Д.А. Моделирование механизма теплообмена в кожухотрубном змеевиковом теплообменнике // Научный журнал строительства и архитектуры. 2024. № 1 (73). С. 24-33. DOI: 10.36622/2541-7592.2024.73.1.002

10. Kushchev L.A., Melkumov V.N., Kryukov I.V., Brezhnev D.A. Simulation of a heat transfer mechanism in a shell and tube coil heat exchanger // Russian Journal of Building Construction and Architecture. 2024. № 2 (62). С. 44-52. DOI: 10.36622/2542-0526.2024.62.2.004

УДК 697

Крикунова К.О., Паньков С.Е.

Научный руководитель: Елистратова Ю.В., канд. техн. наук, доц.

Белгородский государственный технологический университет

им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия

ОРГАНИЗАЦИЯ ВОЗДУХООБМЕНА МЕДИЦИНСКИХ УЧРЕЖДЕНИЙ, ВСТРОЕННЫХ В ЖИЛЫЕ ЗДАНИЯ

Для успешного функционирования медицинских организаций необходимо тщательно продумывать условия комфортного пребывания посетителей и сотрудников. Особые требования к качеству и подвижности воздуха обоснованы необходимостью защиты здоровья пациентов, создания безопасных условий труда для медицинского персонала и предотвращения распространения инфекций, передающихся воздушно-капельным путем. Особенно интересной и сложной задачей является организация воздухообмена лечебно-

профилактических учреждений, встроенных в жилые здания, так как инженерные решения должны учитывать не только санитарно-гигиенические требования к медицинским помещениям, но и технические и нормативные ограничения, связанные с соседними жилыми помещениями.

Главными нормативными документами при проектировании вентиляции медицинских организаций являются СП 60.13330.2020 «Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха» [1], СанПиН 2.1.3.2630-10 «Санитарно-эпидемиологические требования к организациям, осуществляющим медицинскую деятельность» [2] и СП 158.13330.2014 «Здания и помещения медицинских организаций» [3]. В них приводятся базовые требования к воздухообмену, обеспечению нормативных параметров микроклимата (температуре, влажности и подвижности воздуха), классификации помещений по уровню загрязнённости, разделению воздушных потоков и необходимости организации приточно-вытяжной вентиляции с естественным и механическим побуждением.

Для встроенных лечебно-профилактических учреждений необходимо дополнительно учитывать требования положений СП 118.13330.2012 «Общественные здания и сооружения» [4], которые касаются проектирования общественных помещений, входящих в состав жилых зданий. Согласно этим нормам, необходимо не только организовать подачу приточного воздуха в требуемом объеме, но и определенным образом организовать отвод отработанного воздуха так, чтобы это не создавало угрозы инфицирования для людей, проживающих в жилой части здания.

Одним из самых важных этапов проектирования системы вентиляции в любых медицинских организациях является разработка схемы воздухообмена. Ее выбор зависит от назначения и расчетного количества людей в помещении. Принятая схемы воздухообмена может влиять не только на комфорт находящихся в помещении людей, но и на эффективность лечебного процесса.



Рис. 1. Пример организации воздухообмена помещений регистратуры, коридора и зоны ожидания

На Рис.1 представлен пример некорректной организации воздухообмена. В помещениях регистратуры, коридора и зоны ожидания кратность составляет 3 ч^{-1} , что недостаточно для помещений с переменной плотностью пребывания людей. Приток воздуха осуществляется в зону, не связанную напрямую с основными скоплениями посетителей, а вытяжные устройства размещены неэффективно. Это приводит к возможному образованию застойных зон, снижению качества воздуха и нарушению направленного движения воздушных потоков.

Допущенные недочеты особенно критичны в условиях повышенного риска распространения воздушно-капельных инфекций. Ведь именно в помещения регистратуры, коридоров и комнат ожидания попадает каждый человек, приходя в лечебно-профилактическое учреждение. Комфортные параметры микроклимата в них не только влияют на общее восприятие уровня обслуживания, но и на защищенность пациента и медицинского персонала. Для грамотной организации воздухообмена стоит учитывать неравномерное распределение людей по площади помещения и недопустимость возникновения сквозняков, следует избегать прямого обдува людей.

Желательно предусмотреть возможность изменения параметров приточного воздуха в зависимости от количества посетителей. Системы вентиляции с переменным расходом позволяют регулировать температуру и объем подаваемого воздуха двумя способами. В качестве простого может быть использован принцип регулирования по времени суток. Если этот вариант является нецелесообразным, количество людей в помещении может определяться прямым пересчетом или косвенно путем измерения концентрации CO_2 и других газов, связанных с жизнедеятельностью. Фактическое значение количества людей используется для текущего пересчета норм подачи вентиляционного воздуха. Это позволяет системе автоматически адаптироваться под различные условия работы и создавать комфортный микроклимат в помещениях с переменным пребыванием людей [6].

Кабинеты врачей, процедурные и манипуляционные требуют индивидуального подхода. Необходимо обеспечить нормативную кратность воздухообмена. Некоторые кабинеты требуют повышенной кратности, например, процедурные – $6-8 \text{ ч}^{-1}$ или стоматологические кабинеты – $5-6 \text{ ч}^{-1}$ (СанПиН 2.1.3.2630-10). Стоит обратить внимание, что некоторые помещения необходимо оснащать дополнительными местными системами вентиляции с принудительным побуждением, например, стоматологические кабинеты или стерилизационные. Во всех

случаях недопустимо перетекание загрязненных воздушных потоков в чистые зоны.

Для грамотного проектирования системы вентиляции в первую очередь стоит обратить внимание на организацию воздухообмена, который будет способствовать комфортному пребыванию людей. Необходимо учесть требования нормативных документов, специфику помещений и эпидемиологические риски. Однако только при соблюдении этих условий обеспечивается эффективность лечебного процесса и безопасность персонала и жильцов дома.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. СП 60.13330.2020. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха.
2. СанПиН 2.1.3.2630-10. Санитарно-эпидемиологические требования к организациям, осуществляющим медицинскую деятельность.
3. СП 158.13330.2014. Здания и помещения медицинских организаций.
4. СП 118.13330.2012. Общественные здания и сооружения.
5. Ильина Т.Н. Математическое моделирование распределения вентиляционных воздушных потоков в больничной палате // Т.Н. Ильина, А.Ю. Феоктистов, И.В. Дивиченко, В.И. Дивиченко / Вестник Белгородского Государственного Технологического Университета им. В.Г. Шухова, 2008, №2. с. 31-34.
6. Деннис А. Станке Вентиляция - там, где это необходимо / Деннис А. Станке [Электронный ресурс] — URL: <https://www.abok.ru> (дата обращения: 22.05.2025).

УДК 621.365

Кузенков Н.С.

*Научный руководитель: Саввин Н.Ю., канд. техн. наук, доц.
Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ ОТОПЛЕНИЕ: АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ, ПРЕИМУЩЕСТВ И ОГРАНИЧЕНИЙ В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ

В условиях непрерывного роста цен на энергоресурсы и ужесточения экологических требований к системам отопления поиск

оптимальных решений для обогрева помещений становится особенно актуальным [1-2]. Электрическое отопление представляет собой одну из альтернатив традиционным источникам тепла [3], таким как газ, уголь или дрова.

В последнее время обогрев индивидуальных жилых домов все чаще реализуется с помощью систем электрического отопления. Очевидно, это вызвано тем, что единовременные затраты при установке электрообогрева в 3 раза ниже, чем проектирование и монтаж системы газоснабжения дома, а также в тех случаях, когда дом расположен в негазифицированной местности.

Целью исследования является анализ преимуществ и недостатков электрического отопления с точки зрения эффективности, экономической целесообразности и воздействия на окружающую среду.

Рассмотрим принципы работы электрических систем отопления, их типы и особенности, а также факторы, влияющие на выбор такого вида отопления для различных типов объектов.

Электрические системы отопления работают на основе преобразования электрической энергии в тепловую за счёт сопротивления материалов, через которые проходит электрический ток: в процессе тока электроны сталкиваются с атомами и молекулами материала, вызывая их нагрев. Полученное тепло впоследствии распределяется по помещению различными способами, в зависимости от типа используемого оборудования (через радиаторы, конвекторы или инфракрасные панели).

Эффективность работы электрического отопления зависит от организации распределения тепла и элементов управления (термостаты и датчики температуры), позволяющих оптимизировать работу системы и обеспечить равномерное распределение тепла с поддержанием заданной температуры.

Классифицировать системы электроотопления можно по принципу действия или по конструкции. В одном из случаев, в основе механизма работы лежат резистивные элементы, нагревающиеся при прохождении через них электрического тока, и преобразующие электроэнергию в тепло. Такой вариант будет наиболее прост в установке и эксплуатации, но не является энергоэффективным.

Другой тип – инфракрасные системы отопления, работающие по принципу нагрева не воздуха напрямую, а поверхностей предметов в помещении и их последующего остывания с отдачей тепла. Распределение тепла по помещению таким образом будет более равномерным и минимизирует потери, связанные с конвекционными потоками воздуха. Достоинством является тот факт, что

инфракрасные системы отопления возможно устанавливать на стенах или потолке, что значительно экономит пространство.

Еще один вариант – тепловые насосы, переносящие тепло из окружающей среды (воздуха, грунта или воды) в помещение, используя электроэнергию. В условиях умеренного климата насосные системы более энергоэффективны, чем традиционные электрические. Помимо прочего, тепловые насосы способны не только обогревать, но и охлаждать помещение, что делает их отличным универсальным решением для создания комфортного микроклимата.

При выборе и установке электрических систем отопления важно учитывать ряд особенностей. Например, простота монтажа и возможность установки в различных типах зданий без необходимости проведения сложных инженерных коммуникаций безусловно являются плюсом, однако, важно соблюдать электротехнические нормы и правила безопасности, что требует квалифицированного подхода к установке и подключению системы.

Эксплуатация электроотопления требует внимания к ряду аспектов для обеспечения их эффективной и безопасной работы. В рамках технического обслуживания специалисты проводят проверку электрических соединений, изоляции и работоспособности защитных устройств, таких как предохранители и автоматические выключатели. Необходимость обуславливается возможностью исключения коротких замыканий и перегрузок, приводящих к выходу системы из строя или даже к пожару.

Интеграция электрических систем отопления с современными системами «умного дома» открывает новые возможности для повышения удобства использования. Так, благодаря автоматизированным системам управления появляется возможность выбора оптимального режима работы отопления, от чего напрямую зависит экономия электроэнергии. В рамках интеграции используются различные датчики и контроллеры, позволяющие отслеживать температуру, влажность и другие параметры в реальном времени. На основе полученной информации система автоматически регулирует работу отопительных приборов, поддерживая заданные условия. Например, в отсутствие людей в помещении система может снизить температуру, а перед возвращением жильцов – заранее нагреть воздух до комфортного уровня.

При рассмотрении всех «за» и «против» для электрического отопления в конкретном объекте, следует учесть множество факторов, включая климатические условия региона, где объект располагается. В районах с умеренным или холодным климатом рассматриваемый

вариант возможно будет эффективным решением, но в местах с экстремально низкими температурами он может потребовать больше энергии для поддержания комфортной температуры, а это уже скажется на экономических показателях.

Помимо прочего, перед тем как выбрать электрическое отопление необходимо провести анализ затрат на электроэнергию по сравнению с другими видами в конкретном регионе, чтобы оценить экономическую целесообразность такого решения [4-5]. В отдельных случаях использование альтернативных источников тепла может оказаться более выгодным.

Использование систем электроотопления позволяет решить и экологические проблемы в населенном пункте или регионе, поскольку за счет перевода тепловой нагрузки малых угольных или мазутных котельных на системы электроотопления снижаются вредные выбросы в атмосферу.

Отдельно стоит отметить безопасность использования в быту систем непосредственного (прямого) электроотопления, ввиду отсутствия в жилых помещениях открытого огня и горючих веществ. Это фактор особенно актуален в последнее время на фоне участившихся аварий со взрывом бытового газа в жилых домах в России.

Таким образом, можно сделать вывод, о перспективности применения электрообогрева в сравнении с другими системами, как самого экологически чистого и безопасного способа, при условии последовательной реализации современных инновационных технологий.

Для максимального эффекта необходимо провести детальный анализ всех факторов, влияющих на выбор системы отопления, и рассмотреть возможность использования возобновляемых источников энергии для питания электрических систем.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ястребов, А. В. Актуальность повышения эффективности потребления энергоресурсов в системах отопления жилищных и общественных зданий за счет внедрения систем автоматического регулирования / А. В. Ястребов, Н. Ю. Саввин // Международная научно-техническая конференция молодых ученых БГТУ им. В.Г. Шухова, посвященная 170-летию со дня рождения В.Г. Шухова, Белгород, 16–17 мая 2023 года. – Белгород: Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, 2023. – С. 177-185.

2. Саввин, Н. Ю. Автоматизация теплообменных процессов / Н. Ю. Саввин, Д. В. Челябинов, М. Р. Скороходова // Международная научно-техническая конференция молодых ученых БГТУ им. В.Г. Шухова, посвященная 170-летию со дня рождения В.Г. Шухова : Сборник докладов, Белгород, 16–17 мая 2023 года. Том Часть 6. – Белгород: Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, 2023. – С. 281-285.

3. Николаев, С. В. Водяной теплый пол со стальным характером / С. В. Николаев // Промышленный электрообогрев и электроотопление. – 2015. – № 2. – С. 68-71. – EDN WBEYJT.

4. Елистратова, Ю. В. Сравнительные критерии систем отопления / Ю. В. Елистратова, А. С. Семиненко, В. А. Минко // Энергосбережение и экология в жилищно-коммунальном хозяйстве и строительстве городов, Белгород, 01–30 ноября 2012 года. – Белгород, 2012. – С. 237-239.

5. Огаркова, Т. Г. Автономные системы отопления многоэтажных жилых домов / Т. Г. Огаркова // Международная научно-техническая конференция молодых ученых БГТУ им. В.Г. Шухова, посвященная 160-летию со дня рождения В.Г. Шухова, Белгород, 01–20 мая 2013 года. – Белгород: шухова, 2013. – С. 230-234.

УДК 69.032.2

Лисовская П.В.

Научный Руководитель: Ляпин А.И., канд. техн. наук, доц.

Казанский государственный энергетический университет

г. Казань, Россия

ОСОБЕННОСТИ РЕСУРСОСНАБЖЕНИЯ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ В ВЫСОТНЫХ ЗДАНИЯХ И НЕБОСКРЕБАХ

Современные мегаполисы, такие как Москва, Дубай или Шанхай и др., сложно представить без вертикальной застройки. Рост населения, ограниченность земельных ресурсов и стремление к экономической эффективности превращают высотные здания в символы урбанизации XXI века. Однако обеспечение стабильного водоснабжения в таких сооружениях – задача, требующая решения сложных инженерных проблем. Гидравлическое давление, энергозатраты и надежность системы являются определяющими факторами при выборе типа системы, особенностей установки оборудования и его эксплуатации, особенно в зданиях высотой более 300 метров. Традиционные технологии, применяемые в малоэтажном строительстве, могут быть не

пригодны для высотных зданий: перепад давления между нижними и верхними этажами в таких зданиях может достигать более 20 бар, а расход воды в пиковые часы может достигать более тысячи литров в минуту. Такая специфика эксплуатации инженерных сетей и коммуникаций заставляет инженеров искать компромисс между надежностью, экономичностью и технологичностью.

Результаты и их обсуждение

Применяемые подходы к организации водоснабжения высотных зданий изменялись и дополнялись параллельно с ростом этажности, высоты зданий и длиной инженерных сетей. Первым шагом стало вертикальное зонирование – разделение здания на автономные секции. Например, в здании Burj Khalifa [1] система разделена на 7 зон по 100-120 м, каждая из которых обслуживается отдельными насосами. Это не только снижает нагрузку на оборудование, но и предотвращает разрушение трубопроводов. Давление в каждой зоне не превышает 10 бар, что соответствует пределу прочности полимерных труб. Однако зонирование требует значительных капиталовложений. Так, в здании Лахта Центр [2] порядка 15% бюджета инженерных систем ушло на строительство технических этажей для насосных станций.

Также следует отметить, что зонирование не решает проблему переменного водопотребления. Здесь на помощь приходят бустерные насосы с частотным регулированием. Их ключевое преимущество – адаптивность [7], когда в режиме реального времени датчики расхода корректируют мощность насосов. Например, в лондонском The Shard снижение потребления воды на 30 % уменьшает энергозатраты на 50% благодаря закону кубической зависимости мощности от скорости вращения. Однако такие системы уязвимы к перебоям электроснабжения, что особенно актуально для регионов с нестабильной инфраструктурой.

В России ключевым документом, регулирующим нормы водоснабжения, является СП 30.13330.2020 «Внутренний водопровод и канализация зданий». Расчет напора зависит от этажности здания. На первом этаже давление обычно обеспечивается городской водопроводной сетью или базовой насосной станцией. Однако с каждым новым этажом к минимальному значению добавляется 0,1-0,15 бар, чтобы компенсировать высоту подъема воды. Например, для 10-го этажа потребуется дополнительно 1-1,5 бар, а для 50-го – уже 5-7,5 бар [3].

В России для таких задач могут быть рекомендованы насосы по ГОСТ: многоступенчатые центробежные насосы серии ЦНС «ГМС Насось» до 25 бар и другой пример – бустерные станции, например,

компании «Ливгидромаш», обеспечивающие напор в небоскребах до 300 м. Эти решения обеспечивают надежность и соответствие стандартам [4].

Дополнением к насосам стали гравитационные резервуары. Их размещение на верхних этажах решает две задачи: создает аварийный запас воды и обеспечивает подачу при отключении электричества. Например, в здании Burj Khalifa резервуары ёмкостью 946 тыс. литров расположены на 155-м этаже [1]. Но у этого метода есть «обратная сторона»: каждый кубометр воды добавляет 1,2 тонны нагрузки на конструкции. В зданиях с ограниченной несущей способностью, таких как исторические небоскребы Нью-Йорка, это становится критическим фактором.

К инновационным техническим решениям последнего времени стало внедрение IoT-платформ [5], что хорошо себя зарекомендовало в небоскребе Ping An Finance Centre в Шэньчжэне. В этом здании размещено 5000 датчиков, интегрированных в систему водоснабжения. Они, ежесекундно получают, обрабатывают и передают данные функционирования инженерных систем, обеспечивая непрерывный мониторинг. Датчики давления, основанные на пьезорезистивных элементах, отслеживают колебания напора воды, в то время как терморезисторы (RTD) в температурных сенсорах контролируют нагрев, предотвращая риски перегрева. Многофункциональные сенсоры качества воды дополняют систему: анализируя спектр поглощения в УФ-диапазоне, они выявляют органические загрязнения, а также фиксируют параметры кислотности и мутности. Собранные данные обрабатываются локально микроконтроллерами, после чего передаются через гибридные сети LoRaWAN, что обеспечивает мгновенное реагирование на любые изменения. Практическое применение данной в рассмотренном высотном здании позволило сократить энергопотребление на 18 %.

Еще один тренд в области применения инженерных систем в высотных зданиях – гибридные системы, объединяющие традиционные и инновационные методы. В Лахта Центре, например, зонирование дополнено морозостойкими насосами и резервуарами с подогревом, что критически важно для российского климата, а в сингапурском CapitaGreen солнечные панели питают бустерные насосы, снижая зависимость от внешних сетей.

Таблица 1. Методы водоснабжения и ниши их применения

Методы водоснабжения	Ниши и специфика применения
Зонирование	незаменимо в сверхвысоких зданиях (400 м), но экономически невыгодно для сооружений ниже 200 м.
Бустерные насосы	идеальны для зданий с переменной нагрузкой (офисные центры), но требуют резервных генераторов.
Гравитационные резервуары	обеспечивают надежность, но их стоимость (\$1 млн для 50-этажного здания) ограничивает применение.
IoT-системы	перспективны для «умных» городов, однако их внедрение в России сдерживается отсутствием нормативной базы.

Комбинация методов позволяет нивелировать недостатки. Например, в Шанхайской башне гибридная система объединяет зонирование, солнечные насосы и предиктивную аналитику, сокращая эксплуатационные расходы на 25 % [6].

Сегодня современные проблемы в области организации водоснабжения высотных зданий и обеспечение их иными ресурсами, требуют комбинации применения различных технических решений, совмеща и дополняя друг друга, применения более энергоэффективного оборудования, с целью снижения эксплуатационных расходов и уменьшения финансовой нагрузки на потребителя. Высотным зданиям требуются надежные и по возможности дешевые системы. К настоящему времени накоплен большой опыт в реализации таких технологий, а задача проектных команд - это выбор наиболее оптимальных решений, с учетом достоинств и недостатков, рассмотренных технологий. Кроме того, при реализации таких решений необходимо учитывать предлагаемые компаниями передовые и прогрессивные технологии, материалы и оборудование.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Аль-Мактум, М. б. Р. Системы водоснабжения небоскрёбов: опыт Burj Khalifa // Журнал инженерных решений в урбанистике. – 2015. – Т. 12. – № 4. – С. 45-58.
2. Иванов, А.В., Петров, С.К., Сидоров, Д.Л. Инженерные системы Лахта Центра: вызовы и решения. – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2019. – 234 с.

3. СП 30.13330.2016 (актуализированная редакция СНиП 2.04.01-85)
4. Официальный сайт компании «ГМС Насосы»
5. IoT-Based Smart Water Management Systems for Urban Areas // Sensors. – 2023. – Т. 22, № 3. – С. 876.
6. Смирнов, И.А., Козлов, М.Ю. Гибридные системы водоснабжения в условиях низких температур // Инженерные системы мегаполисов. – 2021. – Т. 15. – № 2. – С. 67-79
7. The Shard Sustainability Report 2020 / Technical Team of The Shard. – London: The Shard, 2020. – P. 12-18.

УДК 007.658.5

Маховицкий В.Г.

*Научный руководитель: Чертов В.Г., канд. техн. наук, доц.
Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

ИННОВАЦИИ - ТРУДНОСТИ СТАНОВЛЕНИЯ

В современных реалиях экономического развития и постоянных инновационных изменений, научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы (НИОКР) стали главным этапом для создания успешных инновационных проектов. Необходимо правильно подойти к данному процессу, чтобы добиться желанного успеха и создать устойчивое предприятие. Рассмотрим основные этапы НИОКР, источники финансирования и ключевые факторы для развития инновационного бизнеса.

Разработка НИОКР от идеи до прототипа. Следует, что на старте любого инновационного проекта стоит четко сформулированная идея. Однако, одним лишь замыслом идеи дело не ограничивается. Для реализации задумки необходимо пройти несколько последовательных этапов, уточняющих и дорабатывающих инновационную идею.

На фазе концепции или первой стадии важно четко определить решаемую проблему. Это может быть, как недостаток определенной технологии в перспективной области, так и запрос рынка на специфический продукт. При исследовании ключевых игроков в сфере, аналитики рынка и целевой аудитории, можно использовать такой традиционный инструмент, как SWOT-анализ или анализ конкурентной среды и др. методы. В целом это поможет выделить уникальное предложение и определить потенциальные направления для НИОКР.

Исследовательская фаза начинается после того, как концепция сформулирована, следует этап исследований. На данной стадии проводятся теоретические и практические исследования проекта. Это может включать изучение существующих данных, проведение экспериментов и тестирование первичных теорий и гипотез. Важно задокументировать все результаты тестирования для дальнейшего анализа и корректировок. На этой стадии главным вопросом является: согласуются ли предварительные результаты с целевой аудиторией, и обратная связь от потенциальных клиентов и партнеров поможет вам лучше понять их ожидания и предпочтения [1].

Далее уже формируется разработка прототипа получив необходимые данные, можно переходить к воплощению своей идеи в реальный прототип. Прототип позволяет протестировать идеи в реальных условиях. Это может быть как бумажный прототип, так и полноценный рабочий образец. На данном этапе важно подготовить все необходимые технические спецификации и документацию по проекту. Прототипирование помогает выявить возможные недостатки продукта на ранних стадиях и позволяет вовремя внести коррективы, но и модернизировать (табл. 1).

После прохождения всех вышеуказанных этапов важно провести комплексную оценку и корректировку полученных результатов. Необходимо проанализировать, соответствует ли продукт ожиданиям целевой аудитории и какова его коммерческая привлекательность. При необходимости, вносят изменения и доработки, чтобы сделать продукт более конкурентоспособным. Правовая оценка решения, патент или регистрация товарного знака, обеспечит юридическую защиту предложения.

Нахождение финансирования. Когда дело доходит до финансирования НИОКР и инновационных проектов, существует множество источников, каждый из которых имеет свои плюсы и минусы.

Гранты и государственные программы, множество государств предлагает программы поддержки инновационных предприятий. В России, например, фонд содействия инновациям и фонд «Сколково» предоставляет гранты и льготные кредиты на проведение НИОКР. Есть также множество региональных программ, которые могут помочь с финансированием на этапе создания продукта. Эти источники обычно требуют подачи заявок и могут занять длительное время на рассмотрение и подготовки.

Инвесторы и венчурный капитал становятся все более популярным источником финансирования стартапов в условиях динамичного развития инновационных технологий. Определив основные этапы проекта, определив стратегию, можно обратиться к венчурным фондам или частным инвесторам. Определив идею и концепцию проекта, они могут

вложится и помогут вам не только в поиске финансирования, но и в развитии бизнеса, делая идеи более устойчивой на рынке.

Есть еще такое понятие, как «Краудфандинг», оно предлагает возможность запустить продукт с минимальными рисками. Платформы вроде бесплатной «Kickstarter» и платной «Boomstarter» позволяют не только собрать средства на проект, но и оценить интерес аудитории к продукту. Если организация процесса пройдет успешно, это знак того, что продукт востребован. Но важно помнить, что успешный краудфандинг требует тщательной подготовки, а также необходима продуманная маркетинговая компания, создание качественного видео и привлекательного контента для привлечения участников к продукту.

Можно также рассмотреть возможность софинансирования с другими компаниями, партнерами или исследовательскими институтами. Это позволит снизить финансовые риски и получить доступ к дополнительным ресурсам и технологическим решениям.

Отвечая на актуальный вопрос, создания инновационного предприятия необходимо также учитывать, что создание инновационного предприятия включает не только успешный запуск продукта, но и важна разработка стратегии дальнейшего развития проекта [2].

Команда единомышленников. Важно для основы любого успешного предприятия является сильная команда. Подбор людей с различными навыками и опытом – необходимое условие для эффективной работы. Формируйте команду на основе компетенций инновационных проектных решений, необходимости в которых ваш проект требует. Также важен сбалансированный подход к руководству: важно, чтобы команда разделяла общие цели и была мотивирована к достижению результатов и преодоления трудностей становления.

Разработка новых продуктов и улучшение существующих – неотъемлемая часть успешного бизнеса и технического прогресса. НИОКР должен стать постоянным, непрерывным, каждодневным процессом. Следить за трендами на рынке вашей сферы проекта, изучать запросы покупателей, а также вносить доработки и модернизацию в свои продукты, чтобы оставаться конкурентоспособными.

Правильный маркетинг. Инновационные проекты требуют особого подхода к маркетингу. Создать не просто уникальное позиционирование на рынке, при этом уделив особое внимание преимуществам продукта перед аналогичными предложениями. Важно также учитывать каналы распространения информации и коммуникации с клиентами. Нужно использовать все виды раскрутки проекта в медиамассы, а именно социальные сети, медиа-платформы, целевая реклама и контент-маркетинг для продвижения продукта.

Помимо этого, важной точкой проекта является финансовое управление, где оптимизация расходов и управление ресурсами это ключевые элементы устойчивого роста. Важно правильно спланировать бюджет, оценить денежные потоки и анализировать эффективность расходов. Это поможет избежать ненужных рисков и сосредоточиться на приоритетных и актуальных направлениях [3,4].

Развитие и масштабирование. Каждое инновационное предприятие сталкивается с вызовами на разных этапах своего существования. Отметим основные аспекты, способствующие его развитию и устойчивому существованию.

Одним из ключевых факторов успеха является способность адаптироваться к изменениям в рынке и быстрому реагированию на запросы клиентов. Это означает, что команда должна быть гибкой и готовой к экспериментам. Часто приходится выходить за рамки привычного и пробовать новые инновационные подходы, активно взаимодействовать с клиентами и учитывать обратную связь, а также нужно уметь принимать критику, чтоб в будущем сделать продукт еще лучше.

Инвестиции в инфраструктуру также играют важную роль в модернизации предприятия. Это могут быть как физические установки (производственные линии, офисные пространства и др.), так и цифровые решения (программное обеспечение, системы управления проектами и др.). Модернизация продукта, оснащения и адекватный выбор технологий позволят существенно увеличить производительность и качество услуг, продукта и агрегатов.

Выстраивание постоянных партнерских отношений на рынке – это важный элемент для обмена ресурсами, информацией и технологиями. Необходимо искать возможности сотрудничества с другими компаниями, высшими техническими школами, вузами и научными центрами. Это возможность дать вам доступ к дополнительным источникам финансирования, новым технологиям и инновационным решениям, которые помогут проекту расти и совершенствоваться.

Стратегический подход к масштабированию бизнеса является еще одним ключевым немаловажным аспектом. Когда ваш тот или иной продукт прошел все этапы тестирования и подтверждены его преимущества, следует рассмотреть возможность выхода на новые рынки или расширение ассортимента, модернизацию товарных образцов. Это создаст новые перспективные возможности и поможет увеличить прибыль [5].

Заключение. Процесс создания успешного инновационного предприятия требует грамотного комплексного подхода, включая НИОКР,

поиск источников финансирования и постоянное развитие. Четкое понимание шагов, необходимых для реализации проекта, позволит минимизировать риски и повысить шансы на успех. Учитывая, что мир меняется стремительно, важно постоянно адаптироваться и думать как уже о ближайших, так и о более долгосрочных стратегиях. К тому же создание инновационного технологического проекта требует усилий, настойчивости и терпеливости. Следуя указанным шагам, создавая сбалансированную разумную команду и рассчитывая на эффективные источники финансирования, что позволяет не только выжить в условиях конкуренции, но и обеспечить успех в дальнейшей деятельности.

На рис. 1 показан процесс развития инноваций. Важным этапом становится начальный этап, преодоления «долины смерти».

На рис 2 предлагаемый комплексный проект инновации. По сравнению со стандартными установками комплекс позволяет выполнить модернизацию по следующим направлениям: 1) аэродинамика, 2) пылединамика и сбор мин, 3) пространственный манипулятор, 4) уборка различных вредностей, 5) очистка выбросов б/воды, 6) грузоподъемность б/воды, 7) дробилка льда б/песка, 8) маневренность (тротуары), 9) раздельная переработка отходов, 10) оптимизация себестоимости, 11) телеуправление, 12) передвижная аварийная электростанция и мастерская, 13) энерговооружённость ручным инструментом, 14) универсальность и 2-е назначение, 15) технология разгона воды, 16) хозяин на территории [6,7].

Необходимо также отметить, что существующая методика проектирования мало приспособлена к современным экономическим условиям. Усовершенствованная методика проектирования представлена в таблице.



Рис. 1. Факторы процесса создания инновационного предприятия.

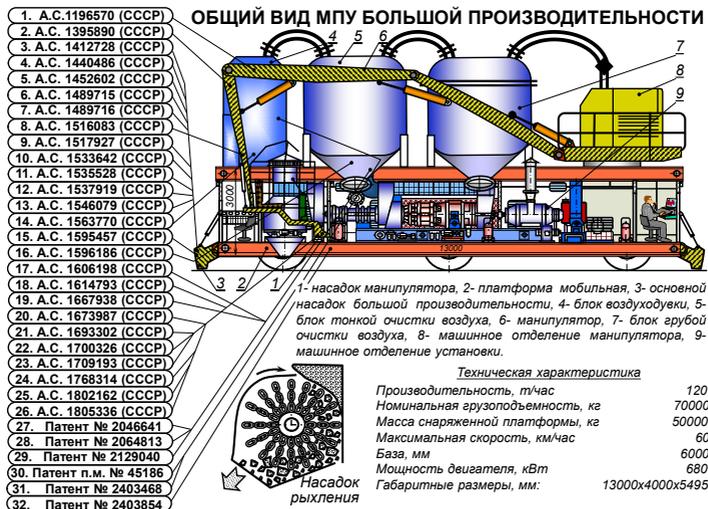


Рис. 2. Предлагаемая перспективная инновационная идея

Таблица 1. Стадии разработки изделий

Стадия разработки	Этап работы
Техническое задание	Разработка технического задания.
Техническое предложение	Разработка технического предложения по результатам анализа технического задания с присвоением документам литеры «П».
Нормативный расчёт	Нормативные и автоматизированные расчёты.
Эскизный проект	Разработка эскизного проекта с присвоением документам литеры «Э».
Патентный формуляр	Патентный формуляр.
Технический проект	Разработка технического проекта с присвоением документам литеры «Т».
Разработка рабочей документации: опытного образца (опытной партии)	Разработка конструкторских документов изготовления и испытания опытного образца (опытной партии). Корректировка конструкторских документов по результатам изготовления и заводских испытаний опытного образца с присвоением конструкторским документам литеры «О». При последующих (повторных) испытаниях и изготовлении опытного образца, и корректировке конструкторских документов им присваивают соответственно литеры «О1», «О2», «О3» и т.д.
установочных серий	Изготовление и испытание установочной серии. Корректировка конструкторских документов по результатам изготовления и испытания с присвоением конструкторским документам литеры «А»
установившегося серийного или массового производства	Изготовление и испытание головной (контрольной) серии. Корректировка конструкторских документов по результатам изготовления головной (контрольной) серии с присвоением литеры «Б» конструкторским документам, окончательно отработанным и проверенным в производстве изготовлением изделий по зафиксированному и полностью оснащённому технологическому процессу
Оформление патентов	Оформление патентов
Автоматизация	Автоматизация и оптимизация расчётов, проектирования и управления.
Коммерциализация	Продвижение на рынок
Итак, запускаем проект, посмотрим, что получится в итоге!?	

ГОСТ 2.103-68 (СТ СЭВ 208-75) устанавливает стадии разработки конструкторской документации на изделия всех отраслей промышленности и этапы выполнения работ.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Малое инновационное предприятие шаг за шагом / С. Ю. Матвеев, Л. Г. Романович, В. Б. Бабаев [и др.]. – Белгород: Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, 2014. – 45 с.
2. Балабанов И. Т. Инновационный менеджмент. СПб.: Питер. 2009. 254 с.
3. Городникова Н.В., Гостева С.Ю., Гохберг Л.М. Грачева Г.А. и др. Индикаторы инновационной деятельности: 2009. Статистический сборник. Изд-во: ГУ- ВШЭ/ Государственный Университет - Высшая Школа Экономики, 2009. 488 с.
4. Гунин В.И., Баранчев В.И., Устинов В.А., Ляпина С.Ю. Управление инновациями: 17-модульная программа для менеджеров «Управление развитием организации». Модуль 7. М.: ИНФРА-М. 2007. 568 с.
5. Victor Gennadievich Chertov, Pavel Alexeevich Trubaev and Lubov Wladimirovna Sokolova, 2014. Improvement of Productivity of Mobile Pneumatic Transporters. Re-search Journal of Applied Sciences, 9: 1124-1133.
6. Victor Gennadievich Chertov, Alexandr Vladimirovich Belousov and Natalia Viacheslavovna Kornilova, 2014. New Technologies, Techniques, Ecological Aspects of Cleaning-Up and Maintenance of Roads, Territories and Production Facilities. Research Journal of Applied Sciences, 9: 825-833.
7. Victor Gennadievich Chertov, Evgeny Ivanovich Evtushenko and Artem Alexandrovich Mochalin, 2014. Energy and Resource Saving in Mobile Pneumatic Transporters. Research Journal of Applied Sciences, 9: 1044- 1052.

Мацукова М.Н., Берёзкин А.С.

Научный руководитель Шеремет Е.О., канд. техн. наук, доц.

Белгородский государственный технологический институт

им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия

ТЕХНОЛОГИИ АДСОРБЦИИ ДЛЯ СБОРА АТМОСФЕРНЫХ ВОД: ПОДХОДЫ, РАЗВИТИЕ, ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Нехватка пресной воды представляет собой одну из самых острых глобальных проблем нашего времени. Согласно Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ), более двух миллиардов человек лишены доступа к чистой питьевой воде, и к 2050 году эта проблема будет только усугубляться в связи с увеличением численности населения и изменением климата. При этом традиционные способы решения проблемы, такие как опреснение и очистка сточных вод, обладают высокой энергоемкостью и негативно сказываются на окружающей среде. Примерно 13 триллионов литров воды могут быть получены с помощью альтернативного метода - сбора воды из атмосферы. В числе способов извлечения атмосферной воды особо выделяют технологию сбора атмосферной воды на основе сорбции, которая демонстрирует высокую эффективность даже в условиях нехватки осадков [1].

Технология сбора атмосферной воды основана на применении полимерного материала, обладающего адсорбционными свойствами. Адсорбция, в данном контексте, означает способность полимера связывать молекулы воды (в газообразной и жидкой фазах) на своей поверхности, тем самым извлекая их из окружающего воздуха [4].

Способы сбора атмосферной воды можно разделить на активные и пассивные:

Активные системы охлаждения, такие как термоэлектрические охладители, нуждаются в энергии для конденсации паров, но при этом демонстрируют высокую эффективность, достигая производительности до 1000 м³/сутки. Ключевым фактором при выборе таких систем является также экологическая безопасность, связанная с отсутствием озоноразрушающих хладагентов, а также их экономическая доступность.

Пассивные технологии (сбор росы, сбор тумана) не требуют затрат энергии, но зависят от климатических условий. Системы сбора тумана

повторяют природные структуры, например, колючки кактуса, и работают эффективно только при высокой влажности.

Регенерация влаги, поглощенной сорбентом, может осуществляться одним из следующих способов: продувкой адсорбента горячим газом-носителем; нагревом слоя извне или изнутри нагревательными элементами; вытеснением поглощенного вещества лучше сорбирующимся веществом; подачей в слой адсорбента подогретого, преимущественно сухого инертного газа; при использовании вакуума; продувкой адсорбента частью осушенного газа с пониженным давлением [5].

Ключевым элементом адсорбционного метода сбора атмосферной воды являются материалы, способные улавливать влагу даже при низкой влажности (<20%). Наиболее перспективными из них являются:

Силикагель – влагопоглощающий материал, состоящий из мельчайших пористых частиц. Благодаря большому количеству гидроксильных групп на поверхности, он активно связывает молекулы воды из окружающей среды, что делает его эффективным осушителем. Материал недорогой и доступный, однако имеет низкую емкость (0,3-0,5) и требует высоких температур для регенерации.

Цеолиты – природные и синтетические минералы с пористой структурой, обладающие высокой адсорбционной способностью, ионным обменом и каталитической активностью. При добавлении солей (LiCl , CaCl_2) их емкость увеличивается до 0,8-1,1.

Металлоорганические каркасы (MOFs) – синтетические материалы с рекордной емкостью до 1,4 при 20% влажности. Они демонстрируют стабильность в течение циклов адсорбции-десорбции [3].

Исследования направлены на сочетание различных материалов для улучшения свойств:

Интеграция MOF с углеродными нановолокнами повышают теплопроводность и скорость процессов адсорбции и десорбции.

Гидрогели, модифицированные гигроскопичными солями (LiCl , CaCl_2), обеспечивают значительное увеличение емкости до 5,2 и эффективно функционируют при очистке воды от загрязнений.

Солнечные системы объединяют металлоорганические каркасы с фототермическими покрытиями, позволяя регенерировать адсорбент с помощью солнечной энергии.

Стоимость воды, полученной методом адсорбционного сбора, варьируется от 0,25 до 0,25-5,86 за кг материала. Наиболее рентабельными являются CaCl_2 и силикагели. Качество воды соответствует стандартам ВОЗ: исследования показывают, что содержание ионов (Na^+ , K^+ , Li^+) остается ниже допустимых пределов.

Адсорбционные технологии сбора атмосферной воды являются перспективным решением для регионов с дефицитом воды. Дальнейшие исследования должны быть направлены на снижение стоимости материалов, повышение их долговечности и адаптацию систем к различным климатическим условиям. Внедрение MOFs и гибридных композитов открывает путь к созданию автономных установок, которые смогут обеспечить чистой водой миллионы людей [1].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Серебряков Р.А., Доржиев С.С., Базарова Е.Г. Разработка способа сбора питьевой воды из атмосферного воздуха за счет влажности региона // *Yessenov science journal* №2 (43)-2022 .

2. Мишнева С.К. Водоснабжение и водоотведение: учеб. метод. Пособие для студентов заоч. Форму обучения с применением дистанц. Технологий специальности 290700 / Белгород: БГТУ им. В.Г.Шухова, 2005-123с.

3. Алифанова А.И. Природные и сточные воды в системах водоснабжения и водоотведения. / А.И. Алифанова, В.М. Киреев. – Белгород: Изд-во БГТУ, 2018.

4. J. Canivet, A. Fateeva, Y. Guo, B. Coasne and D. Farrusseng, Water adsorption in MOFs: fundamentals and applications, *Chem. Soc. Rev.*, 2014, 43(16), 5594–5617

5. Кельцев Н.В. Основы адсорбционной техники. 2-е изд., перераб. И доп. –М., Химия, 1984. – 592с.

6. Тимофеевский Л.С., Азино А.А., Цимбомест А.О. и др. Сравнительная оценка термодинамической эффективности теоретических циклов одноступенчатой абсорбционной бромистолитиевой холодильной машины // *Холодильная техника*. 1985 №2.

Мовенко М.Н., Компанец Б.С.

Научный руководитель: Компанец Б.С., канд. техн. наук, доц.

Алтайский государственный технический университет

им. И.И. Ползунова, г. Барнаул, Россия

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ВОЗОБНОВЛЯЕМОЙ ЭНЕРГЕТИКИ В СОВРЕМЕННЫХ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ

Современная электроэнергетика переживает этап масштабной трансформации, связанной с переходом от традиционных ископаемых источников энергии к возобновляемым. Солнечная, ветровая, гидро- и биоэнергетика становятся ключевыми элементами устойчивого развития энергосистем. Однако их интеграция в существующие сети требует решения ряда технических и экономических задач.

Фотоэлектрические станции (СЭС) и солнечные тепловые электростанции (СТЭС) активно развиваются благодаря снижению стоимости оборудования и повышению КПД солнечных панелей. Современные технологии, такие как двусторонние модули и перовскитные солнечные элементы, позволяют увеличить выработку энергии даже в условиях слабой освещенности.

Мощность ветрогенераторов постоянно растет: современные офшорные ветропарки достигают единичной мощности 15 МВт и более. Однако их интеграция требует развития систем накопления энергии и умных сетей (Smart Grid) для компенсации нестабильности генерации.

Гидроэлектростанции (ГЭС) остаются важным источником гибкой генерации, а малые ГЭС и приливные станции дополняют энергобаланс. Биоэнергетика, включая биогазовые установки, играет роль в утилизации отходов и обеспечении стабильной выработки.

Основная проблема ВИЭ — зависимость от погодных условий. Для компенсации перепадов мощности используются:

- Системы накопления энергии (СНЭ) — литий-ионные, проточные и твердотельные аккумуляторы.
- Гибридные электростанции — сочетание ВИЭ с газовыми турбинами или водородными хранилищами.

Умные сети позволяют балансировать спрос и предложение в реальном времени за счет:

Активного Demand Response — автоматического регулирования потребления.

Микросетей — локальных энергосистем с высокой степенью

автономности.

За последнее десятилетие стоимость 1 кВт·ч от солнечных и ветровых станций упала на 70–80%, что делает их конкурентоспособными даже без субсидий.

ВИЭ сокращают выбросы CO₂, но требуют утилизации отработанных солнечных панелей и лопастей ветрогенераторов. Развитие рециклинга — важное направление устойчивого развития.

Разные страны демонстрируют различные подходы к развитию ВИЭ:

- Европейский Союз: Страны ЕС активно внедряют ветровую и солнечную энергетику, стремясь к углеродной нейтральности к 2050 году. Германия и Дания лидируют в офшорной ветрогенерации, а Испания и Италия — в солнечной энергетике.

- Китай: Крупнейший в мире производитель солнечных панелей и ветрогенераторов. К 2030 году планирует получать 40% электроэнергии из ВИЭ.

- США: Развитие ВИЭ стимулируется налоговыми льготами (IRA – Inflation Reduction Act), особенно в Калифорнии и Техасе.

- Россия: Пока отстает в развитии ВИЭ, но потенциал солнечной энергетики в южных регионах и ветровой в прибрежных зонах огромен

Для многих развивающихся стран ВИЭ - это возможность обеспечить энергобезопасность и электрификацию удаленных регионов:

- В Индии реализуются масштабные программы по развитию солнечной энергетики

- Страны Африки активно внедряют микросети на основе солнечных панелей

- В Латинской Америке (Бразилия, Чили) успешно развивается ветро- и гидроэнергетика

Зеленый водород, производимый с использованием ВИЭ, рассматривается как перспективное решение для:

- Долгосрочного накопления энергии

- Декарбонизации промышленности

- Транспортного сектора

Применение AI позволяет:

- Оптимизировать работу энергосистем с высокой долей ВИЭ

- Точнее прогнозировать выработку энергии

- Автоматизировать управление спросом

- Оптимизировать работу энергосистем с высокой долей ВИЭ

- Разработка более эффективных солнечных элементов (перовскитные, тандемные)

- Создание новых типов аккумуляторов (твердотельные, проточные)
 - Развитие технологий улавливания и хранения углерода (CCUS)
- Возобновляемая энергетика — неотъемлемая часть будущего электроэнергетики. Однако для ее массового внедрения необходимо дальнейшее развитие технологий накопления, цифровизация сетей и оптимизация нормативной базы. Комплексный подход позволит создать надежную, экономичную и экологически чистую энергосистему.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Анна Колосова Энергия ветра: как развивается возобновляемая энергетика, и когда она вытеснит уголь / Анна Колосова [Электронный ресурс] // Хабр: [сайт]. — URL: <https://habr.com> (дата обращения: 26.05.2025).
2. Деловой рофиль Перспективы развития возобновляемых источников энергии в России и крупнейшие генерирующие компании / Деловой рофиль [Электронный ресурс] // Деловой профиль: [сайт]. — URL: <https://delprof.ru/> (дата обращения: 26.05.2025).
3. В. И. Лелеков возобновляемые истóчники энéргии / В. И. Лелеков [Электронный ресурс] // Большая российская энциклопедия: [сайт]. — URL: <https://old.bigenc.ru/> (дата обращения: 26.05.2025).
4. Б. В. Лукутин Возобновляемые источники электроэнергии / Б. В. Лукутин [Электронный ресурс] // Корпоративный портал ТПУ: [сайт]. — URL: <https://portal.tpu.ru> (дата обращения: 26.05.2025).

УДК 69

Мордовин К.С., Паньков Н.С.

*Научный руководитель: Никулин Н.Ю., канд. техн. наук, доц.
Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМ ГОРЯЧЕГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ С ПОМОЩЬЮ ДВУХКОНТУРНЫХ ТЕПЛООБМЕННИКОВ

В современном мире, характеризующемся постоянным ростом потребностей в энергии и осознанием необходимости устойчивого развития, повышение эффективности систем теплоснабжения становится одной из приоритетных задач для теплоэнергетических

предприятий. Энергоэффективные системы теплоснабжения способны не только снизить эксплуатационные расходы, но и значительно уменьшить негативное воздействие на окружающую среду. Это особенно важно в условиях глобального изменения климата и истощения природных ресурсов.

Системы теплоснабжения, обеспечивающие отопление и горячее водоснабжение, часто сталкиваются с высокими потерями тепла и неэффективным использованием ресурсов. Внедрение современных технологий и решений может существенно повысить эффективность этих систем. К таким технологиям можно отнести применение теплообменников, автоматизированных систем управления, широкое внедрение альтернативных источников энергии. Такие улучшения способствуют снижению потребления ископаемых энергоносителей, снижению выбросов парниковых газов и созданию более устойчивых энергетических сетей.

В современных системах горячего водоснабжения (ГВС) особое внимание уделяется повышению энергоэффективности и снижению затрат на отопление. Одним из решений, позволяющих значительно улучшить характеристики данных систем, являются двухконтурные теплообменники. Эти устройства предназначены для утилизации тепла из отработанных потоков и используются в процессе нагрева воды, что делает их важным элементом современного подхода к теплообеспечению.

На Рис. 1 схематично представлен двухконтурный пластинчатый теплообменник ГВС (моноблок), где:

T_{11} - вход теплоносителя греющего контура; T_{12} - выход теплоносителя греющего контура; T_{21} - вход теплоносителя нагреваемого контура; T_{22} - выход теплоносителя нагреваемого контура; T_{112} - второй вход первичного контура; T_{212} - второй вход вторичного контура.

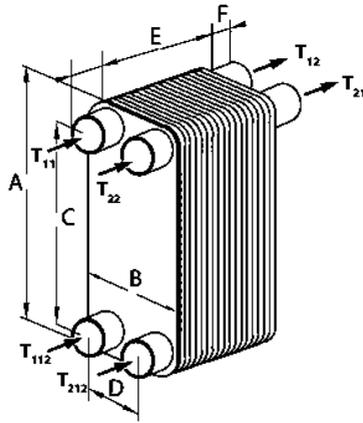


Рис. 1 Вид двухконтурного теплообменника ГВС

Системы горячего водоснабжения (ГВС) в зданиях характеризуются относительно низкой энергетической эффективностью. Следует отметить, что значительная часть тепловой энергии, затраченной на нагрев воды, безвозвратно теряется с отработанными потоками. Решением этой проблемы является применение двухконтурных теплообменников, которые позволяют утилизировать тепло из вторичных энергоресурсов и передавать его в систему ГВС.

Для снижения расходов теплоносителя и затрат на его транспортировку, были разработаны двухступенчатые системы, которые позволяют использовать тепло обратной воды из системы отопления для предварительного подогрева исходной холодной воды. Эта схема основана на принципах работы экономайзера и догревателя. В данном случае процесс приготовления воды для горячего водоснабжения происходит с использованием двух теплообменников. Пластинчатый теплообменник первой ступени устанавливается на обратном трубопроводе системы отопления в последовательной связи с ней и функционирует как экономайзер. В нем холодная вода подогревается до температур 30-40°C, после чего она направляется на вторую ступень, где ее температура повышается до необходимого уровня, обычно 60-65°C, горячим теплоносителем.

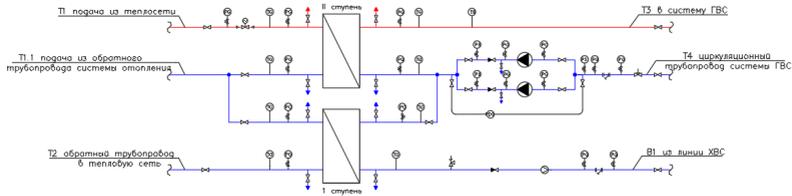


Рис. 2 Двухступенчатая схема с двумя теплообменниками

Принцип работы двухступенчатой схемы присоединения теплообменников основан на наличии двух независимых контуров: первичного и вторичного. Первичный контур осуществляет отбор тепла из отработанных потоков, например, из обратного трубопровода системы отопления, в то время как вторичный контур служит для подогрева воды, предназначенной для системы ГВС. Благодаря такому подходу достигается значительное повышение коэффициента полезного действия (КПД) всей системы ГВС. Этот коэффициент может достигать 90%, что является заметным улучшением по сравнению с традиционными водонагревателями и бойлерами, работающими без утилизации тепла. Обычно КПД таких систем составляют 60-70%.

Конкретный способ использования схемы ГВС выбирается в зависимости от соотношения максимального потока теплоты Q_{hmax} на горячее водоснабжение и максимального потока теплоты Q_{omax} на отопление:

- одноступенчатая параллельная схема:

$$\frac{Q_{hmax}}{Q_{omax}} \leq 0,2, \quad \frac{Q_{hmax}}{Q_{omax}} \geq 1,2; \quad (1)$$

- двухступенчатая схема:

$$0,2 < \frac{Q_{hmax}}{Q_{omax}} < 1,2. \quad (2)$$

где Q_{hmax} – максимальный тепловой поток на горячее водоснабжение за период со среднесуточной температурой наружного воздуха 8 °С и менее (отопительный период), Вт; Q_{omax} – максимальный тепловой поток на отопление при t_o , Вт.

Для расчетов оборудования систем горячего водоснабжения и технологических систем по заданию на проектирование принимаются температуры теплоносителя в тепловой сети в точке излома температурного графика или соответствующие летнему минимуму.

Сравнительно с параллельной схемой, объект, оборудованный двухступенчатой схемой горячего водоснабжения, будет использовать меньшее количество теплоносителя при одинаковых нагрузках. В двухступенчатой системе тепло извлекается из обратной воды для предварительного подогрева. И это решение позволяет снизить потребление теплоносителя и улучшить общую эффективность. В параллельной схеме, напротив, нет этой возможности за счет предварительного подогрева. Поэтому достижение необходимых температур горячей воды сопровождается более высокими затратами. Это делает параллельную схему менее экономичной в условиях одинаковых эксплуатационных условий. Использование двухступенчатой схемы теплообменников в масштабе города позволяет снизить нагрузку насосных станций и выработку тепловой энергии теплосетей.

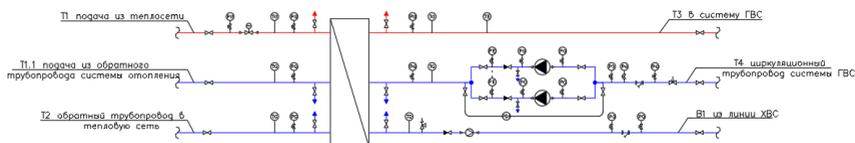


Рис. 2 Двухступенчатая схема с использованием моноблока

Чаще всего в двухступенчатой смешанной схеме обе ступени объединены в одном теплообменнике (Рис. 1). Такой теплообменник называется моноблок. Но не редко встречается и вариант, когда каждая ступень представлена в отдельном теплообменнике (Рис. 2). Преимуществом применения двух теплообменников, по одному на ступень, является удобство в обслуживании (каждый теплообменник удобнее разобрать-собрать нежели моноблок).

Однако, достоинств применения теплообменника моноблока гвс больше:

- экономия средств на теплообменниках (моноблок будет всегда дешевле чем 2 отдельных теплообменника)
- экономия средств на обвязки теплообменников (в обвязке моноблока меньше запорной арматуры и трубопроводов)
- экономия места в помещении.

Моноблок представляет собой конструкцию, в которой два теплообменника помещены в одну раму. Это означает, что в одном устройстве располагаются два пакета пластин, разделенных поворотной пластиной с двумя (верхними или нижними) глухими портами. Обычно пакет второго ступени находится ближе к неподвижной плите, за

которым расположен пакет первой ступени.

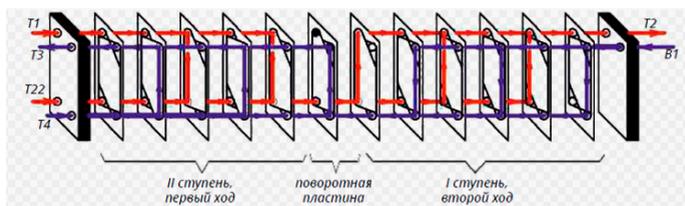


Рис. 3 Устройство двухступенчатого моноблока

Поворотные пластины в двухступенчатом моноблоке для горячего водоснабжения (ГВС) играют ключевую роль в управлении потоками воды и распределением теплоносителя в системе. Эти элементы позволяют изменять направление и скорость потока. И здесь также обеспечивается точное регулирование температуры и расхода горячей воды.

Использование двухконтурных теплообменников представляет собой эффективный способ утилизации тепла и повышения КПД систем горячего водоснабжения в зданиях. Из-за своей высокой эффективности и способности существенно снижать затраты на энергию, данные устройства становятся все более распространенными в современных системах отопления и водоснабжения. Эти преимущества делают двухконтурные теплообменники ключевым элементом в достижении устойчивого энергетического баланса и экономии ресурсов в сфере теплоснабжения.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Александров, А. А. Теплоснабжение / А. А. Александров, Б. А. Орлов. — М.: Издательский дом МЭИ, 2016. — 348 с.
2. Богословский, В. Н. Отопление и теплоснабжение / В. Н. Богословский, А. Н. Сканава. — М.: Стройиздат, 1984. — 432 с.
3. Иванова, Е. А. Анализ эффективности использования пластинчатых теплообменников в системах центрального теплоснабжения // Вестник инженерной школы ДВГТУ. — 2012. — № 4(21). — С. 45–49.
4. Коваленко, В. Н. Пластинчатые теплообменники: конструкции, расчёт, применение / В. Н. Коваленко, В. М. Яковлев. — Киев: Техника, 1990. — 128 с.
5. СП 60.13330.2016. Отопление, вентиляция и кондиционирование. Актуализированная редакция СНиП 41-01-2003.

— М., 2016.

6. СП 124.13330.2012. Свод правил. Тепловые сети. Актуализированная редакция СНиП 41-02-2003.

УДК 699.868

Палий А.К.

Научный руководитель: Маврина И.Н.

*Уральский федеральный университет имени первого Президента
России Б.Н. Ельцина г. Екатеринбург, Россия*

ОРГАНИЗАЦИЯ МОНИТОРИНГА ТЕПЛОПOTЕРЬ В ЗДАНИЯХ НА ОСНОВЕ СИСТЕМЫ «УМНАЯ ПЫЛЬ»

В условиях роста энергопотребления и ужесточения экологических стандартов повышение энергоэффективности зданий становится ключевой задачей современного строительства и жилищно-коммунального хозяйства (ЖКХ). Согласно данным Минстроя России (2023), до 30–40% тепловой энергии в многоквартирных домах теряется из-за негерметичности ограждающих конструкций, мостиков холода и скрытых дефектов изоляции [1]. Традиционные методы диагностики, такие как тепловизионная съёмка и точечные замеры термометрами, обладают рядом недостатков: они требуют ручного проведения, предоставляют данные только на момент проверки и не позволяют отслеживать динамику теплопотерь в реальном времени.

В последние годы активно развиваются технологии «умных зданий» (smartbuildings), основанные на распределённых системах мониторинга. Однако большинство решений, представленных на рынке (например, стационарные датчики температуры и влажности), имеют высокую стоимость установки и обслуживания, что ограничивает их массовое применение.

Перспективным направлением является концепция «умной пыли» (SmartDust) — сети микроскопических беспроводных сенсоров, способных непрерывно собирать данные о состоянии строительных конструкций. Подобные системы могут революционизировать управление энергопотреблением за счёт высокой плотности размещения датчиков (до 100 единиц на 1 м²); автономного питания от энергии вибраций, света или электромагнитных полей; интеграции с цифровыми платформами (BIM) [2].

Практическая значимость исследования подтверждается пилотными проектами в Москве и Казани (2023–2024 гг.), где

аналогичные системы позволили сократить энергопотери на 18–22% в течение первого года эксплуатации [3].

Концепция системы «умная пыль» для мониторинга теплопотерь

Современная реализация системы основана на сети микроскопических датчиков размером менее 1 мм³, которые интегрируются непосредственно в строительные конструкции на этапе возведения здания. Эти датчики образуют самоорганизующуюся сенсорную сеть mesh-типа, обеспечивающую непрерывный контроль температурных параметров по всей площади здания [5].

Каждый сенсор включает три модуля: измерительный, энергетический и коммуникационный. Измерительный модуль содержит высокоточные терморезистивные датчики ($\pm 0,5^\circ\text{C}$), гигрометры для контроля влажности и акселерометры для фиксации вибраций [2]. Энергетический модуль объединяет пьезоэлектрические элементы, преобразующие механические вибрации, микрофотогальванические ячейки и суперконденсаторы для накопления энергии, что обеспечивает полную автономность работы [8]. Коммуникационный модуль использует низкочастотные радиопередатчики (868 МГц) с протоколом LoRaWAN, обеспечивающим дальность связи до 5 км, и систему шифрования данных по алгоритму AES-128 [4].

Работа системы организована по эффективному алгоритму: датчики производят замеры с программируемой периодичностью (от 1 минуты до 1 часа), данные агрегируются через узлы-ретрансляторы и передаются на шлюз, откуда поступают в облачную платформу для анализа и выявления аномалий теплопередачи [5].

Технологические аспекты системы "Умная пыль" для мониторинга теплопотерь

Система на основе 'умной пыли' сочетает микроэлектронику и энергосберегающие технологии [6]. Основу системы составляют микроскопические датчики размером менее 1 мм³, изготовленные из композитных полимеров с нанокерамическими добавками [2], что обеспечивает их устойчивость к экстремальным температурам от -40°C до $+85^\circ\text{C}$. Каждый сенсор оснащен высокоточным терморезистором ($\pm 0,3^\circ\text{C}$) с временем отклика менее 5 секунд [7].

Ключевой особенностью технологии является полностью автономная работа, достигаемая за счет гибридной системы энергоснабжения. Датчики сочетают пьезоэлектрические элементы, преобразующие вибрации здания, и микрофотогальванические ячейки, использующие естественное и искусственное освещение. Накопление

энергии осуществляется с помощью графеновых суперконденсаторов [8], обеспечивающих длительный срок службы системы.

Передача данных осуществляется по адаптированному протоколу LoRaWAN (интервалы 1-60 минут) через самоорганизующуюся mesh-сеть с двухуровневым шифрованием (AES-128 и ECC-256) [4]. Система интегрируется с BIM-платформами, позволяя не только фиксировать, но и прогнозировать тепловые аномалии [5].

По данным Минстроя России [1], такая система в 3-4 раза снижает затраты на мониторинг при одновременном повышении точности и оперативности получаемых данных.

Экспериментальные данные системы "Умная пыль" для мониторинга теплопотерь

Экспериментальные исследования системы "Умная пыль", проведенные в 2023-2024 годах на реальных объектах различного назначения [5], продемонстрировали ее высокую эффективность для мониторинга теплопотерь. Ключевым достижением стала исключительная точность измерений - отклонение всего $\pm 0,4^{\circ}\text{C}$ при частоте замеров каждые 2 минуты [7], что в пять раз превосходит возможности традиционных методов диагностики. Система выявляла скрытые дефекты (78% теплопотерь) и анализировала сезонную динамику с точностью до 5% [1,3].

Важным преимуществом технологии подтвердилась ее полная энергетическая автономность - в течение годового цикла испытаний 98,3% датчиков функционировали без какого-либо обслуживания [8], сохраняя достаточный уровень заряда. В условиях повышенной вибрации на производственном объекте система не только сохранила работоспособность, но и продемонстрировала возможность увеличения частоты передачи данных до 30-секундных интервалов [6]. Надежность беспроводной коммуникации между узлами достигла 99,2% при средней дальности связи 8,5 метров [4].

Экономический анализ подтвердил существенные преимущества технологии: капитальные затраты оказались в 2,8 раза ниже, а эксплуатационные расходы - в 4,5 раза меньше по сравнению с традиционными системами мониторинга [1]. Расчетный срок окупаемости составил от 1,7 года для промышленных объектов до 2,3 лет для жилых зданий [1].

Перспективы и ограничения системы «Умная пыль»

Технология демонстрирует значительный потенциал для повышения энергоэффективности зданий. По данным пилотных проектов, внедрение системы позволяет сократить теплопотери на 18-22%, что соответствует требованиям современных энергосберегающих

стандартов. Перспективы массового распространения технологии к 2030 году оцениваются экспертами как охват 40% новых коммерческих объектов и 15-20% жилого фонда, особенно в рамках государственных программ реновации [1,5].

Однако развитие технологии сталкивается с рядом существенных ограничений. Себестоимость системы остается на 30-40% выше традиционных решений, что сдерживает ее коммерческое внедрение. Технические ограничения включают срок службы ключевых компонентов (5-7 лет для пьезоэлектрических элементов) и необходимость специального обучения персонала. Согласно опросам, 65% управляющих компаний пока сохраняют скептическое отношение к подобным инновациям [1,7].

Так как система имеет ограниченный срок службы можно рассмотреть разные пути решения для долгосрочного мониторинга: использование биоразлагаемых датчиков; использование традиционных датчиков с их заменой/утилизацией через технологические отверстия; использование магнитных креплений для наружных сенсоров. Существуют долговечные пьезоэлектрические сенсоры (15+ лет), которые можно использовать для критических зон. После утилизации датчиков данные для прогнозирования за 5-7 лет работы сохраняются системой. Этих данных достаточно для построения моделей деградации материалов, прогнозирования их износа на 10-15 лет вперед, выявления закономерностей теплопотерь [6,7].

Прогнозы развития отрасли указывают, что при условии государственной поддержки темпы внедрения могут ускориться в 2-3 раза [1].

Технология "умной пыли" представляет собой прорывное решение для современного строительства, предлагая комплексный подход к мониторингу теплопотерь зданий. Основанная на сети автономных нанодатчиков с гибридной системой питания, эта технология демонстрирует исключительную точность измерений и надежность работы в различных климатических условиях. Особую ценность системе придает ее способность интегрироваться с цифровыми платформами управления зданиями, что позволяет не только фиксировать текущее состояние конструкций, но и прогнозировать развитие тепловых аномалий.

Экономическая эффективность технологии подтверждается многократным снижением затрат на мониторинг по сравнению с традиционными методами. Однако, для широкого внедрения потребуется решение ряда задач, включая оптимизацию стоимости

компонентов, разработку соответствующей нормативной базы и создание механизмов замены отработавших датчиков.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Минстрой России. Отчёт о энергоэффективности жилого фонда РФ в 2022 году. – М., 2023. – 98 с.
2. Иванов, А.А. Нанотехнологии в строительных материалах: перспективы и риски / А.А. Иванов, С.К. Петров // Строительные материалы. – 2022. – № 5. – С. 34–41.
3. ГОСТ Р 54851-2011. Здания и сооружения. Метод определения сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций. – М.: Стандартинформ, 2011. – 24 с.
4. Сидоров, В.М. Интернет вещей в ЖКХ: от теории к практике / В.М. Сидоров // Цифровая трансформация. – 2021. – № 3. – С. 56–67.
5. Отчёт о пилотном проекте «Умный квартал». – Казань: Академия наук РТ, 2024. – 45 с.
6. Петров, А.В. Микросенсорные сети в строительстве / А.В. Петров, К.Е. Сидоров. – М.: Стройиздат, 2021. – 184 с.
7. Отчет НИИСФ "Исследование эффективности распределенных систем мониторинга". – М., 2023. – 67 с.
8. Наноинженерия в строительстве. – 2022. – № 2. – С. 45–52.

УДК 697

Паньков С.Е., Крикунова К.О.

*Научный руководитель: Ильина Т.Н., д-р техн. наук, проф.
Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

АНАЛИЗ ТРЕБОВАНИЙ К ОРГАНИЗАЦИИ ВЕНТИЛЯЦИИ В ИЗОЛЯЦИОННЫХ БОКСАХ ИНФЕКЦИОННЫХ СТАЦИОНАРОВ

Инфекционные больницы представляют собой объекты с повышенными требованиями к обеспечению санитарно-эпидемиологической безопасности. Основной задачей таких учреждений является изоляция источника инфекции, предотвращение перекрёстного инфицирования пациентов и защита персонала.

Инфекционные больницы проектируются по принципу зонирования. При данном методе каждый инфекционный профиль (грипп, кишечные, контактные инфекции и др.) размещается в

отдельном блоке, что обеспечивает полную автономность каждого из них в условиях эпидемии. Каждый корпус должен иметь отдельные входы, лестницы, приточно-вытяжные системы и коммуникации.

Одним из важнейших элементов системы инженерной защиты является грамотно спроектированная система вентиляция. В отличие от общебольничных зданий, в инфекционных учреждениях система вентиляции должна не только обеспечивать нормативный воздухообмен в помещениях, но и:

- строго обеспечивать изоляцию инфекционных зон;
- управлять направлением поток воздуха;
- исключать рециркуляцию загрязнённого воздуха;
- поддержания перепадов давления;

Обеспечение изоляции обусловлено множеством причин. Многие вирусы и бактерии распространяются воздушно-капельным или аэрозольным путём, что создаёт угрозу передачи патогенов от инфицированных пациентов к другим пациентам, медицинскому персоналу и посетителям. Без надёжной изоляции зон и правильно организованной вентиляции риск распространения инфекций существенно возрастает. Пациенты и сотрудники должны быть уверены в том, что учреждение безопасно и соответствует санитарным нормам. Отсутствие должной изоляции может привести к недоверию и жалобам. В следствии чего учреждение несёт административную, гражданскую и даже уголовную ответственность. Не соблюдение норм и стандартов приведёт к закрытию отделений или даже больницы.

Системы вентиляции медицинский учреждений должны строго соответствовать требованиям нормативных документов. В первую очередь к ним относится такой документ, как **СП 158.13330.2014** «Здания и помещения медицинских организаций» [1]. Он регламентирует архитектурно-планировочные и инженерные решения для медицинских объектов. Например:

- **Пункт 5.3.8:** палаты для больных воздушно-капельными инфекциями размещаются в индивидуальных изоляционных боксах.
- **Пункт 6.6.4:** в инфекционных стационарах вентиляция должна быть механической.
- **Обязательна** вытяжка из санузлов и палат, приток - в шлюзы или коридоры.
- **Не допускается** объединение вентиляционных каналов разных помещений и палат.
- Размещение оборудования (вентиляционных установок) допускается только вне «грязной» зоны (например, в технических подвалах, чердаках).

Выбор приточно-вытяжных систем с механическим побуждением обусловлен необходимостью строгого контроля направления потоков, перепадов давления и фильтрации воздуха. Естественная вентиляция не обеспечивает стабильных параметров. Системы должны быть автономны для каждого бокса и оборудованы автоматикой контроля давления и аварийного оповещения.

При проектировании систем обеспечения микроклимата стоит опираться на требования **СанПиН 3.3686-21** «Санитарно-эпидемиологические требования по профилактике инфекционных болезней» [2], т.к. он является главным санитарным документом, устанавливающим требования к качеству воздуха, воздухообмену и зонам риска. Стоит обратить внимание на следующие пункты:

- **Пункт 10.3.4:** запрещено использовать рециркуляцию воздуха в инфекционных отделениях.

- **Пункт 10.3.6:** воздух должен удаляться из помещений с высокой микробной нагрузкой через отдельные вытяжные системы, оснащённые бактерицидными фильтрами (HEPA) или устройствами обеззараживания.

- **Пункт 10.3.8:** для инфекционных палат и боксированных помещений должно быть предусмотрено разрежение воздуха до -15 Па.

Рециркуляция воздуха в помещениях полностью исключается, т.к. отработанный воздух возвращается в помещение после частичной очистки. Даже если установлены HEPA фильтры, всегда существует риск того, что они не задержат все вирусные частицы и бактерии. Также со временем фильтры будут терять свою способность к очистке воздуха, что скажется на их эффективности использования и приведет к тому, что вместо притока чистого воздуха в помещения будет подаваться тот же удаляемый воздух с меньшей концентрацией загрязнений. Это особенно опасно при наличии в вытяжном воздухе возбудителей вирусных или бактериальных инфекций, которые могут долго находиться в воздухе и сохранять жизнеспособность.

Без требуемой герметизации и организации разрежения воздуха, инфицированные воздушные массы будут попадать в общие коридоры, вестибюли или даже за пределы медицинского учреждения. Это создаёт угрозу распространения инфекции за пределами здания и может спровоцировать локальные или массовые вспышки.

Организация системы вентиляции в инфекционных больницах — это не просто инженерная задача, а ключевой элемент санитарно-эпидемиологической безопасности. Эффективное проектирование должно обеспечивать полную изоляцию инфекционных зон, строгое управление потоками воздуха, поддержание перепадов давления и

полное исключение рециркуляции. Это позволяет предотвратить перекрёстное заражение, защитить медицинский персонал и ограничить распространение инфекции за пределы лечебного учреждения. Вся система микроклимата должна соответствовать требованиям нормативных документов. Нарушения этих требований не только угрожают здоровью пациентов и персонала, но и влекут за собой административные и уголовные последствия для учреждения. В условиях высокой инфекционной нагрузки инженерная надёжность вентиляции становится вопросом общественной безопасности и доверия к здравоохранению.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. СП 158.13330.2014. Здания и помещения медицинских организаций.
2. docs.cntd.ru ПОСТАНОВЛЕНИЕ от 28 января 2021 года N4 Об утверждении санитарных правил и норм СанПиН 3.3686-21 «Санитарно-эпидемиологические требования по профилактике инфекционных болезней» [Электронный ресурс] – URL: <https://docs.cntd.ru> (Дата обращения: 22.05.2025).
3. Комар В.И. Инфекционные болезни и сестринское дело // В.И. Комар / 3-е изд. Минск: УП «Издательство "Вышэйшая школа"», 2013. 416 с.
4. Борисоглебская А.П. Лечебно-профилактические учреждения. Общие требования к проектированию систем отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха // А. П. Борисоглебская / Москва: АВОК-ПРЕСС, 2008. 141 с.
5. Ильина Т.Н. Математическое моделирование распределения вентиляционных воздушных потоков в больничной палате // Т.Н. Ильина, А.Ю. Феоктистов, И.В. Дивиченко, В.И. Дивиченко / Вестник Белгородского Государственного Технологического Университета им. В.Г. Шухова, 2008, №2. с. 31-34.
6. Ильина Т.Н. Инновационные способы микроклиматической поддержки в помещениях крытых бассейнов //Ильина Т.Н., Глебова О.В., Небыльцова И.В. / Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова, 2016, №8. с.113-116.

УДК 69.001.5

Свердликос С.С.

Научный руководитель: Назаренко Е.И., канд. техн. наук, доц.

Белгородский государственный технологический университет

им. В. Г. Шухова, г. Белгород, Россия

ОБЗОР СОВРЕМЕННЫХ МЕТОДОВ И ТЕХНОЛОГИЙ ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Вопросы энергоэффективности в строительстве приобретают всё большую значимость в современном мире. В условиях роста населения, урбанизации и увеличения потребления природных ресурсов остро встаёт проблема оптимизации использования энергии в зданиях. Энергоэффективность играет ключевую роль в снижении эксплуатационных расходов, уменьшении воздействия на окружающую среду и создании комфортной среды обитания для людей.

Современные тенденции в архитектуре и строительстве направлены на создание зданий, которые потребляют минимальное количество энергии, сохраняя при этом высокий уровень комфорта и безопасности. Для достижения этих целей разрабатываются новые материалы, технологии и методы проектирования, которые позволяют значительно улучшить показатели энергоэффективности. Одним из важных аспектов является интеграция возобновляемых источников энергии, таких как солнечные панели, ветровые турбины и геотермальная энергия, в строительные проекты.

Важной задачей является также разработка и внедрение интеллектуальных систем управления зданием (BMS), которые позволяют оптимально регулировать параметры микроклимата, освещение, вентиляцию и отопление в зависимости от текущих потребностей и внешних условий. Эти системы способны значительно сократить затраты на электроэнергию и обеспечить более эффективное использование ресурсов[1].

Целью данной статьи является обзор современных методов и технологий повышения энергоэффективности в строительстве. Мы рассмотрим ключевые аспекты, влияющие на энергоэффективность зданий, такие как теплоизоляция, использование возобновляемых источников энергии и интеллектуальные системы управления. Также будут проанализированы последние достижения в области разработки новых строительных материалов и конструкций, способствующих улучшению тепловых характеристик зданий.

Одним из важнейших направлений повышения энергоэффективности зданий является использование высокоэффективных теплоизоляционных материалов. Традиционные утеплители, такие как минеральная вата и пенополистирол, уже долгое время занимают лидирующие позиции на рынке благодаря своим проверенным характеристикам. Однако в последнее десятилетие наблюдается активный переход к новым материалам, которые предлагают улучшенные свойства и возможности для дальнейшего сокращения теплопотерь[2].

Одним из ярких примеров таких новшеств являются вакуумные изоляционные панели (VIP). Эти многослойные конструкции содержат внутренний вакуумный слой, который обеспечивает исключительно высокие теплоизоляционные характеристики при минимальной толщине материала. VIP-панели представляют собой компактное решение, позволяющее значительно сократить толщину стен и других ограждающих конструкций без потери их тепловой эффективности. Применение таких панелей особенно актуально в условиях ограниченного пространства, где каждый сантиметр имеет значение.

Другой важный тренд в сфере теплоизоляции — это активное развитие биоразлагаемых и экологически чистых материалов. Целлюлозная вата, конопляный утеплитель, овечья шерсть и другие натуральные продукты становятся всё более востребованными благодаря своей способности обеспечивать хорошую теплоизоляцию и одновременно снижать углеродный след. Эти материалы производятся из возобновляемых источников сырья, что делает их привлекательными с точки зрения экологической устойчивости. [3].

Важно отметить, что натуральные материалы часто требуют специальной обработки для обеспечения долговечности и предотвращения биологических повреждений. Тем не менее, они остаются предпочтительным выбором для тех, кто стремится к созданию экологически чистого и здорового жилого пространства. [4].

Помимо натуральных материалов, также развивается направление использования аэрогелей — ультралёгких материалов с низкой теплопроводностью. Аэрогель, созданный на основе кремнезёма, обладает рекордно низкими показателями теплопередачи и может использоваться в самых разных конструкциях, от оконных рам до изоляции трубопроводов.

Значительную роль в повышении энергоэффективности зданий играют интеллектуальные системы управления (BMS), которые представляют собой комплекс программно-аппаратных средств, предназначенных для автоматизации и оптимизации процессов

управления различными инженерными системами здания. Эти системы позволяют значительно сократить расход энергии за счёт точного контроля над освещением, отоплением, вентиляцией и кондиционированием воздуха, учитывая внешние факторы и текущие потребности пользователей.

Основой функционирования BMS являются датчики, которые собирают информацию об окружающей среде и передают её центральному контроллеру. Датчики движения, освещённости и температуры играют ключевую роль в управлении системой. Они позволяют автоматически включать и выключать свет, изменять температуру в помещениях, активировать или деактивировать системы вентиляции и кондиционирования в зависимости от присутствия людей и уровня естественного освещения.

Особое внимание заслуживает концепция «умного» дома, которая воплощается в полной интеграции всех инженерных систем здания в единую сеть под управлением BMS. В «умном» доме все устройства и системы работают согласованно, обмениваясь данными и реагируя на изменения внешней и внутренней обстановки. Такой подход позволяет не только экономить энергию, но и создавать максимально удобные и безопасные условия для жизни и работы.

Кроме того, BMS могут быть интегрированы с другими системами, такими как охранные сигнализации, видеонаблюдение и даже системы управления доступом. Это позволяет создать комплексное решение для управления всем зданием, обеспечивающее безопасность, комфорт и энергоэффективность.

Применение BMS не ограничивается жилыми домами. Эти системы находят широкое применение в коммерческих и промышленных зданиях, где экономия энергии может иметь значительный экономический эффект. В офисных центрах, торговых комплексах и производственных объектах BMS помогают оптимизировать работу инженерных систем, сокращая затраты на эксплуатацию и обслуживание. [5].

Использование возобновляемых источников энергии (ВИЭ) становится одним из наиболее популярных способов повышения энергоэффективности зданий. ВИЭ включают в себя такие источники, как солнечная энергия, ветер, геотермальная энергия и гидроэнергия. Эти источники позволяют значительно снизить зависимость от традиционных видов топлива, таких как нефть, газ и уголь, и тем самым уменьшить выбросы углекислого газа и других вредных веществ в атмосферу.

Солнечные батареи, установленные на крышах или фасадах зданий, преобразуют солнечный свет в электричество, которое затем используется для питания бытовых приборов, освещения и других нужд. Ветрогенераторы, хотя и менее распространены в городской застройке, также могут быть установлены на открытых участках или на высоте, где скорость ветра достаточно высока для генерации значительного количества энергии. [6].

Геотермальные системы используют тепловую энергию Земли для отопления и охлаждения зданий. Геотермальный насос извлекает тепло из подземных вод или грунта и передает его внутрь здания, что позволяет значительно сократить расходы на традиционное отопление. Летом этот же принцип работает в обратном направлении, отводя лишнее тепло наружу.

Особенно эффективным является комбинирование ВИЭ с накопителями энергии, такими как литий-ионные аккумуляторы. Эти устройства позволяют аккумулировать избыток энергии, производимой в дневное время или при благоприятных погодных условиях, и использовать её в моменты пикового спроса или в ночное время, когда производство солнечной или ветровой энергии снижается. [7].

Повышение энергоэффективности в строительстве требует комплексного подхода, включающего использование современных материалов, внедрение интеллектуальных систем управления и применение возобновляемых источников энергии. Развитие новых технологий и материалов открывает широкие перспективы для создания зданий с минимальными затратами на эксплуатацию и максимальным уровнем комфорта для пользователей. При этом важно учитывать экологические аспекты и стремиться к использованию экологически чистых и безопасных решений.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Kibert C.J. Sustainable Construction: Green Building Design and Delivery. – Hoboken, NJ: Wiley, 2016. – 448 p.
2. Косухин М. М., Шарапов О. Н., Богачева М. А., Косухин А. М. Вопросы энергосбережения в условиях устойчивого функционирования, модернизации и развития жилищного фонда // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. – 2016. – № 10. – С. 51-61.
3. Косухин М. М., Косухин А. М., Богачева М. А. Пути снижения энергоемкости жилищно-коммунального комплекса муниципальных образований // В сб.: Научно-технические технологии и инновации, Белгород,

06–07 октября 2016 года / Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. Белгород: Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, 2016. Том Часть 9 – С. 39-44.

4. Анализ внедрения технологий энергосбережения в странах Евросоюза / Косухин М.М, Семак А. В., Косухин А. М., Богачева М.А. // В сб.: Научно-технические технологии и инновации, Белгород, 06–07 октября 2016 года / Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. Белгород: Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, 2016. Том Часть 9 – С. 45-49.

5. Syed A., Summers M. Advanced Building Technologies for Sustainability. – New York: John Wiley & Sons, 2009.

6. Tuohy P., Manca M. (eds.) Energy Efficiency in Buildings: The European Experience. – Cham: Springer, 2020. – (Lecture Notes in Energy; Vol. 88). – 343 p.

7. Spiegel R., Meadows D. Green Building Materials: A Guide to Product Selection and Specification. – 3rd ed. – Hoboken, NJ: John Wiley & Sons, Inc., 2010. – 432 p.

УДК 69.001.5

Свердлик С.С.

Научный руководитель: Назаренко Е.И., канд. техн. наук, доц.

*Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

ОПТИМИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ ВЕНТИЛЯЦИИ И КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ВОЗДУХА ДЛЯ СНИЖЕНИЯ ЭНЕРГОЗАТРАТ

Современные здания, будь то жилые дома, офисные центры или производственные помещения, требуют эффективного управления микроклиматом внутри помещений. Система вентиляции и кондиционирования воздуха (HVAC) играет ключевую роль в обеспечении комфортных условий проживания и работы, однако она также является одним из основных потребителей энергии[1]. Согласно исследованиям, до 40% общего потребления электроэнергии в зданиях приходится именно на HVAC-системы. Это делает оптимизацию работы вентиляционных установок важным аспектом повышения энергоэффективности зданий и сокращения эксплуатационных расходов.

Кроме того, проблема оптимизации становится особенно актуальной в условиях глобального изменения климата и роста цен на энергоносители[2]. Энергоэффективные здания не только способствуют сокращению выбросов парниковых газов, но и помогают владельцам и арендаторам снижать операционные издержки. С учетом долгосрочной перспективы инвестиции в модернизацию HVAC-систем окупаются многократно благодаря экономии на счетах за электричество и топливо.

Современный рынок предлагает широкий спектр решений для улучшения эффективности систем вентиляции и кондиционирования, начиная от внедрения новых технологий и заканчивая изменением подходов к управлению этими системами[3]. Комплексный подход к оптимизации включает в себя не только технические меры, но и организационные, образовательные аспекты, направленные на формирование культуры осознанного потребления энергии среди конечных пользователей.

Интеллектуальная система управления HVAC представляет собой комплекс технологий и устройств, предназначенных для автоматического регулирования работы вентиляционной и кондиционерной техники в здании. Основная цель таких систем заключается в максимальном повышении энергоэффективности и комфорта пользователей путем точного и своевременного реагирования на изменение внешних и внутренних факторов[4].

Основные элементы интеллектуальной системы управления HVAC:

1. Датчики. Датчики являются основой любой интеллектуальной системы. Они измеряют различные параметры окружающей среды, такие как температура, влажность, качество воздуха, присутствие людей и даже освещенность[5]. В зависимости от типа датчика и места его установки, они могут фиксировать данные как внутри помещений, так и снаружи здания.

2. Контроллеры. Контроллеры обрабатывают сигналы от датчиков и принимают решения о необходимых действиях[6]. Эти устройства могут включать или выключать оборудование, изменять скорость вращения вентиляторов, настраивать температурные режимы и другие параметры работы HVAC-системы. Они используют заранее запрограммированные алгоритмы или машинное обучение для адаптации работы системы к текущей ситуации.

3. Исполнительные механизмы. Исполнительные механизмы непосредственно воздействуют на оборудование HVAC-системы. Это могут быть приводы клапанов, регуляторы скорости вентиляторов,

электромагнитные клапаны и другие устройства, которые физически управляют потоками воздуха, воды или хладагента.

4. Интерфейсы управления. Интерфейсы управления предоставляют пользователям возможность контролировать и настраивать систему вручную[7]. Это могут быть настенные панели, мобильные приложения или веб-интерфейсы, позволяющие удаленно управлять системой, отслеживать её состояние и получать уведомления о возможных проблемах.

Преимущества интеллектуальных систем управления HVAC:

- Энергоэффективность. Одной из главных целей внедрения интеллектуальных систем является снижение энергопотребления. Автоматическая настройка работы оборудования в зависимости от реальных потребностей здания позволяет избегать избыточной работы и минимизировать расход энергии.

- Комфорт пользователей. Благодаря точной регулировке параметров микроклимата, интеллектуальные системы обеспечивают высокий уровень комфорта для обитателей здания. Пользователи могут настроить индивидуальные предпочтения, а система будет поддерживать заданные параметры автоматически.

- Надежность и долговечность оборудования. Плавная работа оборудования и отсутствие перегрузок способствует увеличению срока службы техники. Интеллектуальные системы также могут предупреждать о потенциальных проблемах, позволяя проводить плановое обслуживание и ремонт до возникновения серьезных поломок.

- Экономия средств. Снижение энергопотребления ведет к уменьшению счетов за коммунальные услуги. Инвестиции в интеллектуальную систему управления быстро окупаются за счет экономии на электроэнергии и ремонте оборудования [8].

- Экологическая устойчивость. Сокращение энергопотребления означает уменьшение выбросов углекислого газа и других вредных веществ в атмосферу, что положительно сказывается на экологии и соответствует современным стандартам устойчивого строительства.

Погодозависимые алгоритмы управления. Система учитывает наружные погодные условия и адаптирует работу HVAC-системы соответственно. Например, в холодную погоду система может активировать подогрев воздуха, а в жаркую — усилить кондиционирование.

Система присутствия. Если в помещении отсутствуют люди, система может временно отключать или снижать интенсивность работы оборудования, сохраняя при этом минимальный уровень комфорта[9].

Геотермическое отопление и охлаждение. Интеграция HVAC-системы с геотермальными установками позволяет использовать стабильную температуру грунта для обогрева зимой и охлаждения летом, что значительно снижает потребность в традиционных источниках энергии.

Управление качеством воздуха. Включение функции очистки воздуха или его увлажнения/осушения в зависимости от показаний датчиков качества воздуха улучшает самочувствие людей и предотвращает распространение вирусов и бактерий[10].

Развитие технологий искусственного интеллекта и интернета вещей открывает новые возможности для совершенствования интеллектуальных систем управления HVAC. Машинное обучение и предиктивная аналитика позволяют ещё точнее предсказывать потребности здания и адаптироваться к изменениям в режиме реального времени. Будущее принадлежит интегрированным системам, объединяющим управление HVAC с другими инженерными сетями здания, такими как освещение, безопасность и управление энергией.

Таким образом, интеллектуальные системы управления HVAC представляют собой важнейший элемент современного энергоэффективного и комфортного здания. Их внедрение способствует значительному улучшению экономических показателей эксплуатации зданий, повышению качества жизни пользователей и сохранению природных ресурсов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Белова Е.М. Системы вентиляции и кондиционирования: Теория и практика / Е.М. Белова. — М.: Арина, 2003. — 352 с.
2. Шарапов В.И., Карпов Л.И. Энергосбережение в инженерных системах зданий / В.И. Шарапов, Л.И. Карпов. — Саратов: Саратовский государственный технический университет, 2002. — 144 с.
3. Aynur Unsal et al. "Energy Efficient Building Designs Using Passive Cooling Techniques." *International Journal of Sustainable Energy*, vol. 34, no. 1, 2015, pp. 57-69.
4. Kumar R., Kaushik S.C. Study of energy performance and economic analysis of ventilation strategies in office buildings in composite climate // *Energy and Buildings*. — 2014. — Vol. 76. — P. 326–335.
5. Косухин М. М., Шарапов О. Н., Богачева М. А., Косухин А. М. Вопросы энергосбережения в условиях устойчивого функционирования, модернизации и развития жилищного фонда //

Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. – 2016. – № 10. – С. 51-61.

6. Косухин М. М., Косухин А. М., Богачева М. А. Пути снижения энергоемкости жилищно-коммунального комплекса муниципальных образований // В сб.: Научно-технические технологии и инновации, Белгород, 06–07 октября 2016 года / Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. Белгород: Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, 2016. Том Часть 9 – С. 39-44.

7. Анализ внедрения технологий энергосбережения в странах Евросоюза / Косухин М.М, Семак А. В., Косухин А. М., Богачева М.А. // В сб.: Научно-технические технологии и инновации, Белгород, 06–07 октября 2016 года / Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. Белгород: Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, 2016. Том Часть 9 – С. 45-49.

8. Nardelli M.J., Reid J.M. An experimental study on the effects of humidity control strategy on indoor air quality during summer in hot-humid climates // Building and Environment. — 2013. — Vol. 66. — P. 156–165.

9. Голубков Б.Н., Пушняков Н.К., Ильичёв В.Ю. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха объектов агропромышленного комплекса и жилищно-коммунального хозяйства / Б.Н. Голубков, Н.К. Пушняков, В.Ю. Ильичёв. — СПб.: Политехника, 2005. — 424 с.

10. Unsal A., Ozkan D.B. Energy efficient building designs using passive cooling techniques // International Journal of Sustainable Energy. — 2015. — Vol. 34, No. 1. — P. 57–69.

УДК 621.577

Сильченко Д.В.

*Научный руководитель: Саввин Н.Ю. канд. техн. наук, доц.
Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ В СИСТЕМАХ ОТОПЛЕНИЯ

Современные технологии отопления стремятся к снижению зависимости от ископаемого топлива и повышению энергоэффективности. Среди наиболее перспективных решений для

систем отопления выделяются солнечные коллекторы и тепловые насосы.

Солнечный коллектор – это устройство, предназначенное для преобразования солнечной радиации в тепловую энергию. Он используется в системах нагрева воды и отопления помещений. Основным элементом коллектора – абсорбер, который улавливает солнечные лучи и преобразует их в тепло. Это тепло улавливается теплоносителем – обычно жидкостью, циркулирующей по медным трубкам, встроенным в абсорбер. Далее нагретый теплоноситель передаёт полученную энергию через теплообменник воде, используемой в бытовых целях. [1].

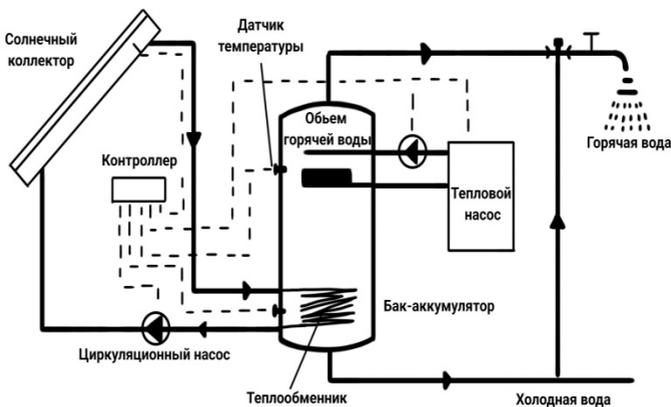


Рис. 1. Схема геосистемы

Существуют несколько типов тепловых коллекторов:

1. Жидкостные.
2. Воздушные.

В жидкостных солнечных коллекторах теплоноситель нагревается с помощью абсорбера. При этом движение жидкости может осуществляться двумя способами. В системах с естественной циркуляцией циркуляция возникает за счёт разности плотностей между холодным и нагретым теплоносителем – такие устройства называют коллекторами с прямоточной циркуляцией. В системах с принудительной циркуляцией движение жидкости обеспечивается циркуляционным насосом.

Солнечные коллекторы также делятся на два типа по критерию зависимости от внешнего источника энергии:

Энергозависимые – требуют дополнительного питания (например, для работы насоса);

Энергонезависимые - функционируют без внешнего источника энергии, используя только природные физические процессы.

Что касается конструктивных решений, то если нагретый теплоноситель непосредственно поступает в систему отопления или горячего водоснабжения, такие установки называют одноконтурными или одноступенчатыми. Если же используется промежуточный контур с теплообменником, в котором испаряется специальная низкокипящая жидкость, а затем её пар передаёт тепло основной системе, то такая система называется двухконтурной или двухступенчатой.

Затем этот пар конденсируется на теплосъёмнике, передавая тепло отдельному контуру с теплоносителем [2].

Солнечные коллекторы эффективны в регионах с высокой солнечной активностью (Южная Европа, Ближний Восток, южные регионы России) при подогреве воды в бассейнах и горячем водоснабжении (ГВС). Малоэффективны в северных регионах с коротким световым днём и частой облачностью, в качестве источника тепла в зимнее время.

Тепловой насос – это устройство, которое собирает рассеянное тепло из окружающей среды (земли, воды или воздуха) и передаёт его в систему отопления дома [3].

Система отопления с тепловым насосом включает три контура:

1. Коллектор с теплоносителем, который накапливает низкопотенциальное тепло из грунта;
2. Сам тепловой насос, внутри которого циркулирует хладагент (чаще всего фреон);
3. Отопительный контур, который принимает тепло от горячего хладагента.

Эффективность теплового насоса заключается в том, что он вырабатывает больше тепловой энергии, чем потребляет электроэнергии. Он использует тепло земли – аккумулированную солнечную энергию, которая сохраняется в грунте круглый год. На глубине нескольких метров температура грунта остается стабильной, что делает систему независимой от погодных условий.

Тепловые насосы эффективны в регионах с умеренным и холодным климатом (Северная и Центральная Европа, северные регионы России), в системах отопления с низкотемпературными теплоносителями). Малоэффективны в районах с высокими температурами, в зданиях с высокой теплоизоляцией из-за больших теплопотерь.

Экономичность теплового насоса проявляется в передаче 1 кВт·ч тепловой энергии в отопительную систему требуется всего 0,2–0,35

кВт·ч электроэнергии. Такие установки актуальны там, где другие варианты отопления обходятся дороже [4].

Преимущества тепловых насосов в быту и промышленности:

1. Высокая экономичность.
2. Простота эксплуатации.
3. Снижение требований к вентиляции и повышение пожарной безопасности.
4. Возможность работать как на отопление зимой, так и на охлаждение летом.
5. Компактные размеры и низкий уровень шума, что делает их удобными для частных домов [5].

Таблица 1 Сравнительный анализ солнечных коллекторов и тепловых насосов

Параметры	Солнечные коллекторы	Тепловые насосы
Источник энергии	Солнечное излучение	Грунт, воздух, вода
Эффективность зимой	Низкая	Высокая
Зависимость от климата	Высокая	Средняя
Затраты	Низкие - средние	Высокие
Экономия на энергии	30-50%	50-70%

Солнечные коллекторы уместно использовать в южных регионах и для горячего водоснабжения. В северных регионах их можно применять только как вспомогательный источник тепла. Тепловые насосы для холодных регионов, но они потребуют больше затрат. Оптимальным вариантом будет использование комбинированных систем, где солнечные коллекторы работают в теплое время года, а тепловые насосы обеспечивают отопление зимой.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Возобновляемые и вторичные источники энергии инженерных систем при эксплуатации и реконструкции зданий и сооружений / Т. Н. Ильина, Н. Ю. Саввин, О. А. Аверкова, К. И. Логачев // Вестник евразийской науки. – 2023. – Т. 15, № 4. – EDN ENJZMH.

2. Торопов А.Л. Т61 Рецензенты: Комбинированные тепловые гелиосистемы. Ч. 1. Тепловые солнечные коллекторы для индивидуальных и децентрализованных систем отопления и горячего водоснабжения: учебное пособие. - М.: Издательский дом Академии Естество знания, 2019. - 19-21 с.

3. Тепломассообменные процессы в испарительном блоке воздушного теплового насоса / Т. Н. Ильина, П. А. Орлов, Н. Ю. Саввин, Ю. В. Елистратова // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. – 2024. – № 4. – С. 36-44. – DOI 10.34031/2071-7318-2024-9-4-36-44. – EDN TJEWSV

4. Дадацкий А. В., Космовский П. Ю. Тепловой насос. Принцип работы теплового насоса / Традиции, современные проблемы и перспективы развития строительства. Сборник научных статей. Редколлегия: А.Р. Волик [и др.]. Гродно, 2019. – 172-173 с.

5. Саввин, Н. Ю. Математическое моделирование жизненного цикла инженерных систем здания / Н. Ю. Саввин // Научный журнал. Инженерные системы и сооружения. – 2024. – № 4(58). – С. 15-23. – DOI 10.36622/2074-188X.2024.34.62.002. – EDN CVDXBN

УДК 536.2.02

Сильченко Д.В.

*Научный руководитель: Саввин Н.Ю. канд. техн. наук, доц.
Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ КОНВЕКЦИИ И РАДИАЦИИ В ИНЖЕНЕРНЫХ СИСТЕМАХ

Конвекция и радиация являются двумя важнейшими механизмами теплообмена, влияющими на эффективность и надёжность инженерных систем. От отопления и вентиляции до охлаждения электроники и тепловых двигателей - понимание этих процессов необходимо для оптимизации работы систем, снижения энергетических потерь и обеспечения безопасной эксплуатации.

Существует большое количество работ посвященных данной тематике. В частности в работе «Аналитическое решение для радиационно-конвективного теплообмена в канале с параллельными пластинами для прямого поглощения солнечного тепла» было исследовано распределение теплового потока нижней пластины, которая использована для коррекции традиционного адиабатического граничного условия подложки. Затем полностью была получена численная модель воздуховода и упрощена. Для решения задач были применены аналитические уравнения. А также был проведен параметрический анализ для оценки влияния рабочих параметров, наножидкостей и свойств подложки для оптимизации производительности воздуховода [1]. В работе [2] проведено

аналитическое исследование, углубленное в сложное взаимодействие между излучением, магнитными полями и конвективным потоком наножидкости во вращающейся системе, которая подвергается воздействию источника тепла. Исследуется конвективный поток в наножидкости, с особым вниманием к влиянию вращения и непрерывного теплового источника. В еще одной работе [3] в статье исследуются влияние поверхностного теплового излучения на улучшение теплопередачи свободной конвекции, что подчеркивает преобразующий потенциал, прокладывая путь для инновационных достижений в системах теплотехники.

Данные исследования подчеркивают сложность данного направления. Для работы в столь сложных исследованиях следует понимать базовые параметры и понятия. Основные из них описаны ниже.

Теплообмен осуществляется тремя основными способами: теплопроводностью, конвекцией и радиацией.

Теплопроводность – молекулярный перенос энергии в неподвижной среде.

Конвекция – перенос тепла за счет движения жидкости или газа [4].

Радиация (излучение) – перенос энергии в виде электромагнитных волн.

Конвекция подразделяется на:

1. Естественную (свободную) конвекцию – вызывается разностью температур, которая приводит к изменению плотности и возникновению движения [5].

2. Вынужденная конвекция – создается внешними источниками движения среды: вентиляторами, насосами, потоком воздуха или жидкости [6].

Например, охлаждение электронного устройства с помощью вентилятора – это вынужденная конвекция, а подъем теплого воздуха от нагревателя – естественная.

Для оценки эффективности теплообмена используются безразмерные величины.

Число Рейнольдса определяет соотношение инерционных и вязких сил в потоке жидкости или газа. Оно позволяет классифицировать режим потока как ламинарный или турбулентный, что напрямую влияет на интенсивность теплообмена.

$$Re = \frac{\rho u}{\mu} \quad (1)$$

где ρ - плотность жидкости, кг/м³; u - скорость потока, м/с; μ - динамическая вязкость жидкости, Н·с/м.

Число Прандтля определяет соотношение между импульсной и тепловой диффузией. Оно зависит только от свойств среды и используется при расчётах как естественной, так и вынужденной конвекции.

$$Pr = \frac{c_p \mu}{\lambda} \quad (2)$$

где μ - коэффициент сдвиговой вязкости; c_p - удельная теплоемкость при постоянном давлении; λ - коэффициент теплопроводности среды.

Число Нуссельта характеризует эффективность конвективного теплообмена. Оно показывает, во сколько раз интенсивнее происходит передача тепла при конвекции по сравнению с теплопроводностью.

$$Nu = \frac{aL}{\lambda} \quad (3)$$

где a - коэффициент теплоотдачи; L - характерный линейный размер тела; λ - коэффициент теплопроводности среды.

Закон Стефана–Больцмана описывает плотность теплового излучения, испускаемого телом в зависимости от его температуры. Является основополагающим при расчётах радиационного теплообмена, особенно в условиях вакуума или высоких температур.

$$E = \sigma T^4 \quad (4)$$

где E - излученная энергия; σ – постоянная Больцмана ($56,7 \cdot 10^{-8}$ Вт·м²·К⁴); T – температура (К).

Коэффициент объемного теплового расширения отражает степень увеличения объёма тела при нагреве. Он играет ключевую роль в механизме свободной конвекции, так как определяет силу подъемного движения среды, вызванного изменением плотности.

Эти параметры и уравнения являются основой для численного моделирования и инженерных расчётов в теплотехнике, энергетике, аэрокосмической и строительной отраслях. Их правильное применение позволяет точно прогнозировать тепловые потоки, выбирать подходящие материалы и конструктивные решения для повышения энергоэффективности и надёжности систем.

Конвекция и радиация играют ключевую роль в процессах теплообмена инженерных систем. Понимание их физических основ и использование безразмерных параметров позволяет эффективно анализировать и оптимизировать теплотехнические процессы. Знание этих механизмов необходимо для повышения энергоэффективности и надёжности современных инженерных решений

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Chao-Hua Peng, Chuan-Shuai Dong, Li-Zhi Zhang, An analytical solution to the radiation-convective heat transfer in a parallel-plates direct absorption solar heat collection duct, *Energy and Buildings*, Volume ,2025, 115675, <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2025.115675>.
2. Manjunatha N, M.Girinath Reddy, Ahmad Aloqaily, Sarah Aljohani, A.Rupesh Reddy, Farhan Ali, Nabil Mlaiki, Radiation effects on rotating system free convective nanofluid unsteady flow with heat source and magnetic field, *Partial Differential Equations in Applied Mathematics*, Volume 13, 2025, 101083, <https://doi.org/10.1016/j.padiff.2025.101083>.
3. A.W. Kandeal, M. Ismail, Ali Basem, Mamoun M. Elsayad, Wissam H. Alawee, Hasan Sh Majdi, A.S. Abdullah, Sung-Hwan Jang, Meng An, Z.M. Omara, Nouby M. Ghazaly, Swellam W. Sharshir, An overview of the improvement of natural convection heat transfer via surface thermal radiation for different geometries, *Results in Engineering*, Volume 23, 2024, 102514, <https://doi.org/10.1016/j.rineng.2024.102514>.
4. Саввин, Н. Ю. Математическое моделирование жизненного цикла инженерных систем здания / Н. Ю. Саввин // *Научный журнал. Инженерные системы и сооружения*. – 2024. – № 4(58). – С. 15-23. – DOI 10.36622/2074-188X.2024.34.62.002. – EDN CVDXBN
5. Тепломассообменные процессы в испарительном блоке воздушного теплового насоса / Т. Н. Ильина, П. А. Орлов, Н. Ю. Саввин, Ю. В. Елистратова // *Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова*. – 2024. – № 4. – С. 36-44. – DOI 10.34031/2071-7318-2024-9-4-36-44. – EDN TJEWSV
6. Возобновляемые и вторичные источники энергии инженерных систем при эксплуатации и реконструкции зданий и сооружений / Т. Н. Ильина, Н. Ю. Саввин, О. А. Аверкова, К. И. Логачев // *Вестник евразийской науки*. – 2023. – Т. 15, № 4. – EDN ENJZMH.

Склярова С.С.

Научный руководитель: Али М.С., канд. техн. наук, доц.

Российский государственный аграрный университет

им. К.А. Тимирязева, г. Москва, Россия

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТАРАНА КАК ВОДОПОДЪЕМНИКА В СИСТЕМАХ ВОДОПОДАЧИ

В современном мире вопросы энергосбережения и повышения энергоэффективности являются ключевыми как для России, так и для всего мирового сообщества.

Насосные станции - основные потребители электроэнергии. Снижение энергопотребления насосных станций - стратегический приоритет на глобальном уровне. Внедрение энергоэффективных технологий и альтернативных методов подачи воды позволяет значительно экономить электроэнергию. Один из таких методов - использование гидравлического тарана для подъёма воды. Применение гидравлического тарана в качестве водоподъёмного оборудования - рациональное решение, особенно в горных и пересечённых местностях. Это способствует повышению безопасности систем водоснабжения, увеличению срока их службы и, как следствие, повышению общей эффективности работы систем подачи и распределения воды. Цель исследования — изучить и подтвердить эффективность использования гидравлического тарана в системах водоснабжения.

Гидравлический таран представляет собой техническое устройство, предназначенное для преобразования кинетической энергии потока жидкости в потенциальную энергию путём подъёма её части на высоту, превышающую уровень исходного источника.

Основным направлением применения гидравлического тарана являются системы водоснабжения, ирригационные и мелиоративные комплексы.

Функционирование гидравлического тарана основывается на принципе гидравлического удара, который характеризуется кратковременным значительным повышением давления в жидкости, возникающим вследствие внезапного прекращения движения потока в жёсткой трубопроводной системе.

Принцип действия гидравлического тарана основывается на эффекте гидравлического удара, который представляет собой кратковременное и значительное повышение давления в системе,

возникающее вследствие внезапной остановки потока жидкости в жесткой трубе. [1].

Гидравлический таран, изображенный на рисунке 1, функционирует в автоматическом режиме. Для инициации его работы необходимо вручную открыть ударный клапан 3, что обеспечит выпуск первой порции воды из питательной трубы 2.

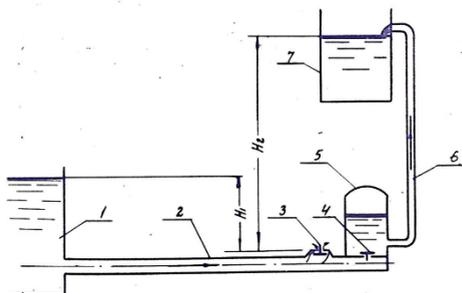


Рис. 1. – Принципиальная схема гидравлического тарана

- 1 – питательный бак; 2 – питательный трубопровод; 3 – ударный клапан;
4 – нагнетательный клапан; 5 – воздушный колпак; 6 – нагнетательная труба;
7 – напорный резервуар

Принцип функционирования устройства заключается в следующем:

Вода, поступающая из резервуара 1 по трубопроводу 2, направляется к открытому клапану 3 под давлением H_1 . В результате скорость потока увеличивается. При достижении критического значения скорости, давление воды на клапан превышает удерживающую силу, например, силу пружины. Клапан закрывается, блокируя движение воды, что приводит к резкому торможению потока и, как следствие, к возникновению гидравлического удара. В пространстве между клапаном 3 и клапаном 4 давление мгновенно возрастает до значения, соответствующего напору H_2 , что вызывает открытие клапана 4. Однако часть энергии потока расходуется на повышение давления. Оставшаяся часть воды через открывшийся клапан поступает в резервуар 5. Волна гидравлического удара, вызванная закрытием клапана 3, распространяется по трубопроводу 2 и достигает резервуара 1. Отразившись от невозмущенной водной поверхности, волна начинает движение обратно к клапанам 3 и 4, постепенно снижая свою скорость. [2].

Этот процесс повторяется многократно. В ходе многократных отражений происходит сжатие воздуха в резервуаре 5 до давления,

соответствующего напору H_2 . Вода из резервуара под этим же давлением через отводящую трубу 6 поступает в напорный резервуар на высоту H_2 . Благодаря многократным отражениям, начальная скорость воды в питательной трубе полностью расходуется на поддержание повышенного давления в системе. После этого давление под клапанами снижается ниже атмосферного. Это приводит к тому, что давление в воздушном резервуаре становится достаточным для автоматического закрытия клапана 4, а низкое давление под клапаном 3 и соответствующий механизм открытия, например, сжатая пружина, позволяют клапану 3 открыться. Таким образом, система возвращается в исходное состояние, и процесс повторяется. При корректной конструкции компонентов системы, вода может автоматически и непрерывно подниматься на расчётную высоту H_2 в течение длительного времени. Клапаны системы спроектированы таким образом, что повышение давления в трубопроводе приводит к закрытию клапана 3 и открытию клапана 4, в то время как понижение давления вызывает обратный процесс. [3].

Ключевым показателем работы гидротарана является количество воды, которое закачивается за один цикл. Формула Чистопольского С. Д.

$$m_H = m_T \cdot (V_0 + V_K) / C = \rho \cdot S \cdot L_0 \cdot (V_0 + V_K) / C, \quad (1)$$

где m_H - масса жидкости, нагнетённой за 1 такт; m_T - общая масса жидкости в нагнетательной трубе; V_0 - скорость жидкости в нагнетательной трубе в момент начала гидроудара; V_K - скорость жидкости в нагнетательной трубе в момент окончания закачки; C - скорость распространения ударной волны в трубе;

В связи с несжимаемостью жидкости, аналогичная формула устанавливает взаимосвязь между объёмом жидкости, нагнетаемой за один такт (V_H), и общим объёмом нагнетательной трубы (V_T):

$$V_H = V_T \cdot (V_0 + V_K) / C = S \cdot L_0 \cdot (V_0 + V_K) / C, \quad (2)$$

Для определения доли жидкости, которая будет перекачана из нагнетательной трубы в воздушный колпак за один цикл гидравлического удара, необходимо провести соответствующие расчеты.

$$k = m_H / m_T = V_H / V_T = (V_0 + V_K) / C, \quad (3)$$

где k - количество жидкости, нагнетаемой за один цикл (в массовых или объёмных единицах);

Коэффициент полезного действия (КПД) гидротаранного насоса определяется соотношением H/h , где h представляет собой высоту уровня воды, поступающей в резервуар.

$$\eta = V_1 \cdot h / V_2 \cdot H, \quad (4)$$

V_1 - количество воды, которое источник выпускает за единицу времени, а поднимаются в резервуар водопровода V_2 единиц.

Использование гидротарана позволяет обеспечить стабильное водоснабжение в районах с нестабильным электроснабжением. Кроме того, применение данной технологии способствует повышению надежности функционирования систем водоснабжения, продлению срока службы насосного оборудования и трубопроводных систем, а также своевременному обновлению изношенных компонентов инфраструктуры.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Рогозин Г. В. Натурные исследования насосной установки типа «Гидротаран», использующей кинетическую энергию потока / Вестник КРСУ, т. 11, № 9. Бишкек: КРСУ, 2011. 129–133 с.
2. Али М.С., Насосы и насосные станции / М.С. Али, Д.С. Бегляров, В.Ф. Чебаевский// Учебник - РГАУ-МСХА. 340 с.
3. Симанин И. А., Сазанов И. И. Гидравлика. Типовое проектирование гидравлического привода технологического оборудования: учебное пособие / И. А. Симанин, И. И. Сазанов. – Пенза: Изд-во Пенза. гос. технол. ун-та, 2013 г.

УДК 696.117

Александрова Д.Н., Старенкова М.В.

*Научный руководитель: Шерemet Е.О., канд. техн. наук, доц.
Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

СОВРЕМЕННЫЕ БЫТОВЫЕ УСТРОЙСТВА ДЛЯ ЭКОНОМИИ ВОДЫ В РАЗНЫХ СТРАНАХ

Водопотребление в жизни человека является неотъемлемой его частью. Природные источники, в том числе питьевая вода, встречаются

все реже, но не все это осознают, и продолжают нерационально расходовать ценный ресурс. Основными параметрами, характеризующими повышение спроса на воду, являются: быстрый рост населения, изменение в образе жизни людей и климате, а также экономическое и технологическое развитие стран.

«Городские районы по всему миру также сталкиваются с климатическим кризисом – более длительными, нерегулярными и непредсказуемыми периодами экстремальных осадков или жары, приводящих к таким опасностям, как засухи, наводнения и оползни» [1]. Экономия водопроводной воды актуальна для развитых стран, поскольку она тесно связана с повседневной жизнью человека и общества в целом и нерациональное использование этого ресурса может привести к его дефициту. В связи с этим практически ежедневно разрабатываются новые технологии энергосберегающих устройств для упрощения жизни и ресурсосбережения воды. Так, например, применение специальной водоразборной арматуры, может позволить контролировать и экономить потребление воды в инженерных системах.

Существуют различные варианты для уменьшения потребления воды на 15-70% [2], такие, как:

- насадки на краны;
- специальные смывные устройства;
- термостаты.

Преобладающим, среди водоразборных устройств, является бытовой кран, более трети всей воды в быту приходится на их эксплуатацию. Ежедневное потребление воды определяется частотой использования, продолжительностью использования и расходом воды из крана. В Бразилии, например, участились случаи замены обычных кранов на водосберегающие. В ходе этого было произведено исследование, результаты которого показали: «что замена обычных кранов на водосберегающие снизит потребление воды на 26,2%, потребление энергии — на 13,6%, токсичность для человека — на 4,6%, закисление — на 0,2%, потенциал глобального потепления — на 14,8%, а истощение озонового слоя на 15,8%» [3].

Одним из видов водосберегательных кранов могут быть самозакрывающиеся с кнопочным механизмом. Их принцип действия заключается в том, что при заполнении внутренней камеры смесителя водой, он прекращает подачу жидкости автоматически. Время выключения зависит от давления воды. Например, Китайская компания «GUANGZHOU GOWIN HOME LIMITED» изобрела подобный вид смесителя с задержкой времени (Рис. 1).



Рис. 1 Смеситель с задержкой времени для раковины

Так же существуют водосберегающие насадки на кран с режимом аэрации и спрея. В сущности метода аэрации лежит смешивание потока воды с воздухом, благодаря отверстиям, расположенным по периметру прибора, которые всасывают воздух внутрь (Рис. 2). Процесс смешивания, благодаря которому вода насыщается воздушными пузырьками, происходит во внутренней камере. Режим спрея позволяет сократить расход водопотребления на выходе, посредством дискового фильтра, который разделяет на маленькие компоненты жидкость, что приводит к увеличению скорости потока воды.



Рис. 2 Водосберегающий кран с режимом аэрации

В современном мире мы постоянно ищем способы сделать нашу жизнь проще и удобнее. Один из способов — использование бесконтактных технологий. Сенсорные водопроводные краны работают благодаря датчику, который реагирует на инфракрасное излучение. Температура воды постоянна, настраивается рычагом, расположенным сбоку. Американская компания «Homevacuous» занимается производством подобных кранов (Рис. 3).



Рис. 3 Сенсорный водопроводный кран

Для понижения использования пресной воды в системах водоотведения существуют специальные смывные устройства с емкостными накопителями (Рис. 4). В качестве воды для водосберегающего туалета используется сливная жидкость умывальника. «Прямое соединение патрубка подвода смывных вод накопителя воды высокого давления с выходом умывальника, а также выбор рациональных параметров накопителя воды высокого давления позволяет исключить необходимость использования сливного бачка и соответствующих трубопроводов» [4]. Принцип действия заключается в том, что при работе умывальника вся вода стекает в емкость накопителя и под воздействием сжатого воздуха, который подводится через патрубков с одноходовым клапаном, выходит под высоким давлением. Это обеспечивает ресурсосбережение воды.

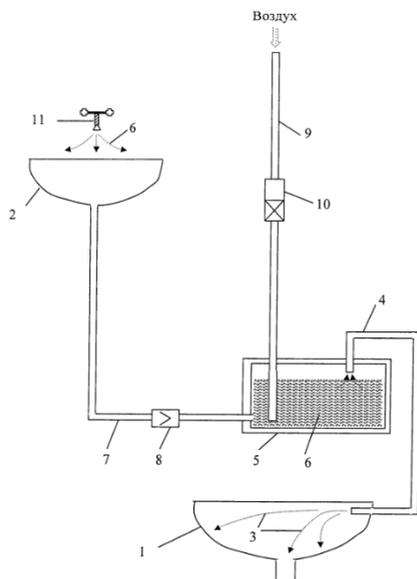


Рис. 4 Функциональная схема водосберегающего смывного устройства:
 1-унитаз; 2-умывальник; 3-смывные воды; 4-П-образная труба; 5-накопитель;
 6-подвод сточных вод; 7-патрубок; 8-обратный клапан; 9-патрубок; 10-одноходовой клапан; 11-кран

Системы водоотведения со смывными бачками тоже может быть водосберегательной, за счет водосберегательного механизма. В конструкции предусматриваются две кнопки, одна из которых активирует подачу воды, а другая прекращает. Данное водопотребление имеет два режима: полное (4-6л) и половинный (2-4л). «Потребление воды уменьшается примерно на 70 %» [5]. Подобный вид водосберегательных сливных арматур распространен в таких странах, как Австралия, Швеция и Израиль.

Благодаря термостатам потребители могут сэкономить время и воду, которые обычно расходуются впустую при ожидании требуемой температуры воды, при открытии крана. Так, например, в Китае используется мультиуправляемая система экономии воды для линий горячего водоснабжения. «Устройство для подачи воды с постоянной температурой, которое может предварительно устанавливать температуру воды на выходе и отслеживать температуру воды на выходе в режиме реального времени с помощью датчика» [6].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Дубино, А. М. Влияние специфики контекста на управление водными ресурсами в крупных городах / А. М. Дубино // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. - 2024. – №3. -С. 47-55.
2. Водосберегающие технологии современного санитарно-технического оборудования зданий [Электронный ресурс] — URL: <https://www.abok.ru> (дата обращения: 29.11.2024).
3. Kalbusch, A. Comparative life-cycle assessment of ordinary and water-saving taps / A. Kalbusch, E. Ghisi // Journal of Cleaner Production. - 2016.
4. Патент № 174449 U1 Российская Федерация, МПК E03D 1/08, E03C 1/14. Водосберегающее смывное устройство: № 2017109004: заявл. 17.03.2017: опубл. 13.10.2017 / Петраков В. А., Карибян А. А. -5с.
5. Жигалова, Д. А. Экономичность внедрения водосберегающего оборудования в многоквартирном жилом доме / Д. А. Жигалова // Энергоресурсосбережение в промышленности, жилищно-коммунальном хозяйстве и агропромышленном комплексе. — 2016. — С. 161-167.
6. Patent № 102235754A People's Republic of China, F24H 9/20. Constant-temperature water outlet control device and method: №201010152085.7 : filed 21.04.2010 : date of Patent : 09.11.2011 / Xing Lewen, Guiqin, Li Yongde. – 13p.

УДК 69.03

Сугатов И.С.

*Научный руководитель: Саввин Н.Ю., канд. техн. наук, доц.
Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ: ИННОВАЦИИ И ПЕРСПЕКТИВЫ

В современном мире вопросы энергоэффективности и снижения теплотерь становятся всё более актуальными [1]. Поиск новых решений в области теплоизоляции приобретает важное значение в условиях растущих цен на энергоресурсы и ужесточения экологических требований [2]. Инновации в теплоизоляционных материалах представляют собой перспективное направление, которое может существенно повысить эффективность теплоизоляции в различных

сферах жизнедеятельности.

Целью данной статьи является анализ современных тенденций и достижений в области разработки и применения инновационных теплоизоляционных материалов.

Актуальность исследования обусловлена необходимостью поиска новых путей повышения энергоэффективности, снижения затрат на отопление и кондиционирование, а также уменьшения экологического следа в различных отраслях [3].

Анализ современных тенденций показывает, что рынок теплоизоляционных материалов динамично развивается, предлагая всё более эффективные и экологически безопасные продукты. Научные исследования и технологические достижения приводят к созданию материалов с улучшенными эксплуатационными характеристиками, такими как низкая теплопроводность, высокая прочность, устойчивость к внешним воздействиям и долговечность [4-5].

Приведем классификацию материалов по текстуре. Пористые материалы отличаются наличием большого количества воздушных пор, которые значительно снижают их теплопроводность. Примерами таких материалов являются пенопласт и пенополистирол, их структура позволяет обеспечивать хорошую теплоизоляцию в строительстве и упаковке.

Волокнистые материалы состоят из тонких волокон, которые создают структуру с низкой теплопроводностью. Минеральная вата и стекловата – типичные представители этой группы. Особенность заключается в гибкости и упругости, что позволяет использовать их для изоляции сложных по форме поверхностей. Волокнистые материалы также обладают хорошей звукоизоляцией, что является дополнительным преимуществом при их применении, например, в строительстве.

Многослойные материалы объединяют в себе несколько слоёв различных материалов, каждый из которых выполняет индивидуальную функцию. Например, они могут сочетать отражающие слои с пористыми или волокнистыми теплоизоляторами, что позволяет достигать высокой эффективности теплоизоляции. Многослойные материалы часто используются в промышленности и строительстве для комплексных решений по теплоизоляции.

Наноструктурированные материалы, такие как аэрогели с наночастицами, имеют особую структуру на наноуровне, что придаёт им уникальные теплоизоляционные свойства. Такой материал отличается достаточно низкой теплопроводностью и лёгкостью, при этом является прочным. Наноструктурированные материалы

перспективны для использования в высокотехнологичных областях, таких как аэрокосмическая промышленность и энергетика, где требуется максимальная эффективность теплоизоляции при минимальных размерах и весе материалов.

Современные материалы обладают комплексом свойств, которые делают их высокоэффективными и востребованными в различных отраслях. Их низкая теплопроводность обусловлена уникальной структурой, которая минимизирует передачу тепла и позволяет существенно снизить теплопотери, что особенно необходимо для обеспечения энергоэффективности зданий, промышленных объектов и транспортных средств.

Лёгкость и прочность – ещё два важных свойства, которые отличают инновационные теплоизоляционные материалы. Небольшой вес упрощает транспортировку и монтаж, а высокая прочность гарантирует долговечность и устойчивость к механическим воздействиям в процессе эксплуатации. Такие материалы способны сохранять свои теплоизоляционные свойства на протяжении длительного времени, что снижает необходимость в частой замене и обслуживании.

Устойчивость к внешним воздействиям также является значимым преимуществом. Так, например, обладая гидрофобностью, материал предотвращает поглощение влаги и сохраняет эффективность даже в условиях повышенной влажности. Кроме того, они могут быть устойчивы к химическим веществам и экстремальным температурам, что расширяет возможности их применения.

Экологичность современных теплоизоляционных материалов становится всё более важной характеристикой. Большинство производится с использованием экологически чистых компонентов и технологий, что снижает негативное воздействие на окружающую среду. Кроме того, некоторые материалы могут быть переработаны, что способствует уменьшению количества отходов и поддержке принципов устойчивого развития.

Благодаря совокупности этих свойств, инновационные теплоизоляционные материалы не только способствуют повышению энергоэффективности и снижению затрат на отопление и кондиционирование, но и помогают создавать более комфортные и безопасные условия для жизни и работы.

Рассмотрим несколько примеров успешного применения инновационных теплоизоляционных материалов в различных областях:
– аэрогель – лёгкий и прочный материал с низкой теплопроводностью, который применяется для теплоизоляции

космических аппаратов и спутников (помогает защитить оборудование от экстремальных температур и обеспечить его надёжную работу в космосе);

– наноструктурированные теплоизоляционные материалы, такие как аэрогели с наночастицами, используются для теплоизоляции стен, крыш и других элементов зданий (обеспечивает высокую эффективность теплоизоляции при минимальном воздействии на окружающую среду);

– многослойные теплоизоляционные материалы, сочетающие отражающие и пористые слои, применяются для изоляции кабин и кузовов транспортных средств (помогают улучшить комфорт пассажиров, снизить расход топлива и повысить эффективность работы транспортных средств).

Учитывая вышесказанное, можно сделать вывод о том, что инновационные теплоизоляционные материалы представляют собой перспективное направление, которое может существенно повысить энергоэффективность и снизить негативное воздействие на окружающую среду во многих сферах жизнедеятельности. Их применение позволяет снизить потери тепла, повысить эффективность работы оборудования и создать оптимальные условия для различных процессов. Дальнейшие исследования в этой области могут привести к разработке новых материалов с ещё более высокими теплоизоляционными свойствами и широким спектром применения.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Возобновляемые и вторичные источники энергии инженерных систем при эксплуатации и реконструкции зданий и сооружений / Т. Н. Ильина, Н. Ю. Саввин, О. А. Аверкова, К. И. Логачев // Вестник евразийской науки. – 2023. – Т. 15, № 4. – С. 1-12.

2. Саввин, Н. Ю. Автоматизация теплообменных процессов / Н. Ю. Саввин, Д. В. Челядинов, М. Р. Скороходова // Международная научно-техническая конференция молодых ученых БГТУ им. В.Г. Шухова, посвященная 170-летию со дня рождения В.Г. Шухова : Сборник докладов, Белгород, 16–17 мая 2023 года. Том Часть 6. – Белгород: Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, 2023. – С. 281-285.

3. Пашкова, Л. А. Обзор на тему: энергоэффективный город / Л. А. Пашкова // Энергосбережение и экология в жилищно-коммунальном хозяйстве и строительстве городов, Белгород, 01–30 ноября 2012 года. – Белгород, 2012. – С. 197-201.

4. Петкевич, А. П. Современные теплоизоляционные материалы / А. П. Петкевич // Международная научно-техническая конференция молодых ученых, Белгород, 25–27 мая 2020 года. – Белгород: Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, 2020. – С. 4349-4353.

5. Халилов, А. Э. Исследование современных теплоизоляционных материалов, применяемых в гражданском строительстве / А. Э. Халилов // Инвестиции, градостроительство, недвижимость как драйверы социально-экономического развития территории и повышения качества жизни населения: Материалы XII Международной научно-практической конференции. В 2-х частях, Томск, 01–04 марта 2022 года / Под редакцией Т.Ю. Овсянниковой, И.Р. Салагор. Том Часть 2. – Томск: Томский государственный архитектурно-строительный университет, 2022. – С. 868-871.

УДК 697.9

Сугатов И.С.

*Научный руководитель: Саввин Н.Ю., канд. техн. наук, доц.
Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫЕ РЕШЕНИЯ ДЛЯ ИНЖЕНЕРНЫХ СИСТЕМ ОБЩЕСТВЕННЫХ ЗДАНИЙ

Стремительное развитие урбанизации и роста энергопотребления приводит к проблеме повышения энергоэффективности общественных зданий. Согласно статистическим данным, на долю зданий приходится около 40% мирового энергопотребления, при этом значительная часть этого показателя связана с эксплуатацией именно общественных сооружений [1].

Традиционные инженерные системы, разработанные несколько десятилетий назад, уже не отвечают современным требованиям энергоэффективности и экологичности. В связи с этим возникает острая необходимость в разработке и внедрении инновационных технических решений, способных существенно снизить энергопотребление без ущерба для комфорта и безопасности пользователей зданий.

Особую значимость данная проблематика приобретает в контексте реализации национальных и международных программ по снижению углеродного следа и переходу к устойчивому развитию. Современные общественные здания должны не только обеспечивать комфортные условия для пребывания людей, но и демонстрировать высокий уровень

энергоэффективности, рациональное использование ресурсов и минимальное воздействие на окружающую среду.

Комплексный анализ существующих технологий показывает значительный потенциал оптимизации энергопотребления в различных сферах инженерной инфраструктуры. Так, например, современные системы отопления активно интегрируют передовые технологии, такие как тепловые насосы и возобновляемые источники энергии [2-3]. Интеллектуальное регулирование температурных режимов позволяет учитывать не только время суток и загруженность помещений, но и сезонные изменения, погодные условия и специфику использования различных зон здания. Теплоаккумулирующие системы обеспечивают накопление избыточной энергии в периоды её минимального потребления и последующее использование в пиковые часы, что существенно снижает нагрузку на сеть и экономит ресурсы [4].

В сфере вентиляции и кондиционирования воздуха особое внимание уделяется системам с рекуперацией тепла, которые эффективно используют тепло отработанного воздуха для нагрева свежего. Передовые методы естественной вентиляции, включая организацию аэрационных проемов и использование эффекта стекания, позволяют минимизировать использование механического оборудования. Адаптивные системы управления микроклиматом интегрируются с «умными» фасадами, оснащенными фоточувствительными элементами и автоматическими жалюзи, что обеспечивает оптимальный температурный режим при минимальных энергозатратах.

Системы водоснабжения и водоотведения совершенствуются за счет внедрения технологий оборотного водоснабжения, позволяющих повторно использовать очищенную воду для технических нужд. Инновационные методы очистки и фильтрации, включая мембранные технологии и ультрафиолетовое обеззараживание, обеспечивают высокое качество воды при сниженном энергопотреблении. Энергоэффективное насосное оборудование оснащается частотными преобразователями и системами автоматического управления, оптимизирующими режим работы в зависимости от потребности. Утилизация тепла сточных вод осуществляется с помощью теплообменников и тепловых насосов, что позволяет дополнительно снизить энергозатраты на подогрев водопроводной воды.

Интеллектуальные системы управления становятся ключевым элементом энергоэффективных решений. IoT-технологии обеспечивают сбор и анализ данных со всех инженерных систем в режиме реального времени. Прогнозирующее управление

энергопотреблением учитывает множество факторов, включая погодные условия, загруженность здания, тарифы на энергоресурсы и состояние оборудования. Системы удаленного мониторинга позволяют оперативно выявлять отклонения от нормативных параметров и предотвращать аварийные ситуации.

Инновационные материалы и компоненты нового поколения открывают широкие возможности для повышения энергоэффективности [5]. Наноматериалы с улучшенными теплофизическими свойствами применяются в конструкциях ограждающих конструкций и инженерного оборудования. Интеллектуальные покрытия способны изменять свои характеристики в зависимости от внешних условий, обеспечивая оптимальный микроклимат. Энергоэффективные компоненты нового поколения характеризуются повышенной производительностью при сниженном энергопотреблении.

Тем не менее, при внедрении энергоэффективных решений рекомендуется придерживаться системного подхода. Начальным этапом должно являться проведение детального энергетического аудита с использованием современных методов диагностики, включая тепловизионное обследование и анализ режимов энергопотребления. Оценка потенциала энергосбережения должна учитывать как краткосрочные, так и долгосрочные перспективы развития объекта.

При выборе каждого из решений необходимо учесть комплекс критериев, включая экономическую эффективность, сроки окупаемости, эксплуатационные характеристики и экологический аспект. Особое внимание следует уделить интеграции различных систем между собой, чтобы достичь синергетического эффекта. Например, совместное использование систем вентиляции с рекуперацией тепла и теплоаккумулирующих стен может обеспечить значительное снижение энергопотребления при отоплении и вентиляции помещений.

Практическое применение разработанных рекомендаций предполагает тщательную проработку плана модернизации с учетом специфики конкретного объекта. Важно обеспечить комплексную оптимизацию всех инженерных систем с учетом их взаимовлияния и возможности интеграции.

Перспективными направлениями развития энергоэффективных решений являются:

- интеграция искусственного интеллекта для прогнозирования и оптимизации режимов работы инженерных систем;
- развитие технологий пассивного дома и их адаптация для

общественных зданий;

- внедрение систем накопления энергии и их интеграция с возобновляемыми источниками;

- развитие модульных решений, позволяющих поэтапно модернизировать инженерные системы;

- совершенствование методов мониторинга и диагностики на основе цифровых технологий.

Реализация комплексного подхода к внедрению энергоэффективных решений позволяет достичь существенного снижения энергопотребления при сохранении и даже улучшении эксплуатационных характеристик общественных зданий. При этом во внимание берутся не только экономические аспекты, но и влияние на комфорт и здоровье людей, а также экологические последствия эксплуатации здания.

В результате проведенного исследования можно сделать вывод, что внедрение энергоэффективных решений для инженерных систем общественных зданий является актуальным и перспективным направлением в современном строительстве. Особое внимание следует уделить комплексному подходу к модернизации инженерных систем, который позволяет достичь максимальной эффективности при минимальных затратах. Внедрение автоматизированных систем управления, использование возобновляемых источников энергии и применение современных энергоэффективных материалов показывают наилучшие результаты при практической реализации.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ващенко, Д. Д. Потребление энергии в строительном секторе / Д. Д. Ващенко, Р. С. Назаренко // Международная научно-техническая конференция молодых ученых БГТУ им. В.Г. Шухова, посвященная 300-летию Российской академии наук : Сборник докладов Национальной конференции с международным участием, Белгород, 18–20 мая 2022 года. Том Часть 14. – Белгород: Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, 2022. – С. 94-98. – EDN ADGRZV.

2. Саввин, Н. Ю. Автоматизация теплообменных процессов / Н. Ю. Саввин, Д. В. Челядинов, М. Р. Скороходова // Международная научно-техническая конференция молодых ученых БГТУ им. В.Г. Шухова, посвященная 170-летию со дня рождения В.Г. Шухова : Сборник докладов, Белгород, 16–17 мая 2023 года. Том Часть 6. – Белгород: Белгородский государственный технологический университет им. В.Г.

Шухова, 2023. – С. 281-285.

3. Саввин, Н. Ю. Энергосберегающее теплообменное оборудование для различных сфер промышленности и теплоэнергетики / Н. Ю. Саввин, Л. А. Куцев // Миллионщиков-2020 : Материалы III Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых с международным участием, посвященной 100-летию ФГБОУ ВО «ГГНТУ им. акад. М.Д. Миллионщикова», Грозный, 20–22 сентября 2020 года. – Грозный: ООО "Спектр", 2020. – С. 200-203. – DOI 10.34708/GSTOU.CONF.2020.58.48.055.

4. Гуцин, С. В. Мировые тенденции развития энергосберегающих технологий / С. В. Гуцин, А. С. Семиненко, Ч. Шень // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. – 2020. – № 5. – С. 31-43. – DOI 10.34031/2071-7318-2020-5-5-31-43.

5. Пономарев, Н. С. Энергоэффективность административных зданий инженерных систем / Н. С. Пономарев, А. Ю. Арсентьев // Научные горизонты. – 2019. – № 11(27). – С. 197-202.

УДК 696.2

Шевцов Д.В.

***Научный руководитель: Саввин Н. Ю., канд. техн. наук, доц.
Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия***

ТЕНДЕНЦИЯ РАЗВИТИЯ СИСТЕМ ГАЗОСНАБЖЕНИЯ В БЕЛГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ

Газоснабжение России как незаменимая часть экономики, от работы которой непосредственно зависит жизнь и быт обычных граждан России

Газовая отрасль играет ключевую роль в экономике нашей страны и ее развитие тесно связано с эффективностью работы этого сектора. Благодаря отличным характеристикам, низким затратам на добычу и транспортировку, а также множеству применений в различных областях, природный газ находит активное использование в качестве топлива, источника энергии и сырья. В результате, темпы увеличения запасов и потребления данного ресурса демонстрируют значительный рост [1].

Добыча природного газа в России сосредоточена в районах, где находятся наиболее прибыльные месторождения [2].

- 1) Уренгойское, Ямало-Ненецком округ. Имеет в начальных запасах 15,9 трлн м³;
- 2) Ямбургское, Ямало-Ненецком и имеет в запасах 7,9 трлн м³;
- 3) Бованенковское, Ямало-Ненецком и имеет в запасах 4,6 трлн м³;
- 4) Медвежье, Ямало-Ненецком и имеет в запасах 4,7 трлн м³;
- 5) Штокмановское, Баренцево море и имеет в запасах 3,8 трлн м³.

Газовая отрасль нашей страны включает 3 основных этапа:

- 1) Добыча.

Добычей газа на территории Российской Федерации занимаются такие крупные компании как "Газпром", "Новатэк", "Роснефть".

- 2) Транспортировка.

Транспортировкой всего газового ресурса занимается единая система газоснабжения (ЕСГ). ЕСГ включает в себя все этапы газовой цепочки: от добычи и транспортировки до распределения и конечного потребителя.

- 3) Распределение.

Распределение газа занимаются региональные компании. Россия обладает значительными запасами природного газа, и его доля в энергетическом балансе страны достигает 72%. Более 2100 городов, более 3400 городских поселений и более 200 000 сельских населенных пунктов обеспечены газом [3].

Страна не только покрывает внутренние потребности в газе в промышленном и жилищном секторах, но и активно экспортирует значительный объем этого ресурса.

Развитие газодобычи связано с увеличением потребления газа, что связано, во-первых, с увеличением его использования в уже газифицированных городах, а во-вторых, с процессом газификации новых населенных пунктов, в том числе и в сельской местности.

В результате изучения текущего состояния газовой отрасли в России и прогноза развития энергетических систем внутри страны и за рубежом, дальнейшего увеличения мирового спроса на энергоресурсы в ближайшие десятилетия внутренний экономический рост страны может быть достигнут за счет увеличения доходов от экспорта газовой продукции в результате из-за роста цен на сырье и увеличения объемов продаж.

Россия потребляет 4000 млрд м³ газа в год, что составляет более 70% от общего объема добычи. Сырьевая база отечественного природного газа, как в исследованиях, так и в прогнозировании, обеспечивает стабильную добычу в течение 500 лет при сохранении уровня в 80 млрд м³ в год [4].

Запасы российского газа обеспечивают надежное газоснабжение потребителей и позволяют им сохранять значительное присутствие на мировом газовом рынке. Белгородская область является лидером России по уровню газификации, по данным на 2011-2021 года, она составляет 98,06%. Общая протяженность газораспределительной сети в регионе достигает 26 160,50 км, обеспечивая транспортировку газа в объеме 3,3 млрд м³ в год [5].

На территории Белгородской области этим занимается АО «Газораспределение Белгород».

Компания обеспечивает безаварийное и бесперебойное газоснабжение потребителей на территории Белгородской области.

Белгородская область не является газодобывающим регионом, но имеет развитую распределительную сеть.

Основным поставщиком газа на территории области является АО «Газораспределение Белгород».

Уровень газификации на территории области более 85%, что является высоким значением на территории всей Российской Федерации. [6].

Основными потребителями газа являются:

- 1) Металлургия – 48,8 %
- 2) Население – 18,3 %
- 3) Прочие – 15,3 %
- 4) АПК – 10,6 %
- 5) ТСО – 5,7 %
- 6) Энергетика – 0,7 %

Главными проблемами являются:

- 1) Износ газовых сетей на территории Белгородской области.

Из-за большого объема работ, а так же сложности в доступе в некоторые участки магистральных сетей, сложность замены или ремонта старых трубопроводов усложняется.

- 2) Зависимость от транзитных поставок

Перспективами развития газовой инфраструктуры в Белгородской области.

1. Расширение газораспределительных сетей.

В связи с госпрограммой по газификации страны, количество населенных пунктов, которые будут подключаться к газовым сетям будет увеличиваться.

2. Модернизация устаревших трубопроводов.

Сложный и многоэтапный процесс, направленный на увеличение эффективности и усовершенствование безопасности газораспределительных сетей.

Некоторые этапы модернизации:

1) Диагностика состояния трубопровода.

Используются различные методы для проверки целостности и работоспособности трубопровода.

Для этого используют такие методы как:

- Визуальный осмотр;
- Ультразвуковая дефектоскопия;
- Магнитный контроль;
- Пневматические и гидравлические испытания;

2) Планирование модернизации

Включает определения объема работ, выбор технологии и материала и т.д.

3) Выбор материала и технологий

4) Организация процесса реновации

Цели модернизации трубопровода:

- Увеличение срока службы трубопровода;
- Улучшения характеристик трубопровода;
- Соответствия современным ГОСТам и СНИПам;
- Снижение риска аварий и инцидентов;
- Оптимизация затрат на эксплуатацию;

3. Развитие альтернативных источников

Биогазовые установки являются биореактором предназначенным для производства биогаза путем переработки пищевой промышленности.

4. Поддержка промышленного потребителя.

Возможное привлечение новых предприятий в регион, путем снижения тарифов.

Россия является мировым лидером в газовой отрасли Для решения уже имеющихся проблем, необходимо внедрять современные технологии, что поможет обеспечить устойчивость и безопасность газоснабжения в субъектах.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Голубкова, О. А. Состояние газовой отрасли российской Федерации, проблемы отрасли и перспективы её развития / О. А. Голубкова // В мире научных открытий. – 2010. – № 4-16(10). – С. 124-125. – EDN NCXNUD.

2. Филимонова, И. В. Комплексный анализ и прогноз недропользования в регионах Восточной Сибири и Дальнего Востока / И. В. Филимонова, С. И. Шумилова, Ю. А. Дзюба // Экологический

вестник России. – 2019. – № 10. – С. 20-27. – EDN JEIEYD.

3. Саввин, Н. Ю. Математическое моделирование жизненного цикла инженерных систем здания / Н. Ю. Саввин // Научный журнал. Инженерные системы и сооружения. – 2024. – № 4(58). – С. 15-23. – DOI 10.36622/2074-188X.2024.34.62.002. – EDN CVDXBN.

4. Семьдесят пять лет газовой геологии России: достижения, проблемы, перспективы. Будущее / М. Я. Зыкин, Д. А. Астафьев, С. А. Леонов [и др.] // Научно-технический сборник Вести газовой науки. – 2023. – № 1(53). – С. 5-33. – EDN DHPCWA.

5. Саввин, Н. Ю. Моделирование теплообменного процесса в оригинальном пластинчатом теплообменнике / Н. Ю. Саввин // Жилищное хозяйство и коммунальная инфраструктура. – 2023. – № 2(25). – С. 37-46. – DOI 10.36622/VSTU.2023.41.58.004. – EDN YFCIPW.

6. Саввин, Н. Ю. Исследование эффективности охлаждения пластинчатого теплообменника конденсатора промышленной холодильной машины при различных скоростях вращения вентиляторов / Н. Ю. Саввин, Д. Д. Гарбузов // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. – 2023. – № 10. – С. 42-56. – DOI 10.34031/2071-7318-2023-8-10-42-56. – EDN FLWLIB

УДК 697.133

Юдин А.В.

*Научный руководитель: Трубаев П.А., д-р техн. наук, доц.
Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ ЗДАНИЙ, СПОСОБЫ ЕЁ ПОВЫШЕНИЯ

Важной частью развития мировой экономики для всех стран является энергетика. Россия является одной из ведущих стран по запасам энергетических ресурсов, однако все они далеко не безграничны. Именно поэтому необходимо заниматься разработкой мероприятий, направленных на энергосбережение и более рациональное энергопотребление.

В странах Запада уже давно активно развиваются энергосберегающие технологии, особенно в странах с небольшими запасами энергоресурсов.

В России же ситуация обстоит напротив. Еще во времена Советского Союза активно развивалась промышленная отрасль страны,

что приводило к увеличению энергозатрат. В результате энергоёмкость ВВП России в 2,5 раза выше среднего мирового уровня и в 2,5–3,5 раза уровня развитых странах. Именно поэтому строительство энергоэффективных зданий в России имеет огромные перспективы.

Что же понимать под термином «энергоэффективность»? Это комплекс мероприятий, целью которых является снижение и оптимизация потребляемой зданиями энергии для поддержания оптимального микроклимата в помещениях. Также следует понимать, что энергоэффективность необходимо рассматривать отдельно для разных регионов с учетом их климатических условий [1].

Ниже рассмотрим источники теплопотерь, а также мероприятия, направленные на их снижение (Рис. 1).

Самым очевидным способом повышения энергоэффективности здания является снижение теплопотерь ограждающих конструкций путем повышения приведенного сопротивления теплопередаче. Сначала такой способ будет давать свои результаты, а затем изменения станут вовсе незначительными. Также с экономической точки зрения такой способ будет приводить к существенному повышению стоимости ограждающей конструкции, в некоторых случаях превышающую экономию [2].

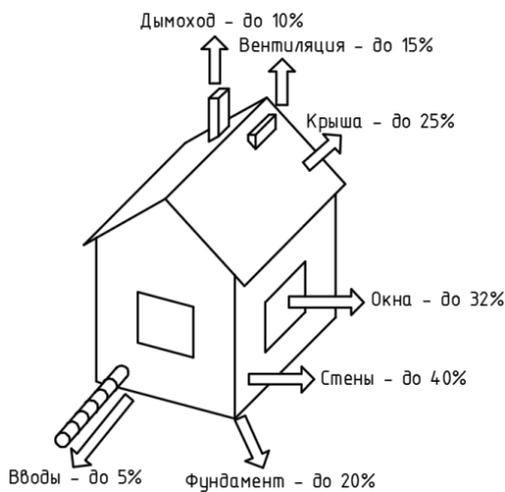


Рис. 1 Источники теплопотерь здания

Следующим источником высоких теплопотерь являются оконные проемы. Конструирование и производство оконных переплетов активно развивается в области снижения теплопотерь. Для этих целей возможна

установка вакуумных стеклопакетов, а также окон с применением теплоотражающих стекол.

Однако следует отметить, что добиться максимальной энергоэффективности здания лишь за счет ограждающих конструкций невозможно. Необходимо также внедрение инновационных инженерных систем и оборудования [3].

В большинстве существующих зданий запроектирована естественная вентиляционная система. Она способствует поддерживать необходимый уровень содержания кислорода, удаление пыли, влаги, бактерий из помещений, но является источником потери тепла на обогрев поступающего холодного воздуха. Энергоэффективные здания необходимо оборудовать системами искусственной приточно-вытяжной вентиляции с рекуперацией тепла [4].

Еще одним вариантом инновационной инженерной системой является индивидуальный тепловой пункт. Такое решение позволяет повысить класс энергоэффективности здания, а также регулировать потребление тепла. Главным элементом ИТП является микропроцессорный контроллер. Его функцией является поддержание необходимой температуры теплоносителя, а также автоматическое ее снижение, например в ночное время. Помимо этого, контроллер управляет регулятором расхода, который регулирует расход теплоносителя в зависимости от наружной температуры воздуха. Также система ИТП снабжена запорно-регулирующей арматурой, датчиками температуры, узлами учета тепловой энергии и фильтрами (Рис. 2).

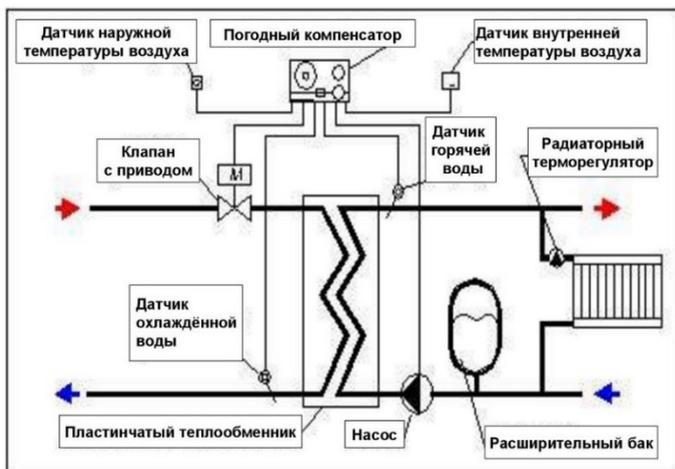


Рис. 2 Схема ИТП

Применение индивидуальных тепловых пунктов показывает высокую эффективность в области энергосбережения относительно центрального теплоснабжения. Реконструкция центрального теплоснабжения тоже является менее выгодным решением, чем использование ИТП [5].

Энергоэффективное строительство в России является одним из важнейших направлений развития энергетики, имеет огромный потенциал, причем как на стадии возведения нового жилья [6], так и капитального ремонта существующего [7]. Применение таких современных решений позволит добиться хороших результатов в области энергосбережения, а также создаст более комфортные условия проживания. Однако энергоэффективное строительство еще слабо развито в нашей стране, требует отдельного внимания со стороны государства, застройщиков, а также новых инженерных решений со стороны проектировщиков.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ивашкин, В.С. Методы повышения энергоэффективности здания / В.С. Ивашкин, Д.Г. Золотозубов // Современные технологии в строительстве. Теория и практика. – 2018. – Т. 1. – С. 263-269.
2. Семенов, И.С. Нормирование тепловой защиты здания в России / И.С. Семенов, П.Н. Тарасюк, П.А. Трубаев // Образование, наука, производство. – Белгород: Изд-во БГТУ, 2015. – С. 1349-1355.
3. Трубаев, П.А. О зависимости отопительной нагрузки здания от его энергоэффективности / П.А. Трубаев, Б.М. Гришко // Научные технологии и инновации. – Белгород: Изд-во БГТУ, 2016. – С. 90-96.
4. Матросов, Ю.А. Регионы России переходят на энергетический принцип проектирования и строительства зданий / Ю.А. Матросов // Энергосбережение. – 2002. – № 2. – С. 44-47.
5. Аманов, Д.В. Энергоэффективность тепловых пунктов, применяемых на объектах ЖКХ / Д.В. Аманов // Тинчуринские чтения - 2020 "Энергетика и цифровая трансформация". – Казань: КГЭУ, 2020. – С. 54-56.
6. Жданова, И.В. Особенности проектирования жилых зданий околонулевого энергопотребления / Жданова И.В., Кузнецова А.А. // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. – 2023. – № 2. – С. 85-93.
7. Мавлюбердинов, А.Р. К вопросу решения проблем эксплуатации панельных зданий / А.Р. Мавлюбердинов, Р.Р. Богданов, Л.А. Сулейманова // Вестник Белгородского государственного

технологического университета им. В.Г. Шухова. – 2023. – № 11. – С. 46-53.

Оглавление

Авсюнова А.В. ПЕРСПЕКТИВЫ ТЕХНОЛОГИЙ УТИЛИЗАЦИИ ЭНЕРГИИ ДАВЛЕНИЯ ГАЗА	3
Александрова Д.Н., Старенкова М.В. УСТРОЙСТВО И МЕТОДИКА РАСЧЕТА МЕТАНТЕНКА.....	7
Берёзкин А.С., Мацукова М.Н. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРИРОДНЫХ СОРБЕНТОВ (БИОУГОЛЬ, ЦЕОЛИТ, КЛИНОПТИЛОЛИТ) ДЛЯ УДАЛЕНИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ ИЗ ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ.....	14
Боровых Н.П. ОТОПЛЕНИЕ, ОСНОВАННОЕ НА ЭЛЕКТРИЧЕСТВЕ.....	17
Брежнев Д.А. МОДЕРНИЗАЦИЯ ТЕПЛООБМЕННОГО КОЖУХОТРУБНОГО ЗМЕЕВИКОВОГО АППАРАТА ИЗМЕНЕНИЕМ ГЕОМЕТРИИ ВЫТЕСНИТЕЛЯ И ТРУБОК ЗМЕЕВИКА.....	22
Гусев А.С., Швынденкова А.В. РАЗРАБОТКА ПРОГРАММЫ РАСЧЁТА ТЕХНИКО- ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПРИ МОДЕРНИЗАЦИИ ТЭЦ.....	27
Ильин М.А. ВЛИЯНИЕ ЦИФРОВИЗАЦИИ НА ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ ЗДАНИЙ И ИНЖЕНЕРНЫХ СИСТЕМ.....	31
Киреев В.Е., Гольцов И.Д. КЛАССИФИКАЦИЯ ВОЗДУШНЫХ ЗАТВОРОВ И ПРИМЕНЕНИЕ ИХ В РЕЦИРКУЛЯЦИОННЫХ СИСТЕМАХ.....	36
Клубаков Н.А. ОЧИСТКА ВОДЫ С ПОМОЩЬЮ КОАГУЛЯЦИИ И ФЛОТАЦИИ	41
Коротенко И.А., Суслов Д.Ю. АНАЛИЗ ТРЕБОВАНИЙ НОРМАТИВНОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ К РАЗМЕЩЕНИЮ И ИСПОЛЬЗОВАНИЮ БЫТОВЫХ ГАЗОВЫХ ПРИБОРОВ.....	44

Коротенко Д.Э.	
СОВРЕМЕННЫЕ РЕШЕНИЯ ПО АВТОМАТИЗАЦИИ ТЕПЛОВЫХ ПУНКТОВ В ГОРОДСКОМ ТЕПЛОСНАБЖЕНИИ.	50
Крикунова К.О., Паньков С.Е.	
ОРГАНИЗАЦИЯ ВОЗДУХООБМЕНА МЕДИЦИНСКИХ УЧРЕЖДЕНИЙ, ВСТРОЕННЫХ В ЖИЛЫЕ ЗДАНИЯ.....	54
Кузенков Н.С.	
ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ ОТОПЛЕНИЕ: АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ, ПРЕИМУЩЕСТВ И ОГРАНИЧЕНИЙ В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ.....	57
Лисовская П.В.	
ОСОБЕННОСТИ РЕСУРСОСНАБЖЕНИЯ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ В ВЫСОТНЫХ ЗДАНИЯХ И НЕБОСКРЕБАХ	61
Маховицкий В.Г.	
ИННОВАЦИИ - ТРУДНОСТИ СТАНОВЛЕНИЯ	65
Мацукова М.Н., Берёзкин А.С.	
ТЕХНОЛОГИИ АДСОРБЦИИ ДЛЯ СБОРА АТМОСФЕРНЫХ ВОД: ПОДХОДЫ, РАЗВИТИЕ, ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ МАТЕРИАЛЫ	73
Мовенко М.Н., Компанеев Б.С.	
ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ВОЗОБНОВЛЯЕМОЙ ЭНЕРГЕТИКИ В СОВРЕМЕННЫХ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ	76
Мордовин К.С., Паньков Н.С.	
ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМ ГОРЯЧЕГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ С ПОМОЩЬЮ ДВУХКОНТУРНЫХ ТЕПЛООБМЕННИКОВ.....	78
Палий А.К.	
ОРГАНИЗАЦИЯ МОНИТОРИНГА ТЕПЛОПOTЕРЬ В ЗДАНИЯХ НА ОСНОВЕ СИСТЕМЫ «УМНАЯ ПЫЛЬ».....	84
Паньков С.Е., Крикунова К.О.	
АНАЛИЗ ТРЕБОВАНИЙ К ОРГАНИЗАЦИИ ВЕНТИЛЯЦИИ В ИЗОЛЯЦИОННЫХ БОКСАХ ИНФЕКЦИОННЫХ СТАЦИОНАРОВ.....	88

Свердлик С.С.	
ОБЗОР СОВРЕМЕННЫХ МЕТОДОВ И ТЕХНОЛОГИЙ ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ	92
Свердлик С.С.	
ОПТИМИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ ВЕНТИЛЯЦИИ И КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ВОЗДУХА ДЛЯ СНИЖЕНИЯ ЭНЕРГОЗАТРАТ.....	96
Сильченко Д.В.	
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ В СИСТЕМАХ ОТОПЛЕНИЯ.....	100
Сильченко Д.В.	
ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ КОНВЕКЦИИ И РАДИАЦИИ В ИНЖЕНЕРНЫХ СИСТЕМАХ.....	104
Склярова С.С.	
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТАРАНА КАК ВОДОПОДЪЕМНИКА В СИСТЕМАХ ВОДОПОДАЧИ.....	108
Александрова Д.Н., Старенкова М.В.	
СОВРЕМЕННЫЕ БЫТОВЫЕ УСТРОЙСТВА ДЛЯ ЭКОНОМИИ ВОДЫ В РАЗНЫХ СТРАНАХ.....	111
Сугатов И.С.	
СОВРЕМЕННЫЕ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ: ИННОВАЦИИ И ПЕРСПЕКТИВЫ.....	116
Сугатов И.С.	
ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫЕ РЕШЕНИЯ ДЛЯ ИНЖЕНЕРНЫХ СИСТЕМ ОБЩЕСТВЕННЫХ ЗДАНИЙ.....	120
Шевцов Д.В.	
ТЕНДЕНЦИЯ РАЗВИТИЯ СИСТЕМ ГАЗОСНАБЖЕНИЯ В БЕЛГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ.....	124
Юдин А.В.	
ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ ЗДАНИЙ, СПОСОБЫ ЕЁ ПОВЫШЕНИЯ.....	128