



**II конференция молодых учёных ННГАСУ  
«Тепломассообмен  
в системах отопления и вентиляции»**

**Материалы II конференции молодых ученых ННГАСУ  
«Тепломассообмен в системах отопления и вентиляции»**

**29 апреля 2025 г., ННГАСУ, Нижний Новгород**

**СБОРНИК ТЕЗИСОВ ДОКЛАДОВ**

Нижний Новгород  
2025

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
«Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет»

Кафедра отопления и вентиляции

II конференция молодых ученых ННГАСУ  
«Тепломассообмен в системах отопления и вентиляции»  
29 апреля 2025 г., ННГАСУ, Нижний Новгород

Сборник тезисов докладов

Нижний Новгород  
ННГАСУ  
2025

ББК 38.762  
УДК 628.8

Тепломассообмен в системах отопления и вентиляции : сборник докладов II конференции молодых ученых ННГАСУ, 29 апреля 2025 г., г. Нижний Новгород / Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет ; сост. М. В. Бодров. – Нижний Новгород : ННГАСУ, 2025. – 48 с. – ISBN 978-5-528-00642-0. – Текст : непосредственный.

В сборник включены материалы II конференции молодых ученых ННГАСУ «Тепломассообмен в системах отопления и вентиляции», которая проводилась 29 апреля 2025 г. в Нижегородском государственном архитектурно-строительном университете.

Приведены результаты теоретических и экспериментальных исследований, а также практического использования студенческих научных разработок по следующим тематическим направлениям: строительная теплофизика; тепломассобменные процессы в строительстве; энергосбережение в системах отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха; возобновляемые источники энергии; повышение энергетической эффективности систем отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха; автоматизация индивидуальных тепловых пунктов; повышение эксплуатационной надежности поквартирных теплогенераторов.

Предназначено для специалистов и научных работников, занимающихся вопросами строительной теплофизики, энергосбережения в инженерных системах зданий и сооружений, экологической безопасности и качества внутреннего воздуха.

ББК 38.762

*Редакционная коллегия:*

М. В. Бодров – д-р технических наук, доцент;  
Е. С. Козлов – канд. техн. наук, доцент;  
И. П. Грималовская – канд. техн. наук, доцент;  
С. С. Козлов – старший преподаватель;  
М.С. Морозов – старший преподаватель;  
А. Е Руин – ассистент;  
А. Н. Пылаев – ОП «ВЕЗА-Нижний Новгород»

## СОДЕРЖАНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ .....	5
<i>М.В. Бодров, А.А. Пронин</i>	
СПОСОБЫ ПОВЫШЕНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ СИСТЕМ ДЕЦЕНТРАЛИЗОВАННОГО ГОРЯЧЕГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ .	6
<i>А.Н. Пылаев, С.Ю. Бычков, Ю.С. Брусенцева</i>	
МЕТОДЫ ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ КЛИМАТИЧЕСКИХ СИСТЕМ ОВОЩЕКАРТОФЕЛЕХРАНИЛИЩ .....	8
<i>П.С. Некипелова</i>	
К ВОПРОСУ ВЫБОРА ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ МЕРОПРИЯТИЙ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ЖИЛОГО ФОНДА .....	10
<i>А.В. Бешлаяга, М.С. Морозов</i>	
ОСОБЕННОСТИ РАСЧЕТА СИСТЕМЫ НАПОЛЬНОГО ОТОПЛЕНИЯ ...	12
<i>А.Д. Елизаров, М.С. Морозов</i>	
К ВОПРОСУ ПРИМЕНЕНИЯ СТАТОДИНАМИЧЕСКИХ ДЕФЛЕКТОРОВ ПРИ РЕШЕНИИ АЭРОДИНАМИЧЕСКИХ ЗАДАЧ ЕСТЕСТВЕННОЙ СИСТЕМЫ ВЕНТИЛЯЦИИ ЖИЛОГО ФОНДА .....	14
<i>И.П. Грималовская, А.А. Жуков</i>	
ТЕПЛООБМЕННЫЕ АППАРАТЫ В СИСТЕМАХ ОТОПЛЕНИЯ И ВЕНТИЛЯЦИИ: ПРИНЦИПЫ, МЕТОДЫ И ПРИМЕРЫ ЭФФЕКТИВНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ .....	16
<i>Н.В. Ляуданскас, А.Е. Руин</i>	
ОСОБЕННОСТИ РАСЧЕТА СИСТЕМ ЛУЧИСТОГО ОХЛАЖДЕНИЯ .....	18
<i>И.Э. Калашинёв, О.А. Рыжова</i>	
ОБОСНОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ СИСТЕМ МЕХАНИЧЕСКОЙ ПРИТОЧНОЙ ВЕНТИЛЯЦИИ В ОФИСНЫХ ПОМЕЩЕНИЯХ .....	20
<i>А.С. Шубин</i>	
ИННОВАЦИОННЫЕ МЕТОДЫ ОЧИСТКИ ВЕНТИЛИРУЕМОГО ВОЗДУХА .....	22
<i>Т.В. Кудрявцева, А.А. Смыков</i>	
СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПРАКТИКИ ПРИМЕНЕНИЯ СИСТЕМ КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ И ПАНЕЛЬНО-ЛУЧИСТОГО ОХЛАЖДЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ЗДАНИЙ .....	24
<i>А.И. Зверев, Д.О. Кузичев, Д.В. Суханов</i>	
ПЕРСПЕКТИВА ПРИМЕНЕНИЯ РЕКУПЕРАТОРА ТЕПЛА СТОЧНЫХ ВОД В ЭНЕРГОПАССИВНЫХ ДОМАХ .....	26
<i>А.А. Коноплева, Ю.А. Мангушева</i>	
МЕТОДЫ РЕКУПЕРАЦИИ ТЕПЛОТЫ В ВЕНТИЛЯЦИОННЫХ СИСТЕМАХ .....	28

<i>А.М. Щукин, И.Б. Глазов, О.А. Рыжова, Е.С. Козлов</i> ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕПЛООВОГО КОНТУРА ЗДАНИЙ.....	30
<i>Н.В. Федорченко, С.С. Козлов</i> РАЗНОВИДНОСТИ СИСТЕМ ОТОПЛЕНИЯ НА СТАНЦИЯХ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ АВТОМОБИЛЕЙ .....	32
<i>С.Д. Кириллов, А.А. Кудрявцева, И.С. Исаев</i> ОСОБЕННОСТИ ВЫБОРА КОНСТРУКЦИИ СИСТЕМ ОТОПЛЕНИЯ В ЖИЛЫХ ДОМАХ И ОБЩЕСТВЕННЫХ ЗДАНИЯХ .....	34
<i>М.А. Логинова, Л.С. Крылова, В.Н. Успенский, Д.Ю. Перфилов</i> ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ПАНЕЛЬНОГО ОТОПЛЕНИЯ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ .....	36
<i>В.С. Козлова, В.А. Медведев, А.С. Аганина</i> СОЗДАНИЕ, ПОДДЕРЖАНИЕ МИКРОКЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ И ХРАНЕНИИ ВИН .....	38
<i>М.А. Зюзин, И.И. Метелкин, А.Н. Бакланов</i> ФАЗОПЕРЕХОДНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ТЕПЛОВОЙ АККУМУЛЯЦИИ	40
<i>А.С. Бондарук, Е.М. Шолыгина, М.А. Кубасова, А.А. Скворцова</i> ПРИМЕНЕНИЕ СИСТЕМ ТЕПЛОАККУМУЛЯЦИИ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ	42
<i>С.Ю. Бычков, А.Д. Краснослов, Ф.С. Алтунин</i> ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ VAV-СИСТЕМ ВЕНТИЛЯЦИИ В ЖИЛИЩНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ .....	44
<i>Н.С. Цыплёнков, Д.В. Маслов</i> ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГИИ С ПОМОЩЬЮ СОЛНЕЧНЫХ КОЛЛЕКТОРОВ .....	46

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Сборник докладов составлен по результатам II конференции молодых ученых ННГАСУ «Тепломассообмен в системах отопления и вентиляции», которая проводилась 29 апреля 2025 г. в Нижегородском государственном архитектурно-строительном университете.

Участников конференции представляли студенты, обучающиеся по следующим направлениям подготовки: бакалавриат 08.03.01 Строительство направленность (профиль) Теплогазоснабжение и вентиляция, 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника направленность (профиль) Промышленная теплоэнергетика; магистратура направлений подготовки 08.04.01 Строительство направленностей (профилей) Теплогазоснабжение и вентиляция и Энергосбережение и повышение энергоэффективности зданий, 13.04.01 Теплоэнергетика и теплотехника направленность (профиль) Тепломассообменные процессы и установки, а также аспиранты кафедры отопления и вентиляции ННГАСУ.

Редакционная коллекция отмечает высокий уровень представленных молодыми учеными научных докладов, наличие в них ясно сформулированных целей и задач, а также выводов, обладающих определенной научной новизной.

В сборнике приведены доклады молодых ученых ННГАСУ, в которых приведены результаты теоретических и экспериментальных исследований, а также практического использования студенческих научных разработок в области строительной теплофизики, технической термодинамики, тепломассообмена, энергосбережения в системах отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха, возобновляемых источников энергии.

Редакционная коллегия выражает искреннюю благодарность промышленному партнеру ННГАСУ ОП «ВЕЗА-Нижний Новгород» и лично руководителю обособленного подразделения А.С. Сергиенко за организационное сопровождение конференции.

Научный руководитель конференции  
д.т.н., зав. кафедрой М.В. Бодров

М.В. Бодров

ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет», г. Нижний Новгород, Россия

## **СПОСОБЫ ПОВЫШЕНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ СИСТЕМ ДЕЦЕНТРАЛИЗОВАННОГО ГОРЯЧЕГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ**

В настоящее время в Российской Федерации наблюдается повышенная статистика несчастных случаев, в т.ч. с летальным исходом, вследствие нарушения правил эксплуатации газовых колонок в многоквартирных жилых домах (МКД). Газовая колонка по своей сути является теплогенератором с открытой камерой сгорания, поэтому часть продуктов сгорания беспрепятственно может попасть в помещение кухни и вызвать острое отравление, в т.ч. и окисью углерода (СО). Специалисты кафедры отопления и вентиляции на постоянной основе выполняют судебные строительно-технические экспертизы с выдачей заключений о причинах отравлений угарным газом, наиболее частыми из которых оказываются факторы несоблюдения правил пользования природным газом в быту и нарушение технических инструкций заводов-изготовителей при эксплуатации газоиспользующего оборудования [1, 2, 3].

При расследовании резонансных случаев в Нижегородской области установлено, что все МКД были построены в середине XX века и оборудованы естественными системами приточно-вытяжной вентиляции гравитационного типа действия различной конфигурации. Это значит, что кислород на горение природного газа в теплогенераторе с открытой камерой сгорания берется непосредственно из помещения кухни, а туда он должен попадать через открытые форточки, створки и фрамуги светопрозрачных заполнений (окон). Удаление воздуха с кухни осуществляется вытяжным каналом за счёт располагаемого давления вследствие разницы температур воздуха в помещении кухни и наружного воздуха около оголовка трубы дымохода при притоке воздуха в кухне в необходимом объеме. Отметим, что угарный газ обладает свойством отсутствия какого-либо цвета, запаха или иного осязаемого признака [4].

По результатам проведенных натурных и аналитических исследований, авторами предлагаются следующие способы повышения эксплуатационной безопасности систем децентрализованного горячего водоснабжения.

1. Установка стационарных оконных или стеновых приточных клапанов, позволяющих обеспечивать нормативный воздухообмен в помещении с установленным газоиспользующим оборудованием [5].

2. Установка устройств звуковой сигнализации наличия угарного газа в помещении кухни при работе газовой колонки с высокой степенью надежности. Сигнал в виде звукового оповещения срабатывает в случае большой вероятности образования критической аварийной ситуации, тем самым мобилизуя людей на эвакуацию из квартиры.

3. Обязательное проведение нормативно установленных регламентных работ в полном объеме в установленные сроки по текущему контролю герметичности дымовых и вентиляционных каналов для исключения попадания угарного газа через трещины и неплотности в смежные каналы вентблока. Постоянный контроль за наличием у специализированных обслуживающих организаций поверенной приборной базы, включая зонды-видеокамеры, термоанемометры, дифференциальные манометры, пирометры и пр.

4. Круглогодичное осуществление текущего ремонта вытяжных оголовков дымовых и вентиляционных каналов, расположенных на плоских и скатных крышах МКД. Оголовки подвергнуты постоянному негативному воздействию атмосферных осадков (снег, дождь, град и др.), что приводит к их постепенному разрушению и снижению тяги.

5. Проведение просветительской работы с различными слоями населения о правилах безопасной эксплуатации газоиспользующего оборудования, в т.ч. о мерах первичного контроля загазованности жилых помещений и кухонь.

В качестве основного вывода авторы считают, что оборудование МКД децентрализованными системами горячего водоснабжения (газовыми колонками с открытыми камерами сгорания) является морально и физически устаревшим, эксплуатационно ненадежным инженерным мероприятием, связанным с большим риском для жизни и здоровья проживающих людей.

При невозможности отказа от газовых колонок для нужд ГВС следует рассмотреть установку теплогенераторов с закрытыми камерами сгорания, что позволит предотвратить несчастные случаи, связанные с отравлениями продуктами сгорания [6].

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. СП 41-108-2004. Поквартирное теплоснабжение жилых зданий с теплогенераторами на газовом топливе : свод правил : утвержден приказом Госстроя России № ЛБ2011/9 от 26 марта 2004 г. : введен в действие с 01 августа 2005 г. – Москва, 2020. – 15 с.

2. СП 54.13330.2022. Здания жилые многоквартирные. СНиП 31-01-2003 : свод правил : утвержден приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 13 мая 2022 г. № 361/пр : введен в действие с 14 июня 2022 г. – Москва, 2023. – 60 с.

3. СП 42-101-2003. Общие положения по проектированию и строительству газораспределительных систем из металлических и полиэтиленовых труб : свод правил : утвержден Госгортехнадзором России № 03-35/240 от 16.06.2000 г. : введен в действие с 08 июля 2003 г. – Москва, 2003. – 207 с.

4. Правила производства трубо-печных работ : утверждены постановлением президиума ЦС ВДПО № 153 от 14.03.2006 г. – Москва, 2002. – 144 с.

5. Дымовые и вентиляционные каналы из кирпича газифицируемых помещений. Вып. 1. Рабочие чертежи : утверждены приказом № 1 ОАО «Росгазификация» от 21.01.2008 г. – Москва, 2008. – 66 с.

6. СП 60.13330.2020. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха : свод правил : утвержден приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 30 декабря 2020 г. № 921/пр : актуализированная редакция СНиП 41-01-2003 : введен в действие с 01 июля 2021 г. – Москва, 2020. – 150 с.

ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет», г. Нижний Новгород, Россия

## МЕТОДЫ ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ КЛИМАТИЧЕСКИХ СИСТЕМ ОВОЩЕКАРТОФЕЛЕХРАНИЛИЩ

В условиях современного сельского хозяйства, где требования к качеству сочного растительного сырья (далее – СРС) становятся все более строгими, важнейшим аспектом является обеспечение требуемых параметров микроклимата в хранилищах СРС. В условиях постоянного повышения цен на энергоресурсы (а следовательно, и на плодоовощную продукцию) и необходимости соблюдения высочайших экологических стандартов оптимизация потребления искусственно сгенерированной энергии климатическими системами становится не просто важной, а жизненно необходимой и первоочередной задачей.

Существуют два основных способа технологического хранения СРС: полевой и в стационарных хранилищах [1].

Хранение полевым методом является наиболее примитивным и не требует принципиально сложных инженерных решений. Заключается данный способ хранения СРС в обустройстве буртов или траншей в непосредственной близости от места сбора урожая или конечного потребителя. Как правило, потери в продукции при буртовом хранении достигают 50 %, и в настоящее время данный способ используется довольно редко.

Хранение в стационарных хранилищах заключается в возведении здания (комплекса сооружений) сельскохозяйственного назначения с особыми параметрами микроклимата в нем. Внушительные капитальные затраты на строительство и эксплуатацию компенсируются небольшими трудовыми затратами и высоким процентом сохранности продукции.

Нормативные расчетные требования к параметрам микроклимата в хранилищах некоторых видов СРС приведены в таблице [2].

Таблица – Параметры хранения сочного растительного сырья

Вид продукции	Температура $t_b$ , °C	Относительная влажность $\varphi$ , %	Продолжительность хранения, мес.
1	2	3	4
картофель продовольственный	2...4	90...95	до 12,0
капуста цветная	0...0,5	85...95	до 3,0
брюква	0...1	90...95	6,0...10,0
репа	0...1	90...95	2,0...4,0
морковь, петрушка	0...1	85...95	4,0...8,0
свекла	0...2	85...95	5,0...10,0

Особенности теплового и влажностного режимов хранилищ СРС (особенно в период охлаждения при закладке продукции на хранение) требует применения малоэнергоёмких климатических систем с включением искусственного холода, особенно в южных регионах Российской Федерации.

Перспективным устройством для получения искусственного холода является вихревая труба, особенно там, где требуется попеременная подача горячего и холодного воздуха в слой хранящейся продукции [3, 4].

Принципиальная схема вихревой трубы приведена на рисунке.

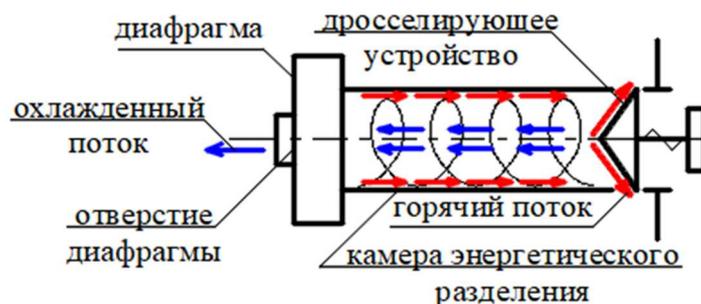


Рисунок – Принципиальная схема вихревой трубы

В заключении авторы отмечают, что применение вихревых воздухоохладителей позволяет значительно снизить затраты на производство промышленного холода в системах овощекртофелехранилищ. Системы холодоснабжения хранилищ СРС не подразумевают использование фреонов, что повышает экологическую устойчивость указанных систем, при этом обеспечивая высокое качество хранимой сельскохозяйственной продукции.

При наличии системы сжатого воздуха в технологическом процессе хранения и переработки овощей капитальные затраты на создание системы охлаждения воздуха минимальны, что весьма перспективно для дальнейшего изучения и последующего внедрения в нашей стране.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Широков, Е.П. Хранение и переработка плодов и овощей / Е.П. Широков, В.И. Полегаев. – М.: Агропромиздат, 1989. – 302 с. – ISBN 5-10-001284-6. – Текст: непосредственный.
2. Бодров, В.И. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха производственных зданий сельхозназначения / В.И. Бодров, Л.М. Махов, Е.В. Троицкая. – М.: Издательство АСВ, 2014. – 240 с. – ISBN 978-5-4323-0025-6. – Текст: непосредственный.
3. Бодров, М.В. Применение вихревых труб для охлаждения насыпи сочного растительного сырья / М.В. Бодров, А.Н. Пылаев. – Текст: непосредственный // Приволжский научный журнал, 2023, № 4. – С. 107-113.
4. Бодров, М.В. Микроклимат производственных сельскохозяйственных зданий и сооружений / В.И. Бодров, М.В. Бодров, Е.Г. Ионычев, М.Н. Кучеренко. – Н. Новгород: ННГАСУ, 2008. – 623 с. – ISBN 978-5-87941-526-1. – Текст: непосредственный.

ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет», г. Нижний Новгород, Россия

## К ВОПРОСУ ВЫБОРА ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ МЕРОПРИЯТИЙ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ЖИЛОГО ФОНДА

В настоящее время в Российской Федерации нормируемые показатели теплозащиты (сопротивления теплопередаче) отдельных ограждающих конструкций зданий определяют в соответствии с СП 50 [1]. Однако данная методика расчета основана на анализе климатических особенностей региона строительства и не учитывает рыночные стоимости как теплоизоляционных материалов, так и тепловой энергии от ресурсоснабжающих организаций.

Наибольшие (до 40 %) тепловые потери ограждающими конструкциями наблюдаются через светопрозрачные заполнения: окна, витражи и пр., а пониженные значения температур на поверхности откосов оконных проемов вызывают дополнительные трансмиссионные потери, возрастающие с увеличением толщины стены [2].

Автором предлагается следующая методика определения экономической эффективности от внедрения энергосберегающих мероприятий по замене окон на светопрозрачные конструкции с более высокими расчетными значениями сопротивления теплопередаче  $R_0^{ок}$ ,  $м^2 \cdot ^\circ C / Вт$ .

Градусо-сутки отопительного периода рассчитываются по (1) [3]:

$$ГСОП = (t_b - t_{от}) \cdot z_{от}, \text{ } ^\circ C \cdot \text{сут/год}, \quad (1)$$

где  $t_{от}$  и  $z_{от}$  – средняя температура,  $^\circ C$ , и продолжительность, сут/год, отопительного периода, принимаемые по [3];

$t_b$  – температура внутреннего воздуха в помещении,  $^\circ C$ .

Удельная теплозащитная характеристика здания определяется по (2) [1]:

$$k_{об} = \frac{1}{V_{от}} \cdot \sum \left( n_{t,i} \cdot \frac{A_i}{R} \right), \text{ } Вт / (м^3 \cdot ^\circ C), \quad (2)$$

где  $V_{от}$  – отапливаемый объем здания,  $м^3$ ;

$n_{t,i}$  – коэффициент, учитывающий отличие внутренней или наружной температуры у конструкции от принятых в расчете ГСОП отопительного периода;

$A_i$  – площадь рассматриваемой ограждающей конструкции,  $м^2$ .

Общие тепловые потери здания за отопительный период:

$$Q_{ТП}^{год} = 0,024 \cdot ГСОП \cdot V_{от} \cdot k_{об}, \text{ } кВт \cdot ч / год. \quad (3)$$

Финансовая экономия, достигаемая за счет сокращения тепловых потерь через светопрозрачное ограждение определяется по зависимости (4):

$$\Delta Э = 0,86 \cdot C_{теп} \cdot \Delta Q_{ТП}^{год}, \text{ } руб. / год, \quad (4)$$

где  $C_{теп}$  – стоимость тепловой энергии (тариф), руб./Гкал, утверждается региональным правительством РФ.

Бездисконтный срок окупаемости определяется по формуле (5):

$$T_0 = \frac{\sum K}{\Delta \dot{E}}, \text{ лет} \quad (5)$$

где  $\sum K$  – сумма по капитальным затратам, полученная в результате суммирования стоимости на конкретный вид светопрозрачной конструкции и затрат на осуществление ее монтажа, руб.

Прогнозируемый срок окупаемости инвестиций в замену светопрозрачной конструкции административного здания определялось по формуле (6):

$$T_{\text{ок}} = \frac{-\ln(1 - p \cdot T_0 / 100)}{\ln(1 + p / 100)}, \text{ лет}, \quad (6)$$

где  $p$  – ключевая ставка Центрального Банка Российской Федерации, %.

Результаты расчета прогнозируемого срока окупаемости инвестиций для пяти городов Центральной России: Москва, Владимир, Тула, Тверь, Смоленск, приведен на рисунке.

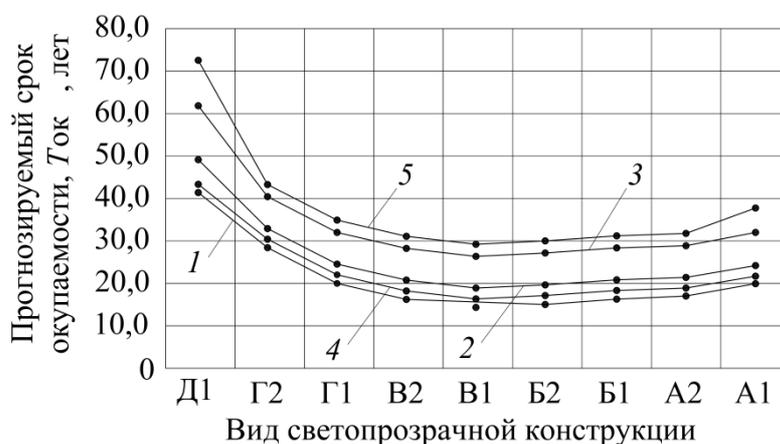


Рисунок – Зависимость прогнозируемого срока окупаемости от вида светопрозрачной конструкции: 1 – г. Москва; 2 – г. Владимир; 3 – г. Тула; 4 – г. Смоленск; 5 – г. Тверь

В качестве исходных данных автором было принято административное здание с отапливаемым объемом 13824 м<sup>2</sup>, а тип светопрозрачных конструкций – в соответствии с классификацией ГОСТ 23166–99 «Блоки оконные. Общие технические условия».

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. СП 50.13330.2012. Тепловая защита зданий : свод правил : утвержден приказом Министерства регионального развития Российской Федерации (Минрегион России) от 30 июня 2012 г. № 265 : актуализированная редакция СНиП 23-02-2003 : введен в действие с 1 июля 2013 г. – Москва, 2012. – 120 с.

2. Фокин, К.Ф. Строительная теплотехника ограждающих частей зданий / К.Ф. Фокин. – М. : Авок-Пресс, 2006. – 256 с. – ISBN 5-98267-023-5. – Текст : непосредственный.

3. СП 131.13330.2020. Строительная климатология : свод правил : утвержден приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 8 августа 2025 г. № 470/пр : актуализированная редакция СНиП 23-01-99\* : введен в действие с 9 сентября 2025 г. – Москва, 2012. – 243 с.

ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет», г. Нижний Новгород, Россия

## ОСОБЕННОСТИ РАСЧЕТА СИСТЕМЫ НАПОЛЬНОГО ОТОПЛЕНИЯ

В настоящее время в Российской Федерации начинается повсеместное внедрение отопительной системы «теплый пол». Однако на эффективную работу «теплого пола» влияют многие факторы. Если пренебрегать ими, то даже при правильно спроектированной системе напольного отопления теплоэффективность не будет удовлетворять условия микроклимата помещения.

По строительным нормам Российской Федерации максимальная температура пола в жилых помещениях не более  $+26\text{ }^{\circ}\text{C}$ , тогда как в местах нечастого пребывания  $+29\text{ }^{\circ}\text{C}$  [1].

Опасность перегретого пола в жилом помещении несет за собой причинение вреда здоровью человека, особенно людей с заболеваниями сосудов или суставов. Также неверно спроектированная система «теплый пол» может повлечь за собой дискомфорт для человека во время сна, что показано на рисунке.

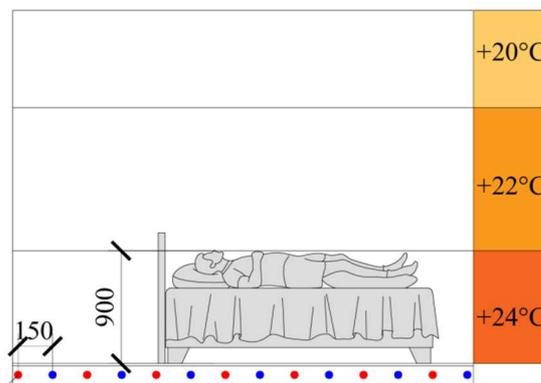


Рисунок – Принципиальная схема работы отопительной системы «теплый пол»

При обогреве помещения с помощью нагретой поверхности теплоотдача последней должна быть равна тепловым потерям помещения.

Температура на поверхности системы «теплый пол» зависит от многих параметров, поэтому очень важно правильно определить ее мощность.

Величину удельного теплового потока можно определить по формуле [2]:

$$q = \Delta t_1 \cdot K_{\text{тр}} \cdot K_{\text{пп}} \cdot K_b \cdot K_c \cdot K_D, \text{ Вт/м}^2, \quad (1)$$

где  $\Delta t_1$  – средний температурный напор,  $^{\circ}\text{C}$ ;

$K_{\text{тр}}$  – приведённый коэффициент теплопередачи стенки трубы,  $\text{Вт/м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}$ ;

$K_{\text{пп}}$  – коэффициент, зависящий от величины термического сопротивления покрытия пола;

$K_b$  – коэффициент шага укладки труб;

$K_c$  – коэффициент толщины стяжки над трубой;

$K_D$  – коэффициент, учитывающий наружный диаметр труб.

Исследовав различные, но наиболее часто встречаемые конструкции индивидуальных жилых домов, авторами были получены значения, представленные в таблице [2, 3].

Таблица – Удельный тепловой поток в зависимости от материала покрытия пола

Материал покрытия пола	Средняя температура теплоносителя, °С	Температура воздуха в помещении $t_{в}$ , °С	Удельный тепловой поток по направлению вверх, Вт/м <sup>2</sup>								
			Шаг труб 100 мм			Шаг труб 150 мм			Шаг труб 200 мм		
			30	40	50	30	40	50	30	40	50
Плитка керамическая	40	15	160	150	141	151	142	133	143	134	127
		20	128	120	112	121	113	107	114	107	101
		25	96	90	84	91	85	80	86	81	76
Ковролин	40	15	116	110	105	111	105	101	106	101	97
		20	92	88	84	88	84	81	85	81	77
		25	69	66	63	66	63	60	64	61	58
Паркет	40	15	87	84	81	84	81	78	81	78	76
		20	70	67	65	67	65	63	65	63	61
		25	52	50	49	50	49	47	49	47	45

В качестве выводов о проведенных исследованиях, авторы считают, что для избежания перегрева поверхности «теплого пола» следует принимать следующие шаги укладки трубопроводов в системе напольного отопления:

- шаг 100 мм: для объектов расположенных в населенных пунктах с температурой наиболее холодной пятидневки  $t_{нх5} = -35$  °С и ниже;
- шаг 150 мм – для объектов расположенных в населенных пунктах с температурой наиболее холодной пятидневки  $t_{нх5}$  от  $-30$  °С до  $-20$  °С;
- шаг 200 мм – для объектов расположенных в населенных пунктах с температурой наиболее холодной пятидневки  $t_{нх5}$  от  $-15$  °С и выше.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. ГОСТ 30494 – 2011. Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях : межгосударственный стандарт : утвержден и введен в действие приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 12 июля 2012 г. № 191-ст : дата введения 2013-01-01 – Москва : Стандартинформ, 2013 – 16 с.
2. Водяной тёплый пол: проектирование, монтаж, настройка. Каталог завода-изготовителя ВАЛТЕК. – Санкт-Петербург, Валтек, 2020. – 64 с. – Текст : электронный.
3. СП 60.13330.2020. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха : свод правил : утвержден приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 30 декабря 2020 г. № 921/пр : актуализированная редакция СНиП 41-01-2003 : введен в действие с 01 июля 2021 г. – Москва, 2020. – 150 с.

ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет», г. Нижний Новгород, Россия

## К ВОПРОСУ ПРИМЕНЕНИЯ СТАТОДИНАМИЧЕСКИХ ДЕФЛЕКТОРОВ ПРИ РЕШЕНИИ АЭРОДИНАМИЧЕСКИХ ЗАДАЧ ЕСТЕСТВЕННОЙ СИСТЕМЫ ВЕНТИЛЯЦИИ ЖИЛОГО ФОНДА

Вентиляция многоквартирных жилых домов (МКД) является одним из ключевых факторов, обеспечивающих санитарно-гигиенические условия проживания, комфорт и безопасность людей [1]. В отечественной практике проектирования и строительства наибольшее распространение получили системы с естественным побуждением, работа которых основана на действии теплового напора и ветрового давления. Однако в современных условиях эффективность таких систем зачастую оказывается недостаточной, что обуславливает необходимость поиска и внедрения инженерных решений, способных повысить устойчивость и надежность воздухообмена.

Основной проблемой естественных систем вентиляции МКД является их высокая зависимость от внешних факторов: температуры наружного воздуха, скорости и направления ветра, этажности здания и состояния вентиляционных каналов. В переходные периоды года, а также при плотной современной застройке и герметичных ограждающих конструкциях естественная тяга существенно снижается или становится неустойчивой. Это приводит к ухудшению качества воздуха в помещениях, возникновению обратной тяги и нарушению нормативных параметров микроклимата. Дополнительным осложняющим фактором является широкое применение герметичных оконных блоков, что резко сокращает неорганизованный приток воздуха. В результате даже при наличии вытяжных каналов система вентиляции не работает в проектом режиме.

Аэродинамический расчет вытяжных систем вентиляции с естественным побуждением движения воздуха отличается малыми значениями рекомендуемых скоростей и заданным располагаемым давлением,  $p_{расп}$ , Па, по каждому уровню. В этом случае основное расчетное направление должно проходить через наиболее удаленную ветвь системы вентиляции, имеющую наименьшее располагаемое давление [2]:

$$p_{расп} = H_i \cdot (\gamma_n - \gamma_v), \quad (1)$$

где  $H_i$  – расстояние по вертикали от центра вытяжной решетки на входе в ответвление на расчетном уровне до среза вытяжной шахты, м;

$\gamma_n$  – удельный вес наружного воздуха, Н/м<sup>3</sup>, определяемый для наружной температуры  $t_n = +5$  °С;

$\gamma_v$  – удельный вес внутреннего воздуха, Н/м<sup>3</sup>, определяемый для расчетной температуры внутреннего воздуха.

Традиционно в нашей стране в МКД применяют естественные системы приточно-вытяжной вентиляции с применением дефлекторов на оголовках вентиляционных каналов, использующих энергию ветра для создания разрежения и повышения тяги. Недостатками являются: зависимость эффективности от скорости и направления ветра, а также низкая результативность в безветренную погоду (штиль) [3].

В качестве промежуточного и более эффективного решения авторами предлагаются статодинамические дефлекторы, позволяющие стабилизировать воздушные потоки и формировать устойчивое разрежение над устьем вентиляционного канала. В ряде случаев они могут дополняться маломощными приводами, обеспечивая частичное механическое побуждение при сохранении низкого энергопотребления. Применение таких устройств повышает надёжность естественной вентиляции и снижает риск нарушения воздухообмена. Общий вид статодинамического дефлектора представлен на рисунке.



Рисунок – Статодинамический дефлектор

Таким образом, использование статодинамических дефлекторов в сочетании с рационально организованным притоком воздуха представляет собой эффективный подход к решению аэродинамических задач естественной вентиляции многоквартирных жилых домов, обеспечивая баланс между надёжностью, энергоэффективностью и экономической целесообразностью.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Богословский, В.Н. Отопление и вентиляция. Ч. 2. Вентиляция : учебник для вузов / В.Н. Богословский, В.И. Новожилов, Б.Д. Симаков, В.П. Титов. Под ред. В.Н. Богословского. – М.: Стройиздат, 1976. – 439 с. – Текст : непосредственный.
2. Баркалов, Б.В. Внутренние санитарно-технические устройства. Ч. 3. Вентиляция и кондиционирование воздуха. Кн. 2 : справочник / Б.В. Баркалов, Н.Н. Павлов, С.С. Амирджанов и др.; Под ред. Н.Н. Павлова и Ю.И. Шиллера. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Стройиздат, 1992. – 416 с. – ISBN 5-274-01155-1. – Текст : непосредственный.
3. Вентиляция многоэтажных жилых домов / И.Ф. Ливчак — Москва : Гос. изд-во архитектуры и градостроительства, 1951. – 57 с. – Текст : непосредственный.

## **ТЕПЛООБМЕННЫЕ АППАРАТЫ В СИСТЕМАХ ОТОПЛЕНИЯ И ВЕНТИЛЯЦИИ: ПРИНЦИПЫ, МЕТОДЫ И ПРИМЕРЫ ЭФФЕКТИВНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ**

Теплообмен является ключевым процессом в системах отопления и вентиляции, обеспечивающим комфортные условия в помещениях. Передача теплоты в среде происходит при наличии разности температур: теплота распространяется из области повышенных температур в область пониженных [1].

По принципу действия теплообменные аппараты разделяют на две большие группы: поверхностные и смесительные аппараты. К первой группе относятся рекуперативные (передача тепла происходит через разделительную стенку) и регенеративные аппараты. Рекуперативные аппараты могут быть классифицированы по назначению; по взаимному направлению потоков рабочих сред (прямоток, противоток и т.д.); по материалу поверхности теплообмена; по числу ходов теплоносителей и т.д. Конструкции рекуперативных теплообменных аппаратов разнообразны: водо-водяные и пароводяные подогреватели, парогенераторы, воздухоподогреватели, калориферы, отопительные приборы.

Водяные теплообменники используются для передачи тепла между горячей водой и холодной водой, которые применяются в системах центрального отопления и горячего водоснабжения. Воздушные теплообменники применяются для обмена теплом между воздухом и другими средами, они используются в системах вентиляции и кондиционирования воздуха. Рекуператоры позволяют извлекать тепло из отработанного воздуха и передавать его свежему воздуху, что значительно повышает энергоэффективность систем вентиляции.

Тепловые насосы используют теплообменники для передачи тепла из одного источника в другой, что позволяет эффективно обогревать или охлаждать помещение [2].

В системах отопления и вентиляции теплообмен может происходить несколькими способами: кондукция (передача тепла через твёрдые тела); конвекция (передача тепла через движение жидкости или газа); излучение (передача тепла в виде инфракрасных лучей); теплопроводность (молекулярный процесс переноса теплоты в сплошной среде).

Существует несколько методов, которые используются для оптимизации теплообмена в системах отопления и вентиляции.

1. Радиальное отопление, где нагревательные приборы (радиаторы) используют конвекцию и излучение для передачи тепла в помещение.

2. «Теплые полы». Системы напольного отопления обеспечивают равномерный обогрев помещения за счёт конвекции и излучения.

3. Вентиляция с рекуперацией теплоты, использующая вторично теплоту отработанного воздуха.

Авторами проанализированы основные способы использования теплообменных аппаратов в строительной отрасли нашей страны.

1. Установка на объектах малоэтажного домостроения. Теплообменники разделяют центральный и внутренний контур системы отопления: с одной стороны, к прибору подключают трубу с горячей средой от котлоагрегата, с другой стороны – трубопроводы внутренней системы с реле и контроллерами. Установка такого устройства позволяет быстрее и равномернее прогревать воздух в комнатах, упрощает контроль климата в доме, позволяет быстрее и равномернее прогревать воздух в комнатах, упрощает контроль климата в доме, позволяет экономить энергию, стабилизирует температуру и давление в трубах, что продлевает их срок и службу.

2. Использование в индивидуальных тепловых пунктах (ИТП) многоквартирных жилых домов. Теплообменное оборудование в комплексе ИТП помогает регулировать количество поступающей энергии в соответствии с нуждами потребителей. Абонент может сам контролировать температурный режим в помещении с помощью запорно-регулирующей арматуры на радиаторах, что позволяет снизить потребление тепла до 30 %.

3. Применение в котельных. Теплообменники устанавливают для регулирования температуры и уменьшения износа современных труб, которые делают из пластика. За счёт теплообменника количество теплоносителя во внутреннем контуре котельной ниже, в котлах образуется меньше накипи, что существенно продлевает их срок службы.

4. Применение теплообменников в системе вентиляции. Наиболее распространённым типом является пластинчатый воздушный теплообменник, представляющий собой набор из металлических пластин с высокой теплопроводностью, собранных в пачку с мелкими зазорами, через которые независимыми потоками пропускаются свежая и исходящая струи воздуха. Внутри устройства потоки разделены поочередно, что позволяет осуществлять эффективное уравнивание температур приточного и вытяжного воздуха. Высокая теплопроводность металлических пластин позволяет интенсивно отбирать тепло у вытяжной струи, активно нагревать приточный поток [3].

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Михеев, М.А. Основы теплопередачи / М.А. Михеев, И.М. Михеева. – Изд. 3-е, – М.: Энергия, 2010. – 344 с. – ISBN 978-5-903178-20-9. – Текст : непосредственный.

2. Андреев, В.А. Теплообменные аппараты для вязких жидкостей / В.А. Андреев. – Л.: Энергия, 1971. – 152 с. – Текст : непосредственный.

3. Невзорова, А.Б. Теплогазоснабжение, отопление и вентиляция/ А.Б. Невзорова. – М-во образования Респ. Беларусь, Белорус. Гос. ун-т трансп. – Гомель : БелГУТ, 2014. – 279 с. – ISBN 978-985-554-323-8. – Текст : непосредственный.

ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет», г. Нижний Новгород, Россия

## ОСОБЕННОСТИ РАСЧЕТА СИСТЕМ ЛУЧИСТОГО ОХЛАЖДЕНИЯ

В условиях теплового перегрева зданий в теплый период года наблюдаются значительные ухудшения производительности труда рабочих. Высокая температура в рабочем помещении негативно сказывается как на физическое здоровье человека (риск обезвоживания, повышенная нагрузка на сердце, обострение кожных заболеваний), так и на психическое, особенно при постоянном стрессе в рабочей среде.

Общепринятым технологическим решением поставленной проблемы является применение местных температурных доводчиков (сплит-систем, VRF-систем и др.). К основным конструктивным и эксплуатационным недостаткам данных систем можно отнести: высокую подвижность воздуха; излишнее осушение внутреннего воздуха; потребность в постоянной очистке внутренних блоков систем от пыли (в противном случае из-за влажной среды внутри блока образуется благоприятная среда для размножения бактерий).

Для повышения энергоэффективности систем охлаждения воздуха, создания благоприятной среды для работы человека авторами предлагается применять системы лучистого охлаждения. Принцип действия системы основывается на изменении общей температурной обстановки в помещении, что позволяет создать более комфортную обстановку в помещении при более высокой температуре внутреннего воздуха.

Возможность применения предлагаемых систем охлаждения проверяется соблюдением условий комфортности [1]. Первое условие комфортности характеризуется такой температурной обстановкой в помещении, при которой человек не будет испытывать перегрев или переохлаждение. Температурная обстановка помещения задается радиационной температурой  $t_R$ , °С и температурой внутреннего воздуха  $t_B$ , °С.

Радиационная температура помещения  $t_R$ , °С определяется:

$$t_R = \sum(\varphi_{\text{ч-}i} \cdot t_i), \quad (1)$$

где  $\varphi_{\text{ч-}i}$  – коэффициенты облученности с человека на отдельные поверхности с температурой  $t_i$  при положении человека в середине помещения.

Уравнение первого условия комфортности для теплого периода года для жилых и общественных здании имеет вид [1]:

$$t_R = 36 - 0,5 \cdot t_B \pm 1,5, \text{ °С}. \quad (2)$$

Второе условие комфортности ограничивает интенсивность теплообмена человека вблизи с охлажденной поверхностью. Следовательно, допустимая температура поверхности охлаждающего элемента системы лучистого охлаждения  $\tau_{\text{п}}^{\text{доп}}$ , °С будет определяться из решения уравнения [1]:

$$\tau_{\text{п}}^{\text{доп}} \geq 23 - \frac{5}{\varphi_{\text{ч-п}}}, \text{ } ^\circ\text{C}, \quad (3)$$

где  $\varphi_{\text{ч-п}}$  – расчетное значение коэффициента облученности с человека на охлаждающую поверхность.

Расчет системы лучистого охлаждения сводится к определению оптимальной температуры поверхности охлаждающей панели, которая в свою очередь будет зависеть от необходимой тепловой мощности [2, 3].

Мощность охлаждающей панели определяется по формуле:

$$Q_{\text{п}} = \alpha_{\text{л}} \cdot F_{\text{п}} \cdot (\tau_{\text{п}} - \tau_{\text{огр}}) + \alpha_{\text{к}} \cdot F_{\text{п}} \cdot (\tau_{\text{п}} - t_{\text{в}}), \quad (4)$$

где  $\alpha_{\text{л}}$ ,  $\alpha_{\text{к}}$  – лучистый и конвективный коэффициенты теплообмена охлаждающей потолочной панели, соответственно, Вт/(м<sup>2</sup>·°C);

$\tau_{\text{п}}$  – температура поверхности охлаждающей потолочной панели, °C;

$\tau_{\text{огр}}$  – средняя температура окружающих ограждений участвующих в теплообмене без учета охлаждающей панели, °C;

$t_{\text{в}}$  – температура внутреннего воздуха [4], °C;

$F_{\text{п}}$  – площадь поверхности охлаждающей панели, м<sup>2</sup>.

В заключение авторы отмечают, что системы лучистого охлаждения являются перспективными системами охлаждения помещений различного технологического назначения и имеют ряд неоспоримых преимуществ:

- за счет возможности поддержания более высокой температуры внутреннего воздуха без снижения уровня теплового комфорта снижается общее энергопотребление обслуживаемого здания;

- обладает низкой тепловой инерцией, что позволяет быстрее реагировать на изменение уровня тепловыделений в помещении;

- за счет более низкой подвижности воздуха в рабочей зоне создается благоприятная санитарно-гигиеническая обстановка в помещении.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Богословский, В. Н. Внутренние санитарно-технические устройства. В 3 ч. Ч. 1. Отопление. / В. Н. Богословский, Б.А. Крупнов, А.Н. Сканава и др.; под ред. И.Г. Староверова и Ю.И. Шиллера. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Стройиздат, 1990. – 344 с. – ISBN 5-274-00523-3. – Текст : непосредственный.

2. Миссенар, А. Лучистое отопление и охлаждение / А. Миссенар – М.: Стройиздат, 1961. – 229 с. – Текст : непосредственный.

3. Колпаков, Г.В. Регулирование микроклимата в условиях летнего перегрева зданий / Г.В. Колпаков. – М.: Стройиздат, 1970. – 175 с. – Текст: непосредственный.

4. ГОСТ 30494 – 2011. Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях : межгосударственный стандарт : утвержден и введен в действие приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 12 июля 2012 г. № 191-ст : дата введения 2013-01-01 – Москва : Стандартинформ, 2013 – 16 с.

ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет», г. Нижний Новгород, Россия

## ОБОСНОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ СИСТЕМ МЕХАНИЧЕСКОЙ ПРИТОЧНОЙ ВЕНТИЛЯЦИИ В ОФИСНЫХ ПОМЕЩЕНИЯХ

Качество воздуха на рабочих местах в офисных помещениях административного назначения зависит от множества факторов, и среди ключевых следует рассматривать два основных типа загрязнений.

Во-первых, пыль и твёрдые частицы, такие как  $PM_{2,5}$  – мелкодисперсная пыль и аэрозоль, размер которых составляет от 10 мкм до 2,5 мкм и  $PM_{10}$  – атмосферные загрязнители с диаметром частиц 10 микрон. Источниками загрязнений могут быть уличная пыль, строительный мусор и бытовые загрязнения при уборке помещений различными средствами клининга [1, 2].

Во-вторых, микроорганизмы, такие как бактерии, вирусы, споры плесени. Источниками загрязнения являются высокая влажность, недостаточная фильтрация и очистка, плохо проветриваемые зоны, системы кондиционирования и увлажнители в неправильном обслуживании.

Эти загрязнители не только ухудшают самочувствие, но и снижают работоспособность. Поскольку офисный работник проводит в помещениях до 90 % времени, единственный способ обеспечить здоровый микроклимат – применение систем механической вентиляции с многоступенчатой фильтрацией.

В современных системах приточной вентиляции используют фильтры разного класса очистки, каждый из которых решает свою задачу:

- фильтр грубой очистки EU3 (EN779 G3) с эффективностью 80...90 % по «контрольной» взвеси (обычно задерживает крупные частицы >10 мкм); применяется в качестве первого этапа очистки воздуха (например, предварительная очистка притока);

- фильтр тонкой очистки EU7 (EN779 F7) улавливающий 80..90 % частиц средних размеров (примерно 1...3 мкм); используется как вторичная очистка в системах вентиляции/кондиционирования (для удаления пыли, различных аллергенов и т.п.);

- высокоэффективный (абсолютный) фильтр EU13, задерживающий до 99,95 % частиц размером  $\geq 0,3$  (почти весь мелкодисперсный аэрозоль и бактерии/вирусы); применяется в «чистых» помещениях, операционных, медицине, фармацевтике и т. д. для максимальной очистки воздуха.

Отметим также, что бактериальные (бактерицидные) фильтры с антимикробной пропиткой или с добавлением УФ-облучения задерживают пыль и препятствуют размножению бактерий и грибков в системе вентиляции. Применяются в детских садах, поликлиниках, больницах и др. местах с повышенными санитарными требованиями [3].

Множество исследований показывают, что повышенные требования к качеству внутреннего воздуха (одновременное поддержание расчетных параметров температуры, относительной влажности, подвижности и запыленности, а также кратности воздухообмена) напрямую повышает когнитивные способности и продуктивность труда.

Например, эксперимент Гарвардской медицинской школы сравнил рабочие помещения с обычной и улучшенной вентиляцией: в «зелёных» офисах с усиленной подачей воздуха показатели умственной деятельности участников были в 2,5 раза выше, чем в стандартных условиях. В частности, результаты тестов на «использование информации» и «стратегию» были на 172...299 % лучше, а «реакция на кризис» – на 97...131 % выше при улучшенной вентиляции.

Рассматривая экономическую составляющую внедрения инвестиций в высокотехнологичные системы механической приточной вентиляции, следует отметить резкое снижение сезонной заболеваемости персонала аллергическими заболеваниями, позволяющую снизить оплаты больничных листов на 18...20 %.

Также отмечается резкое повышение продуктивности производства на рабочих местах сотрудникам при минимизации содержания CO<sub>2</sub> во внутреннем воздухе, что достигается исключительным применением систем механической приточно-вытяжной вентиляции. Повышенная свежесть воздуха также усиливает витальность и самочувствие: люди чувствуют себя бодрее, меньше устают, снижается сонливость.

По результатам проведенных исследований авторами сделан важный вывод, что при рациональном и грамотном проектировании, строительстве и эксплуатации систем обеспечения параметров микроклимата в офисных и административных помещениях возможно достичь полной окупаемости капитальных затрат в системы приточно-вытяжной вентиляции [4].

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. ГОСТ Р ЕН 779–2014. Фильтры очистки воздуха общего назначения. Определение технических характеристик : национальный стандарт : утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 24 октября 2014 г. № 1419-ст : дата введения 2014-10-24 – Москва : Стандартинформ, 2014. – 68 с.

2. ГОСТ Р 70064.1-2022 (ИСО 16890-1:2016). Фильтры очистки воздуха общего назначения. Часть 1. Технические характеристики, требования и система классификации, основанная на эффективности улавливания взвешенных частиц (ePM) : национальный стандарт : утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 12 сентября 2022 г. № 917-ст: дата введения 2022-09-12 – Москва : Российский институт стандартизации, 2022. – 32 с.

3. СП 60.13330.2020. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха : свод правил : утвержден приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 30 декабря 2020 г. № 921/пр : актуализированная редакция СНиП 41-01-2003 : введен в действие с 01 июля 2021 г. – Москва, 2020. – 150 с.

4. Каменев, П.Н. Вентиляция. Учебное пособие / П.Н. Каменев, Е.И. Тертичник – М.: Изд-во АСВ, 2008. – 624 с. – ISBN 978-93041-436-6. – Текст : непосредственный.

ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет», г. Нижний Новгород, Россия

## ИННОВАЦИОННЫЕ МЕТОДЫ ОЧИСТКИ ВЕНТИЛИРУЕМОГО ВОЗДУХА

В настоящее время в нашей стране и за рубежом проводятся многочисленные исследования инновационных способов очистки приточного воздуха, используемого в системах технологического кондиционирования воздуха. Очищенный воздух используется как в «чистых помещениях», так и в различных объектах, связанных с медициной, в т.ч. в лечебно-профилактических учреждениях и в фармакологии.

Плазма-волновая очистка приточного воздуха, использующая технологию под названием *PlasmaWave* – современный инновационный метод, использующий эффект ионизации для очистки воздуха от загрязняющих веществ. Эта уникальная технология нейтрализует вирусы, бактерии, запахи и летучие органические соединения (химические пары и вредные газы). Итак, дело в том, что, когда очиститель выпускает плазму в воздух, она запускает каскад химических реакций. Эти реакции расщепляют загрязняющие вещества на молекулярном уровне, делая их безвредными. Устройство создает холодную плазму, которая представляет собой поток положительных и отрицательных ионов.

Когда положительные и отрицательные ионы встречаются с загрязнителями, они образуют активные радикалы. Эти радикалы запускают химические реакции, которые разрушают структуру загрязнителя. Ионы проникают в клеточные стенки микроорганизмов, разрушая их ДНК или РНК. Это делает бактерии и вирусы неактивными и безопасными для человека.

Органические соединения, вызывающие неприятные запахи (например, табачный дым, запах готовки), разлагаются до безвредных веществ, таких как углекислый газ ( $\text{CO}_2$ ) и вода ( $\text{H}_2\text{O}$ ). Пыльца, споры плесени и другие аллергены разрушаются на молекулярном уровне, что предотвращает их воздействие на организм. После завершения реакций ионы рекомбинируют, образуя безвредные молекулы. Положительные и отрицательные ионы снова объединяются, превращаясь в обычные молекулы кислорода ( $\text{O}_2$ ) и водяного пара ( $\text{H}_2\text{O}$ ), что делает процесс экологически чистым, так как не остается токсичных остатков.

Если стоит задача комплексной очистки воздуха, включая удаление запахов, газов и микроорганизмов, а также требуется экономичное и экологичное решение, то такие фильтры являются более прогрессивным и эффективным выбором по сравнению с НЕРА-фильтрами (результаты сравнительного анализа приведены автором в таблице).

Таблица – Результаты сравнительного анализа применение технологии *PlasmaWave* применения традиционных HEPA-фильтров [1]

Критерий сравнения	<i>PlasmaWave</i> (ионизация)	HEPA-фильтр
1	2	3
Эффективность против частиц	Высокая для мелких частиц, но зависит от концентрации ионов и времени воздействия	Очень высокая: улавливает до 99,97% частиц размером 0,3 микрона и больше
Эффективность против газов	Высокая: разрушает газообразные загрязнители, включая запахи и вредные химические вещества	Низкая: не удаляет газообразные загрязнители (например, запахи, органические соединения)
Требования к обслуживанию	Не требует замены фильтров, но может потребовать периодической чистки электродов или датчиков	Фильтр необходимо регулярно заменять (обычно каждые 6–12 месяцев)
Энергопотребление	Низкое: технология потребляет минимум энергии для генерации ионов	Умеренное: зависит от мощности вентилятора, который продувает воздух через фильтр
Экологичность	Средняя: использованные фильтры становятся отходами	Высокая: отсутствие отходов, но возможное образование озона снижает экологичность

Однако одним из потенциальных побочных эффектов этой технологии является выделение озона (O<sub>3</sub>) – газа, который может быть вредным для здоровья человека при определенных концентрациях. В верхних слоях атмосферы озон играет защитную роль, поглощая ультрафиолетовое излучение, однако на уровне земли и в закрытых помещениях озон считается загрязнителем воздуха, так как он может раздражать дыхательные пути, вызывать головные боли, ухудшать работу легких и даже провоцировать обострение астмы или других респираторных заболеваний. Технология *PlasmaWave* спроектирована так, чтобы минимизировать или полностью исключить выделение озона в окружающую среду [2].

Заключение. Технология плазменных волн представляет собой многообещающее достижение в области очистки воздуха. Ее высокая эффективность фильтрации, комплексный подход к удалению загрязняющих веществ и регулируемое производство озона делают ее привлекательным выбором для тех, кто стремится улучшить качество воздуха в помещении. Однако для окончательного подтверждения их безопасности работоспособности необходимы дальнейшие исследования данного способа очистки воздуха.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. DheerajSonwane «Plasma Wave Air Purifier: A Comprehensive Guide» / DheerajSonwane [Электронный ресурс]//Airpurifiermaster: [сайт]. – URL: <https://airpurifiermaster.com/plasma-wave-air-purifier-guide> / (дата обращения: 25.4.2025).
2. Danny Ashton «What is PlasmaWave technology?» / Danny Ashton [Электронный ресурс]//Housefresh: [сайт]. — URL: <https://housefresh.com/what-is-plasmawave-technology> / (дата обращения: 25.4.2025).

ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет», г. Нижний Новгород, Россия

## **СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПРАКТИКИ ПРИМЕНЕНИЯ СИСТЕМ КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ И ПАНЕЛЬНО-ЛУЧИСТОГО ОХЛАЖДЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ЗДАНИЙ**

В условиях роста требований к энергоэффективности зданий сооружений, а также увеличения числа производственных площадей задача снижения энергопотребления системами вентиляции и кондиционирования (более 40% от общего потребления зданий) приобретает особенную критическую важность. Это актуализирует поиск альтернативных, более эффективных решений для создания комфортного микроклимата [1].

Традиционные системы кондиционирования воздуха (СКВ) эффективно регулируют температуру, влажность и чистоту воздуха, однако являются самыми энергоемкими системами обеспечения параметров микроклимата.

Различают два основных типа современных СКВ:

- централизованные СКВ, состоящие из мощного внешнего оборудования (чиллеров, кондиционеров), сети воздухопроводов и приточных устройств; применяются в крупных административных, торговых и общественных зданиях;
- локальные (индивидуальные) СКВ, где каждое помещение оснащено автономным устройством (например, сплит-системой); характерны для частных домов, небольших офисов.

Современные СКВ часто используют чиллеры – агрегаты для охлаждения жидкости-теплоносителя, циркулирующей в замкнутом контуре к фанкойлам или охладителям воздуха. Это обеспечивает адаптивное распределение холода и снижение шума в помещениях. Однако СКВ присущи существенные недостатки: высокое энергопотребление (работа вентиляторов, насосов, охлаждение всего объёма воздуха), сквозняки, риск распространения инфекций, шум от оборудования и необходимость регулярного обслуживания фильтров.

В настоящее время в нашей стране практически не применяются альтернативные устройства кондиционирования воздуха – системы панельно-лучистого охлаждения (ПЛО) [2].

Данные системы основаны на принципе радиационного теплообмена между охлаждёнными поверхностями (потолок, стены) и человеком, минуя промежуточный нагрев всего объёма воздуха. Конструктивно представляют собой контуры труб, интегрированные в ограждающие конструкции (потолочные панели, профили).

Авторами были проанализированы ключевые преимущества ПЛО по сравнению с традиционно применяемыми рассмотренными выше СКВ [3].

1. Высокая энергоэффективность: снижение энергозатрат на 20...40 % за счёт отсутствия мощных вентиляторных блоков. Также следует отметить, что в установках ПЛО используется рабочий хладагент с более высокой температурой (16...18 °С против 6...12 °С в СКВ), что дает возможность использования обратной водопроводной или артезианской воды. Важным фактором также является целенаправленное охлаждение людей, находящихся в рабочей зоне, что позволяет экономить энергетические ресурсы.

2. Повышенный тепловой комфорт: отсутствие сквозняков и принудительных воздушных потоков, стабильность влажности, бесшумность работы. Систему ПЛО возможно использовать при любых режимах эксплуатации системы механической приточно-вытяжной вентиляции.

3. Эксплуатационная экономичность: минимизированные затраты на техобслуживание (отсутствие фильтров, низкая запылённость и пр.) и большой срок службы компенсируют более высокие первоначальные капитальные вложения в объект строительства.

Системы панельно-лучистого охлаждения демонстрируют значительные преимущества в энергоэффективности, комфорте и эксплуатационных расходах, что делает их внедрение довольно перспективной технологией в создании систем обеспечения параметров микроклимата. Однако из-за ограниченной мощности ПЛО не могут полностью заменить традиционные СКВ на объектах промышленного и гражданского строительства.

*Выводы по проведенным исследованиям.* По мнению авторов, наиболее эффективной стратегией является комбинированное использование ПЛО и СКВ: система ПЛО работает непрерывно в круглосуточном режиме, обеспечивая базовое охлаждение объектов, а СКВ включается оперативно для компенсации пиковых тепловых нагрузок в теплый период года. Такая гибридная схема позволяет оптимизировать энергопотребление, снизить затраты и достичь максимального уровня комфорта.

Также при выборе конкретного инженерного решения на стадии разработки проектной документации с применением ПЛО большое внимание надо привлекать к системам удаления конденсата с поверхностей охладителей, влияющим на общий влажностный режим помещения.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Кувшинов, Ю. Я. Панельно-лучистое охлаждение помещений / Ю. Я. Кувшинов, Д. Н. Зинченко, С. Г. Булкин. – Текст: непосредственный // АВОК: Вентиляция. Отопление. Кондиционирование : журнал по вентиляции, отоплению, кондиционированию воздуха, теплоснабжению и строительной теплофизике, 2007, №5. – С. 8–14.
2. Скопин, К. М. Система панельно-лучистого отопления (охлаждения) / К. М. Скопин. – Текст : непосредственный // Молодой ученый, 2024, № 36 (535). – С. 31–36.
3. Миссенар, А. Лучистое отопление и охлаждение / А. Миссенар – М.: Стройиздат, 1961. – 229 с. – Текст : непосредственный.

ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет», г. Нижний Новгород, Россия

## ПЕРСПЕКТИВА ПРИМЕНЕНИЯ РЕКУПЕРАТОРА ТЕПЛА СТОЧНЫХ ВОД В ЭНЕРГОПАССИВНЫХ ДОМАХ

В настоящее время в странах Западной Европы и стран Северной Америки особое внимание уделяется возведению современных энергетически пассивных зданий, позволяющих многократно (вплоть до нулевого значения) снизить потребление искусственно сгенерированной энергии.

Пассивный (энергопассивный) дом – это здание, возведенное по определенному строительному стандарту, который обеспечивает пониженное потребление тепловой энергии и предполагает либо отсутствие отдельной системы отопления в нем, либо наличие отопительной системы малой мощности.

Авторы приводят следующие обязательные общепринятые в Европейских странах стандарты проектирования энергетически пассивных домов.

1. Максимальное использование теплоты солнечной радиации, предусматривающее расположение большей части светопрозрачных конструкций на южном фасаде.

2. Преимущественное использование инженерных систем воздушного и напольного отопления.

3. Суммарная мощность отопительно-вентиляционных систем не должна превышать 10 Вт на 1 м<sup>2</sup> отапливаемой площади пола здания.

4. Максимальные удельный расход тепловой энергии на отопление 1 м<sup>2</sup> площади пола здания не должен превышать величины  $q_{от} = 15$  кВт·ч/(м<sup>2</sup>·год).

5. Общее потребление первичной тепловой энергии для всех бытовых нужд (отопление, горячее водоснабжение и электроснабжение), приведенное к 1 м<sup>2</sup> площади пола здания, не должно превышать расчетной величины  $q_{об} = 15$  кВт·ч/(м<sup>2</sup>·год).

6. Максимальное использование бытовых и биологических тепловыделений, по величине достигающих значений  $q_{быт} = 10...17$  Вт/м<sup>2</sup>.

7. Практически полное отсутствие каких-либо «тепловых мостиков» в ограждающих конструкциях.

8. Пониженная воздухопроницаемость ограждающих конструкций.

Энергопассивные дома – это инновационный подход к строительству, ориентированный на минимальное энергопотребление. Их ключевые принципы включают: сверхтеплоизоляцию, предотвращающую потери тепла; рекуперацию энергии и интеграцию возобновляемых источников. Особое место занимают рекуператоры сточных вод, которые преобразуют теплоту из бытовых стоков (душ, раковины) для подогрева чистой воды, повышая энергоэффективность системы.

Рекуператоры используют теплообмен между двумя контурами. Теплая вода из стоков передает энергию холодной воде через теплообменник, предварительно нагревая ее перед подачей в бойлер. Это значительно сокращает затраты энергии на подготовку горячей воды, делая систему ГВС более экологичной и экономичной. Для среднестатистической семьи такая технология становится источником существенной экономии ресурсов.

Установка рекуператоров сочетает в себе несколько выгод: экономическая составляющая проявляется в снижении счетов за энергию, а экологическая – в уменьшении углеродного следа. Оборудование отличается долговечностью, работая десятилетиями при минимальном обслуживании.

Стоимость системы рекуперации зависит от масштаба проекта и особенностей монтажа. Для её установки требуется отдельная канализация и техническое помещение. Окупаемость варьируется в зависимости от региональных тарифов на энергию. Развитие технологии идёт в сторону интеграции с «умными» системами, которые автоматически оптимизируют процессы теплообмена. Гибридные решения, сочетающие рекуператоры с другими экологичными технологиями, повышают общую эффективность энергосистем.

Выводы по проведенным исследованиям. Рекуператоры теплоты сточных вод являются перспективным элементом современных энергопассивных домов. Их способность вторично использовать теплоту из бытовых стоков для нагрева воды не только снижает зависимость зданий от внешних энергоисточников, но и приближает их к «нулевому энергобалансу».

Применение экологичных технологий, способствующее защите окружающей среды, оказывает косвенное влияние на снижение вредных выбросов котельно-печного оборудования в атмосферу. Строительство пассивных домов является первым шагом в конструировании домов с нулевым выбросом CO<sub>2</sub>.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Абитов, А.М. «Пассивный дом» – что это такое / А.М. Абитов, М.А. Атаев. – Текст: непосредственный // Международный журнал «Символ науки», 2016, № 3. – С. 23–25.
2. Файст, В. Основные положения по проектированию пассивных домов / В. Файст – М.: ООО «КОНТИ ПРИНТ», 2015. – 144 с. – ISBN 978-5-99071-7. – Текст : непосредственный.
- 3 Третьякова, П. А. Повышение класса энергоэффективности жилых здания за счет утилизации теплоты сточных вод / П. А. Третьякова. – Текст : непосредственный // Энерго- и ресурсосбережение. Энергообеспечение. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии: материалы Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых с международным участием (Екатеринбург, 12–16 декабря 2016 г.). – Екатеринбург : УрФУ, 2016. – С. 670–674.

ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет», г. Нижний Новгород, Россия

## МЕТОДЫ РЕКУПЕРАЦИИ ТЕПЛОТЫ В ВЕНТИЛЯЦИОННЫХ СИСТЕМАХ

В современных климатических и вентиляционных системах использование рекуперации теплоты является ключевым элементом для повышения энергоэффективности и снижения затрат на отопление и охлаждение помещений. Существует несколько конструктивных видов рекуперации теплоты, каждый из которых имеет свои особенности и области применения [1. 2].

1. *Пластинчатый рекуператор*, состоящий из множества тонких металлических пластин, которые разделяют два воздушных потока. Вытяжной поток передает тепло пластинам внутри рекуператора, которые в свою очередь греют холодный приточный воздух. Кассеты с металлическими пластинами снабжены поддоном для слива конденсата, который образуется в процессе работы в холодный период года.

Отметим основные неоспоримые преимущества применения пластинчатых рекуператоров: низкий уровень шума; компактность и простота конструкции; низкие эксплуатационные затраты; отсутствие подвижных частей.

Однако авторы указывают, что при использовании пластинчатых рекуператоров имеются следующие недостатки: низкий коэффициент теплотехнической эффективности ( $\eta \leq 65 \%$ ); обледенение пластин теплообменника при очень низких температурах приточного воздуха.

2. *Регенеративный роторный теплообменник* представляет собой цилиндр, внутри которого находятся прослойки, выполненные из гофрированного тонкостенного металла. При вращении барабана в него по очереди входят слои приточного и использованного (отработанного) воздуха в каждый отсек, а скорость вращения ротора можно регулировать системой автоматизации. Далее, по мере вращения барабана, теплота переходит к потоку с улицы и нагревает его.

Преимущества использования: высокая теплотехническая эффективность ( $\eta > 85 \%$ ); значительное снижение затрат на охлаждение в теплый период года; нет необходимости в проведении циклов оттаивания; нет потребности в отводе конденсата; относительная простота технического обслуживания и управления.

Недостатками, с точки зрения авторов, являются: сравнительно высокое потребление электроэнергии за счет электрического двигателя для вращения роторного агрегата; воздушные потоки приточного и вытяжного воздуха всегда смешиваются, и их невозможно полностью разделить (ограничение в использовании); относительно высокий уровень шума.

3. *Рекуператор с промежуточным теплоносителем* состоит из двух теплообменников, соединенных между собой трубопроводами с насосом для цир-

куляции и арматурой. Один из теплообменников помещен в канал с потоком вытяжного воздуха и получает теплоту от него. Теплота через теплоноситель с помощью насоса и труб переносится в другой теплообменник, расположенный в канале приточного воздуха (см. рисунок).

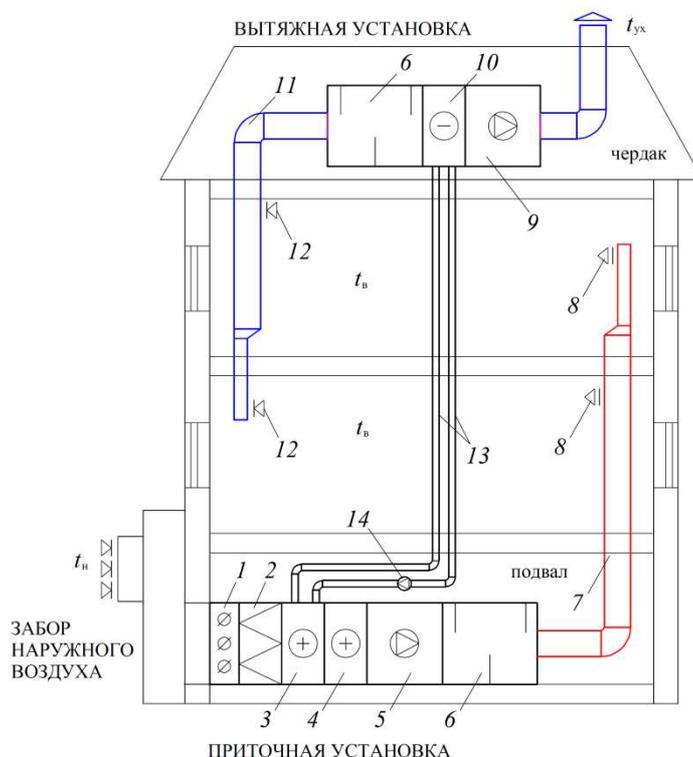


Рисунок – Принципиальная схема системы приточно-вытяжной вентиляции с рекуператором с промежуточным теплоносителем: 1 – воздушная заслонка; 2 – фильтр; 3 – воздушнонагреватель (калорифер); 4 – теплоизвлекающий теплообменник; 5 – приточный вентилятор; 6 – шумоглушитель; 7 – приточный воздуховод; 8 – приточная решетка; 9 – вытяжной вентилятор; 10 – теплоотдающий теплообменник; 11 – вытяжной воздуховод; 12 – вытяжная решетка; 13 – соединительные трубопроводы; 14 – циркуляционный насос

Преимуществами этой системы рекуперации являются: реализация принципов рекуперации для отдельных и даже удалённых друг от друга приточных и вытяжных установок; ими могут быть дополнены существующие системы вентиляции, которые изначально не предполагали рекуперацию тепла.

Недостатки: низкий коэффициент теплотехнической эффективности, который составляет всего 45...55 %; сложны в монтаже и обслуживании.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Васильев, В. А. Параметрическое исследование регенеративного теплообменника / В. А. Васильев, А. И. Гаврилов, К. К. Каменецкий, Е. В. Соболев. – Текст : непосредственный // Вестник Международной Академии Холода, 2010, № 1. – С. 32–35.

2. Низовцев, М. И. Регенеративный теплообменник для вентиляции помещений с периодическим изменением направления воздушного потока / М. И. Низовцев, В. Ю. Бородулин, В. Н. Летушко. – Текст : непосредственный // Теплофизика и аэромеханика, 2015, Том 22, № 6. – С. 785–796.

ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет», г. Нижний Новгород, Россия

## ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕПЛООВОГО КОНТУРА ЗДАНИЙ

В условиях роста цен на энергоресурсы и ужесточения экологических норм повышение энергоэффективности зданий в Российской Федерации становится критически важным. Существующие нормативные методы проектирования теплозащитного контура зданий [1] не учитывают экономические факторы, такие как стоимость тепловой энергии в конкретном регионе строительства и процентные ставки рефинансирования Центрального Банка Российской Федерации, что снижает их практическую полезность.

Выбор нормативного уровня теплозащиты теплового контура зданий в настоящее время зависит исключительно от региона строительства, и в свою очередь, от статистических климатических показателей градусо-суток отопительного периода (ГСОП) [1, 2].

Авторами составлена математическая модель оптимизационной задачи проектирования теплового контура здания с учетом экономической составляющей определения срока окупаемости каждого конкретного мероприятия повышения энергоэффективности.

Разработана программа в *Excel*, использующая метод Ньютона-Рафсона для численного решения нелинейного уравнения теплозащиты здания.

Предлагаемый инструмент учитывает следующие основные ключевые параметры: климатические условия региона строительства (ГСОП), рыночную стоимость тепловой энергии в регионе (руб/Гкал), ставку рефинансирования ЦБ и теплотехнические свойства утеплителя.

Автоматизированный расчет позволяет находить толщину утеплителя от требуемого срока окупаемости и наоборот.

Уравнение этой зависимости будет имеет вид:

$$G = \frac{1}{D} \ln \left[ \frac{\left( Q_1 - \frac{g \cdot \Delta t \cdot n \cdot (1 + b_1 + b_2)}{0,8 \cdot \frac{b}{39} + 1,397} \right) \cdot 720 \cdot y}{\left( Q_1 - \frac{g \cdot \Delta t \cdot n \cdot (1 + b_1 + b_2)}{0,8 \cdot \frac{b}{39} + 1,397} \right) \cdot 720 \cdot y - D \cdot \left( \frac{b \cdot S \cdot p}{1000} - P_1 \right)} \right], \quad (1)$$

где  $Q_1$  – мощность теплового потока, передаваемого через ограждающую конструкцию здания в установившемся режиме, обусловленная разностью температур внутренней и наружной среды, Вт;

$\Delta t$  – разница температур между средней температурой отопительного периода и температурой внутри помещения, °С;

$b$  – оптимальная толщина теплоизоляционного слоя, обеспечивающая заданный срок окупаемости капитальных затрат, мм;

$D$  – норматив приведения разновременных затрат и результатов к единому моменту времени, отражающий альтернативную стоимость инвестиционного капитала, дол. ед./год;

$y$  – тариф на тепловую энергию в рассматриваемом регионе строительства, руб/кВт·ч;

$S$  – геометрическая площадь ограждающей конструкции, через которую происходит передача тепла, м<sup>2</sup>;

$g$  – за который дисконтированная экономия на оплате тепла компенсирует затраты на утепление, мес.

По результатам проведенных исследований авторы приводят следующие промежуточные результаты.

1. Создан наглядный математический инструмент (программа для ЭВМ), строящий графики зависимости сроков окупаемости от толщины утеплителя (параболические кривые с точкой максимума).

2. Проведен сравнительный анализ для трех городов с различными климатическими особенностями. Доказано, что в регионах с высокой стоимостью тепловой энергии оптимальная толщина утеплителя больше, а окупаемость наступает быстрее.

3. Показано, что нормативные требования [1] часто приводят к избыточному утеплению с экономической точки зрения.

Дальнейшие исследования авторов будут посвящены разработке рекомендаций по возможному внесению изменений в действующую на территории нашей страны нормативную документацию.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. СП 50.13330.2012. Тепловая защита зданий : свод правил : утвержден приказом Министерства регионального развития Российской Федерации (Минрегион России) от 30 июня 2012 г. № 265 : актуализированная редакция СНиП 23-02-2003 : введен в действие с 1 июля 2013 г. – Москва, 2012. – 120 с.

2. СП 131.13330.2020. Строительная климатология : свод правил : утвержден приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 8 августа 2025 г. № 470/пр : актуализированная редакция СНиП 23-01-99\* : введен в действие с 9 сентября 2025 г. – Москва, 2012. – 243 с.

3. Пилипенко Н.В. Тепловые потери и энергетическая эффективность зданий и сооружений. Учебное пособие / Н.В. Пилипенко – СПб: Университет ИТМО, 2016. – 54 с. – Текст : непосредственный

ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет», г. Нижний Новгород, Россия

## РАЗНОВИДНОСТИ СИСТЕМ ОТОПЛЕНИЯ НА СТАНЦИЯХ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ АВТОМОБИЛЕЙ

Исследования авторов посвящены методам создания энергоэффективных и эксплуатационно надежных систем обеспечения параметров микроклимата станций технического обслуживания автомобилей (СТО).

СТО, как правило, имеют следующие технологические зоны эксплуатации: АБК, складирования, ремонтные, технические и зоны эксплуатации [1, 2].

В помещениях *административного назначения (АБК)* с постоянным пребыванием людей, как правило, используется радиаторное отопление для поддержания расчетной температуры внутреннего воздуха  $t_v$  от +16 до +20 °С.

Размещать радиаторы (секционного или панельного типа) рекомендуется под окнами и/или витражами, чтобы повысить эффективность компенсации трансмиссионных потерь. При проведении строительно-монтажных работ необходимо соблюдать расстояния: от пола 60-100 мм, от подоконника 50...100 мм, от стены 30...50 мм. Система радиаторного отопления должна быть оснащена запорной и регулирующей арматурой.

В *ремонтной зоне* рекомендуется применять системы напольного отопления типа «теплый пол». Аналогично расчету теплотерь радиаторного отопления производится расчет удельного теплового потока «теплого пола», который зависит от разницы между температурой поверхности пола и температурой воздуха в помещении, а также от шага и диаметра труб, толщины стяжки и покрытия пола. Для «холодных» перекрытий нужно увеличивать плотность теплового потока на 30-40 Вт/м<sup>2</sup> по сравнению с расчетной величиной; трубы «теплого пола» используются из сшитого полиэтилена или металлопластика. Рекомендуется использовать в качестве чистового покрытия керамогранит, камень и керамическую плитку, так как у данных материалов высокий коэффициент теплопроводности [3].

В связи с большим объемом помещения *ремонтной зоны* «теплый пол» не может полностью отопить помещение, поэтому в ремонтной зоне (показано на рисунке) предусматривается дополнительная система воздушного отопления (при условии, что технология ремонтной зоны функционирует без выделения вредностей). Для помещений высотой более 4 метров следует учитывать увеличение теплотерь в верхней зоне за счет градиента температуры.

Для недопущения образования «тепловой подушки» в верхней зоне помещения ремонтной зоны рекомендуется организовывать дестратификацию воздуха (выравнивание температуры воздуха в помещении, который осуществляется с помощью устройств, создающих концентрированный низкоскоростной нетурбулентный поток воздуха).

Также воздушное отопление может использоваться в складах, где радиаторное отопление не может применяться, так как мешает конструкции расположения стеллажей.

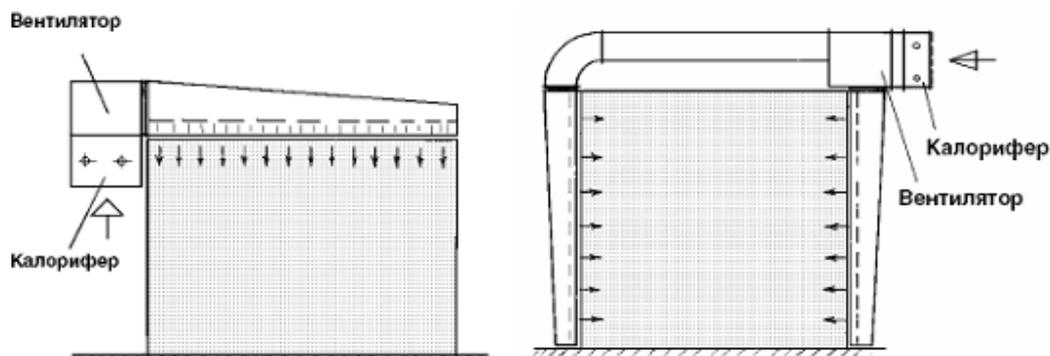


Рисунок – Примеры установки системы воздушного отопления

В помещениях, где нельзя использовать водяное отопление, а воздушное будет иметь большой запас по теплоступлениям, возможно устанавливать электронагреватели (например, электрощитовая). В данных помещениях используем такой вид отопления в связи с защитой электрооборудования от влаги и конденсата на токоведущих частях. Рекомендуются к установке электрические конвекторы с естественной конвекцией с расстоянием от электрооборудования не менее 0,5 метров.

Авторами были рассмотрены разные типы функциональных зон и помещений, которые требуют индивидуального подхода по организации отопительно-вентиляционных систем. Отметим, что даже сравнительно небольшой автосервис с минимальным количеством рабочих мест необходимо обеспечивать требуемыми параметрами микроклимата для комфортной работы персонала и технологического оборудования.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. СП 364.1311500.2018. Здания и сооружения для обслуживания автомобилей. Требования пожарной безопасности : свод правил : утвержден приказом Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий (МЧС России) от 10 апреля 2018 г. № 154 и введен в действие с 1 мая 2018 г. – Москва, 2018. – 10 с.

2. СП 7.13130.2013. Отопление, вентиляция и кондиционирование. Требования пожарной безопасности : свод правил : утвержден приказом Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий (МЧС России) от 21 февраля 2013 года №116. – Москва, 2020. – 47 с.

3. СНиП 11-93-74. Предприятия по обслуживанию автомобилей. Общие требования. – М.: Госстрой СССР №-АЧ-570-7 от 14.03.90, 1975. – 30 с.

ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет», г. Нижний Новгород, Россия

## ОСОБЕННОСТИ ВЫБОРА КОНСТРУКЦИИ СИСТЕМ ОТОПЛЕНИЯ В ЖИЛЫХ ДОМАХ И ОБЩЕСТВЕННЫХ ЗДАНИЯХ

Системы отопления являются критически важным компонентом инженерной инфраструктуры современных зданий и сооружений [1]. К современным системам отопления предъявляется комплекс требований, которые можно сгруппировать по следующим основным категориям [2, 3]:

- *санитарно-гигиенические требования*, направленные на обеспечение оптимальных параметров внутренней среды;
- *экономические требования* (предполагают минимизацию капитальных затрат на создание системы);
- *архитектурно-строительные требования* (гармоничная интеграция отопительной системы со строительными конструкциями здания без нарушения эстетики и функциональности архитектурных решений);
- *монтажные требования* (возможность максимально широкого использования унифицированных узлов и элементов заводского изготовления).

Одним из наиболее значимых параметров в классификации систем отопления является вид используемого теплоносителя. В соответствии с этим критерием выделяют следующие основные типы систем:

- *водяные* системы отопления, использующие воду в качестве теплоносителя (диапазон температур теплоносителя составляет от 70 до 95°C);
- *паровые* системы отопления, функционирующие на основе водяного пара при температурах от 100 до 130°C;
- *воздушные* системы отопления, применяющие в виде теплоносителя нагретый воздух в пределах 40...60°C.

По способу перемещения теплоносителя в трубопроводах водяные системы отопления подразделяются на две основные категории: системы с *естественной циркуляцией* (гравитационные), работающие за счет разницы плотностей горячей и холодной воды, и системы с *искусственной циркуляцией*, где перемещение теплоносителя осуществляют насосы.

Схема подключения отопительных приборов к трубопроводам существенно влияет на гидравлическую устойчивость и регулируемость системы: в *двухтрубных системах* подключают каждый отопительный прибор параллельно к подающему и обратному трубопроводам, а в *однотрубных системах* горячая и охлажденная вода циркулирует по одному трубопроводу, и приборы включены последовательно.

Конструктивно по ориентации основных распределительных трубопроводов относительно конструкции здания системы отопления подразделяются на: *вертикальные* системы (стояки проложены вертикально вверх), и горизонталь-

ные системы (трубопроводы, к которым присоединены отопительные приборы, например, поквартирные разводки, расположены горизонтально в конструкции пола и вдоль наружных и внутренних стен).

Размещение основного подающего распределительного трубопровода магистрали в здании является важным конструктивным решением:

- системы с *верхней разводкой* подающей магистрали (например, на чердаке, техническом этаже или под потолком верхнего этажа);
- системы с *нижней разводкой* подающей магистрали (например, в подвале, над полом первого этажа или в подпольных каналах).

Системы отопления делятся на *тупиковые* и *попутные* в зависимости от движения теплоносителя в магистральных трубопроводах. В тупиковых системах вода в подающей и обратной магистралях движется навстречу, что приводит к разной длине циркуляционных колец и требует сложной гидравлической увязки. Попутные системы характеризуются движением воды в одном направлении, обеспечивая примерно одинаковую длину циркуляционных колец, что упрощает гидравлическую балансировку и распределение теплоносителя.

Современные жилые и общественные здания (17...25 этажей и выше) и санитарно-технические устройства в них зонированы по высоте, т.е. делятся на части (зоны) определенной высоты, разделенные техническими этажами. В системах отопления допустимая высота зоны определяется значением гидростатического давления воды в нижних отопительных приборах или других элементах и возможностью размещения трубопроводов на технических этажах.

Число зон по высоте здания определяется, как и высота отдельной зоны, допустимым гидростатическим давлением, но не для отопительных приборов, а для оборудования в тепловых пунктах, расположенных при водяном теплоснабжении обычно в подвальном этаже. Основное оборудование этих тепловых пунктов, а именно обычного вида водо-водяные теплообменники и насосы, даже изготовленные по специальному заказу, могут выдерживать рабочее давление не более 1,6 МПа.

В заключение авторы отмечают, что в высотных зданиях 160...250 м может применяться водо-водяное отопление с использованием специального теплообменного оборудования, рассчитанного на рабочее давление 2,5 МПа.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. СП 60.13330.2020. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха : свод правил : утвержден приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 30 декабря 2020 г. № 921/пр : актуализированная редакция СНиП 41-01-2003 : введен в действие с 01 июля 2021 г. – Москва, 2020. – 150 с.
2. Сканави, А.Н. Отопление / А.Н. Сканави, Л.М. Махов. – М. : Издательство АСВ, 2002. – 576 с. – ISBN 978-5-93093-161-5. – Текст : непосредственный.
3. Богословский, В.Н. / Отопление : Учебник для вузов / В.Н. Богословский, А.Н. Сканави. – М. : Стройиздат, 1991. – 735 с. – ISBN 5-274-01527-1. – Текст : непосредственный.

## **ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ПАНЕЛЬНОГО ОТОПЛЕНИЯ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ**

Панельно-лучистое отопление, при котором теплота от нагретых поверхностей наружных внутренних ограждающих конструкций (стен, полов, перегородок, потолков) передается излучением, является современным, инновационным и энергоэффективным решением. Его актуальность обусловлена высокими санитарно-гигиеническими требованиями к объектам социальной инфраструктуры (больницам, детским садам, бассейнам), а также общей тенденцией к энергосбережению в строительстве [1].

Целью данного исследования авторов является систематизация информации о системах панельного отопления, теплотехническая оценка их основных технико-эксплуатационных характеристик и обоснование их экономической эффективности.

Проанализированы принципы работы, конструктивные особенности и нормативная база, регулирующая применение панельно-лучистого отопления. Особое внимание уделено сравнению с традиционными конвективными (радиаторными) системами по таким критериям, как энергоэффективность, комфортность обстановки, капитальные и эксплуатационные затраты [2].

Отопительные панели выполняют из бетона или натурального камня с заделкой в него нагревательных элементов в виде стальных труб, по которым циркулирует теплоноситель. На рисунке представлена принципиальная схема устройства панельного отопления в конструкции стены.

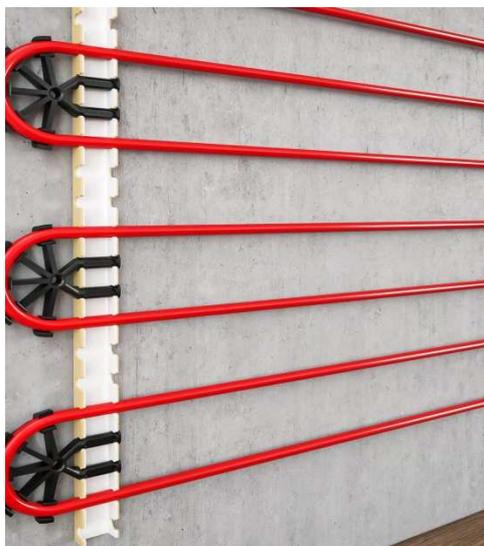


Рисунок – Принципиальная схема устройства панельного отопления

Системы панельно-лучистого отопления, по сравнению с конвективными системами, обеспечивают принципиально иное, более равномерное распределение температуры по всему помещению, исключая локальные перегревы вблизи отопительных приборов и холодные точки у наружных ограждений. Преобладающий лучистый теплообмен исключает интенсивные конвекционные потоки, минимизируя циркуляцию пыли и снижая риск возникновения сквозняков, что критически важно для медицинских и детских учреждений. Низкая температура теплоносителя (до 60 °С) не только повышает безопасность, но и открывает возможность интеграции с высокоэффективными возобновляемыми источниками энергии [3].

Современные электрические панели на основе аморфного металла демонстрируют быстрое время разогрева, высокую эффективность и защиту. Снижение средней температуры в помещении без ущерба для теплового комфорта и минимизация ненужных тепловых потерь позволяет добиться экономии энергии (до 50 % в помещениях с высокими потолками).

К недостаткам относятся высокая теплоемкость и время реагирования (сложность оперативного управления), повышенные капитальные затраты на монтаж и трудоемкость ремонта скрытых нагревательных элементов.

*Выводы по проведенным исследованиям.* Панельно-лучистое отопление представляет собой технологически зрелую и экономически выгодную альтернативу традиционным системам, особенно при новом строительстве и реконструкции социальных и коммерческих зданий с высокими требованиями к качеству внутренней среды. Его внедрение является стратегическим шагом в реализации программ энергосбережения и повышения энергетической эффективности, а также декарбонизации в строительной отрасли.

Дальнейшее развитие направлено на совершенствование материалов (легкие панели с пониженной инерцией), автоматизированные системы управления и интеграцию в концепции умного дома, что позволит нивелировать существующие недостатки и расширить эффективное и широкое применение панельно-лучистого отопления.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Ищенко, В.А. Анализ энергосбережения при применении системы панельно-лучистого отопления в составе автономного теплоснабжения жилых и общественных зданий в России / В.А. Ищенко, Р.С. Закируллин. – Текст: непосредственный // Шаг в науку, 2022, № 1. – С. 27–30.
2. Скопин, К. М. Система панельно-лучистого отопления (охлаждения) / К. М. Скопин. – Текст : непосредственный // Молодой ученый, 2024, № 36 (535). – С. 31–36.
3. Миссенар, А. Лучистое отопление и охлаждение / А. Миссенар – М.: Стройиздат, 1961. – 229 с. – Текст : непосредственный.

ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет», г. Нижний Новгород, Россия

## **СОЗДАНИЕ, ПОДДЕРЖАНИЕ МИКРОКЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ И ХРАНЕНИИ ВИН**

Виноделие является динамично развивающейся отраслью сельского хозяйства Российской Федерации, особенно в Республике Крым, Краснодарском крае и других южных областях. На качество винного материала (аромат, вкус и структура вина), кроме исходного сырьевого винограда, в первую очередь оказывает влияние микроклимат в помещении хранения [1].

Ключевыми факторами при производстве и хранении вина являются: освещенность, температура внутреннего воздуха  $t_{в}$ , °С, относительная влажность  $\phi_{в}$ , %, кратность воздухообмена  $n$ , ч<sup>-1</sup> [2, 3].

Избыточная освещенность является основной причиной скорого старения хранящегося вина, затемненное помещение не допускает окисления танинов, что, безусловно, влияет на качество продукта.

Тепловой режим хранения заключается в поддержании оптимальных значений температуры внутреннего воздуха: температура ферментации у красных вин лежит в диапазоне +20...+32 °С, у белых и десертных вин диапазон составляет +12...+20 °С. Отметим, что температура хранения красного вина должна находиться в пределах +12...16 °С, а белого – в пределах +6...+12 °С.

При локальном повышении температуры хранения даже на небольшой срок хранящееся вино может забродить, а при понижении – потерять вкус, что в любом случае приводит к нарушению технологии и порче продукции.

Грамотно функционирующие и эксплуатируемые сети приточной и вытяжной вентиляции позволяют поддерживать нормативные значения относительной влажности и избегать в помещении хранения винного материала конденсата на внутренних ограждающих конструкциях, плесени и грибка.

Помещения хранения вина оборудуют следующими инженерными коммуникациями и системами.

1. Устройства систем нагрева / охлаждения внутреннего воздуха для поддержания оптимальных значений температурного режима в хранилище. Как правило, в подземных и заглубленных хранилищах устраивают традиционные системы приточно-вытяжной вентиляции с дополнительным устройством прецизионных кондиционеров для исключения скачкообразного повышения / понижения внутренней температуры воздуха.

Для нагрева помещения хранения вина традиционно используют водяные конвекционные системы отопления с возможностью проведения дестратификации (перемешивания объема воздуха) для недопущения образования «тепловой подушки» в верхней зоне.

2. Увлажнители / осушители воздуха для поддержания требуемых оптимальных значений относительной влажности внутреннего воздуха. По мнению отечественных виноделов, хранение бутилированного вина необходимо проводить при относительной влажности воздуха 62...85 % (оптимальным параметром считается значение 70 %). При повышении влажности воздуха ниже 55 % начнется порча и усыхание винных пробок, испарение спирта из объема винного материала. При повышении относительной влажности выше указанных значений начинается намокание и порча этикеток, в т.ч. раритетных, влияющих на конечную стоимость продукции.

3. Системы автоматизированного климат-контроля, состоящие из высокоточных датчиков температуры и относительной влажности, а также контроллера управления микроклиматическими параметрами.

Авторы отмечают, что по результатам наблюдений за микроклиматом винных погребов в нашей стране и за рубежом установлено, что для обеспечения необходимой циркуляции и подвижности воздуха достаточно однократного воздухообмена, при котором отсутствует выпадение капельной влаги на хранящихся деревянных емкостях и стеклянных бутылках.

Регулирование относительной влажности воздуха осуществляется снижением / увеличением величины кратности воздухообмена при помощи устройств частотного регулирования скорости оборотов двигателя вентиляционного оборудования систем приточно-вытяжной вентиляции.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. ГОСТ 32030-2013. Вина столовые и виноматериалы столовые. Общие технические условия : национальный стандарт : утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 27 июня 2013 г. № 253-ст: дата введения 01 июля 2014 г.– Москва : Российский институт стандартизации, 2014. – 8 с.

2. Михайлова, Л.М. Настольная книга домашнего винодела / Л.М. Михайлова. – М.: Центрполиграф, 2025. – 118 с. – ISBN 978-5-227-11172-2. – Текст : непосредственный.

3. СП 60.13330.2020. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха : свод правил : утвержден приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 30 декабря 2020 г. № 921/пр : актуализированная редакция СНиП 41-01-2003 : введен в действие с 01 июля 2021 г. – Москва, 2020. – 150 с.

ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет», г. Нижний Новгород, Россия

## ФАЗОПЕРЕХОДНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ТЕПЛОВОЙ АККУМУЛЯЦИИ

В настоящее время в строительной отрасли нашей страны фазопереходные материалы (ФПМ) активно применяются для аккумуляции как теплоты, так и холода, что позволяет существенно снизить энергопотребление в зданиях.

Когда днем температура наружного воздуха повышается, ФПМ накапливают избыточное тепло, а ночью, когда температура снижается, они отдают его, тем самым сглаживая температурные колебания и обеспечивая комфортные параметры микроклимата [1].

Данное физическое явление становится особенно актуальным в условиях глобального изменения климата, где колебания температуры могут быть более резкими, скачкообразными и неожиданными.

Разнообразие фазопереходных материалов позволяет использовать их в самых различных сферах: их можно классифицировать на органические, неорганические и эвтектические.

Важным критерием выбора является их скрытая теплота, которая должна быть достаточно высокой для эффективного хранения энергии (см. рисунок). Кроме того, важно, чтобы диапазон температур плавления и отвердевания материала соответствовал климатическим условиям региона строительства, в котором он будут использоваться. Это обеспечивает максимальную эффективность и минимальные потери энергии.

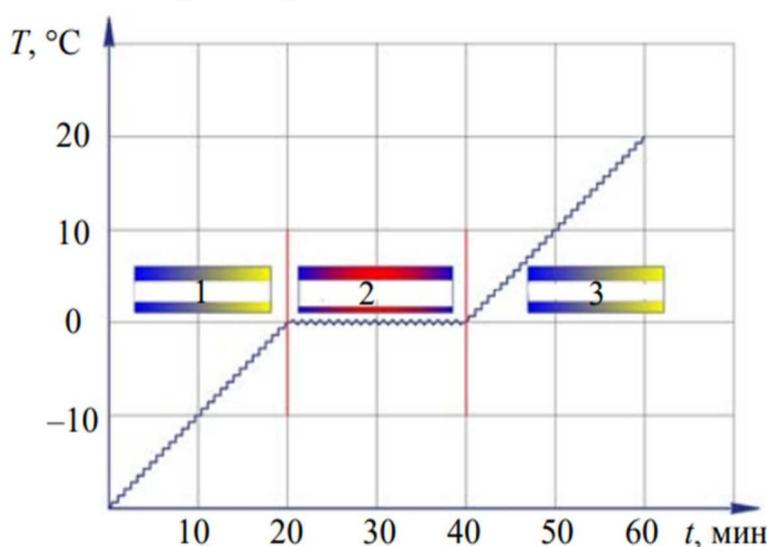


Рисунок – Изменение температуры вещества с фазовым переходом:  
1 – явная теплота, 2 – скрытая теплота, 3 – явная теплота

Тем не менее рассматривается разработка состава ФПМ для использования при низких температурах, особенно в условиях, когда температура может опускаться до  $-65$  °С. На данный момент существующие аналоги и прототипы обладают слишком высокой температурой плавления для применения в низкотемпературных устройствах, что ограничивает их эффективность и применение в критически холодных условиях [2].

Предлагаемое авторами решение включает в себя новый состав ФПМ, состоящий из октана, нонана и тетрадекана.

В этом сочетании октан составляет 53 %, нонан – около 44 %, а оставшаяся часть – тетрадекан. Такой состав позволяет значительно понизить температуру работы ФПМ, повышая его эффективность и функциональность в условиях низких температур. Приготовление такого фазопереходного материала осуществляется путем смешивания компонентов в лабораторной посуде. Это позволяет обеспечить точное соответствие заданным пропорциям, что критически важно для достижения требуемых характеристик ФПМ.

В современном контексте эффективность и экологическая чистота способов хранения энергии становятся приоритетными задачами, особенно в связи с проблемами изменения климата и истощением ископаемого топлива. Фазопереходные материалы представляют собой один из наиболее перспективных направлений разработки новых технологий для эффективного аккумулирования тепловой энергии. Их использование могло бы существенно сократить зависимость от ископаемых источников энергии и способствовать переходу к более устойчивым и возобновляемым энергетическим системам [3].

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Щебетовская, Н. В. Теплофизические особенности плавления и кристаллизации органических теплоаккумулирующих материалов / Н. В. Щебетовская, Е. А. Покинтелица, О. В. Александрова. – Текст: непосредственный // Вестник Донбасской национальной академии строительства и архитектуры, 2021, № 1 (147). – С. 114-119.
2. Бараненко, А.В. Применение веществ с фазовыми переходами для аккумулирования тепловой энергии / А. В. Бараненко, П. А. Кузнецов, В. Ю. Захарова, А. П. Цой. – Текст: непосредственный // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики, 2018, Т. 18, № 6. – С. 990-1000. – DOI 10.17586/2226-1494-2018-18-6-990-1000.
3. Горобец, В. Г. Эксергетический анализ аккумулятора теплоты фазового перехода усовершенствованной конструкции с учетом данных экспериментальных исследований / В. Г. Горобец, Е. А. Антипов. – Текст: непосредственный // Вестник ВИЭСХ, 2017, № 3(28). – С. 65-68.

ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет», г. Нижний Новгород, Россия

## ПРИМЕНЕНИЕ СИСТЕМ ТЕПЛОАККОМУЛЯЦИИ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

В настоящее время в индивидуальной застройке повышаются требования к энергоэффективности и эксплуатационной надежности систем обеспечения параметров микроклимата (систем жизнеобеспечения жилища). Применение технологий теплоаккумулирования позволяют обеспечить бесперебойное энергоснабжение объекта использованием нестабильных или периодических источников тепла [1].

Основным технологическим назначением системы теплоаккумулирования (ТАС) является временное хранение (без потери качества) тепловой энергии, полученной в период пониженного спроса или тарифа, с последующей отдачей тепла в периоды пиковых нагрузок. Как правило, ТАС состоит из теплоаккумулятора (резервуара с теплоносителем: воды, парафина, солей-гидратов и др.), через который проходит теплообменный аппарат, подключенный к основному источнику теплоты [2].

Следует отметить цикличность функционирования ТАС:

- зарядка системы (аккумулирование теплоты, поступающей от основного источника энергии);
- разрядка системы (передача накопленной теплоты в систему внутреннего теплоснабжения или горячего водоснабжения).

Главным термодинамическим принципом работы системы является фазовый переход «твердое» – «жидкое» материалов с относительно высокой скрытой теплотой плавления. Как правило для этого используют различные парафины с температурой плавления около  $+50\text{ }^{\circ}\text{C}$ , т.к. данные системы обеспечивают стабильную температуру в процессе фазового перехода.

Авторами в качестве примера была рассмотрена конструкция резервуара с парафином и бифилярным змеевиком-теплообменником, обеспечивающим эффективный теплосъем. Зарядка ТАС осуществляется горячей водой от электрического котла в вечернее и ночное время, когда применяется «ночной» тариф оплаты электричества. В утренние часы и дневное время теплота передается в систему отопления и горячего водоснабжения.

Система внутреннего теплоснабжения с ТАС, использующей материал с фазовым переходом (*PCM – Phase Change Material*), работает по принципу аккумулялирования и постепенной отдачи тепловой энергии за счёт физического явления фазового перехода вещества: плавления и кристаллизации. В такой системе основным источником тепловой энергии может выступать твердотопливный, газовый или электрический теплогенератор (котел), а также тепловой насос или солнечные коллекторы. Этот источник нагревает теплоноситель (во-

ду или антифриз), который далее подается в ТАС, где размещен РСМ-материал. При достижении определённой температуры (характерной для фазового перехода конкретного материала) вещество внутри ТАС начинает интенсивно плавиться, при этом поглощая значительное количество тепловой энергии без увеличения температуры – это и есть латентное тепло плавления. Таким образом, происходит накопление энергии в процессе нагрева [3].

Когда источник теплоты отключается или снижается его расчетная мощность, температура теплоносителя в системе значительно падает, и материал в ТАС начинает кристаллизоваться, то есть переходить обратно в твердое агрегатное состояние. Отметим, что при этом он выделяет ранее накопленное латентное тепло, которое снова передаётся теплоносителю. Далее нагретый теплоноситель подается в систему внутреннего теплоснабжения жилого дома (в радиаторы, тёплые полы или конвекторы и др.), обеспечивая обогрев помещений. Благодаря тому, что ТАС с РСМ способен аккумулировать и отдавать значительное количество энергии при практически постоянной температуре, такая система обеспечивает стабильный и продолжительный процесс отдачи теплоты даже при нестабильной работе источника тепла или при ночных отключениях.

Преимущества данных систем: довольно высокая плотность хранения энергии; поддержание стабильной температуры во время фазового перехода; компактность и многократное использование без существенного ухудшения характеристик; снижение затрат за счёт эффективной терморегуляции.

К недостаткам можно отнести высокую стоимость фазопереходных материалов; ограниченный температурный диапазон эффективности; низкую теплопроводность, требующую конструктивных решений; риск утечек и возможную деградацию материалов со временем.

В качестве выводов по проведенным исследованиям авторы отмечают, что ТАС играют существенную роль в формировании энергоэффективного и автономного теплоснабжения индивидуальных многоквартирных домов и позволяют гибко управлять энергетическими потоками, минимизируя затраты.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Петров, И. Г. Агрегативная модель исследования процесса взаимодействия направленных потоков энергии высокой плотности с теплоаккумулирующими материалами / И. Г. Петров. – Текст : электронный // Научные труды КубГТУ, 2023, № 2. – С. 3–10.
2. ГОСТ Р 71466-2024. Экологические требования к объектам недвижимости. Энергосбережение и энергетическая эффективность зданий жилых и общественных. Методы оценки показателей углеродного следа : утвержден и введен в действие Приказом Росстандарта от 22.07.2024 № 950-ст. – Москва, 2024. – 30 с.
3. Серов, С. Ф. Теплоаккумулирующие системы в теплоснабжении индивидуальных домов / С. Ф. Серов, Н. С. Дегтярев. – Текст: непосредственный // Журнал ВСТ, 2010, № 10/2. – С. 40–45.

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет», г. Нижний Новгород, Россия

<sup>2</sup>АО «Корпорация развития Нижегородской области»

## ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ VAV-СИСТЕМ ВЕНТИЛЯЦИИ В ЖИЛИЩНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ

В настоящее время особенно остро в жилищном строительстве стоит вопрос о конструктивном исполнении сетей общеобменной приточно-вытяжной вентиляции, которые традиционно проектируются с гравитационным побуждением движения воздуха (естественные системы). Это приводит к ряду негативных факторов: отсутствию какого-либо воздухообмена с закрытыми окнами, «опрокидыванию» систем вентиляции и др. Обеспечение эксплуатационной надежности систем вентиляции возможно только применением механических систем, в т.ч. технологий VAV-систем [1].

VAV-система (*Variable Air Volume*) – это система вентиляции и кондиционирования воздуха с переменным расходом воздуха. Она применяется для поддержания заданных параметров микроклимата внутри помещений путем изменения объема подаваемого свежего воздуха.

Система VAV регулирует количество приточного воздуха, поступающего в каждое жилое и нежилое помещение, в зависимости от потребностей в охлаждении или обогреве конкретного помещения. Это позволяет оптимизировать энергопотребление и поддерживать комфортный климат одновременно в разных зонах здания.

VAV-система имеет следующие неоспоримые преимущества: экономия энергии благодаря регулировке количества подаваемого воздуха; индивидуальное регулирование климата в каждой зоне здания; возможность точного контроля температурных условий.

В качестве объекта исследования авторами был принят многоквартирный двухэтажный дом с техническим подвальных этажом. Для определения эффективности внедрения VAV-системы в малоэтажном строительстве был выполнен сравнительный анализ применения следующих систем вентиляции:

- система приточно-вытяжной вентиляции с роторным рекуператором;
- система приточно-вытяжной вентиляции с VAV-системой;
- система приточно-вытяжной вентиляции с VAV-системой и роторным рекуператором.

Для проведения технико-экономической оценки в качестве воздухонагревателя принят электрический калорифер. Характеристика оборудования приточной системы вентиляции здания: расход воздуха 1340 м<sup>3</sup>/ч, потери давления в сети вентиляции 95 Па, расчетная температура наиболее холодной пятидневки  $t_n = -27$  °С, внутренняя температура воздуха  $t_v = + 27$  °С

Расчет экономической эффективности системы приточно-вытяжной вентиляции с рекуперацией проводился по следующей методике. Экономия энергии за отопительный период при использовании роторного теплообменника  $E_{p.t.}$ , кВт·ч/год, составляет (1):

$$E_{p.t.} = \frac{L_{п} \cdot c_p \cdot \rho_B \cdot (t_B - t_H) \cdot n \cdot D \cdot \tau_B}{1000}, \quad (1)$$

где  $L_{п}$  – объем приточного воздуха, м<sup>3</sup>/ч ( $L_{п} = 1340$  м<sup>3</sup>/ч);

$c_p$  – теплоемкость воздуха, Вт/кг·°С ( $c_p = 0,28$  Вт/кг·°С);

$\rho_B$  – плотность воздуха, кг/м<sup>3</sup> ( $\rho_B = \frac{353}{273 + t}$ );

$n$  – теплотехническая эффективность рекуператора,  $n = 0,8$ ;

$D$  – длина отопительного периода, сут ( $D = 209$  сут.);

$\tau_B$  – время работы вентиляции в смену, ( $\tau_B = 12$  час).

Экономия энергии за отопительный период при использовании VAV-системы  $E_{VAV}$ , кВт·ч/год, рассчитывают по формуле (2):

$$E_{VAV} = (q_1 - q_2) \cdot D \cdot \tau_d, \quad (2)$$

где  $q_1$  – количество потребляемой электроэнергии калорифером до внедрения VAV-системы, кВт/час,  $q_1 = 21,4$  кВт/ч;

$q_2$  – количество потребляемой электроэнергии калорифером после внедрения VAV-системы, кВт/час,  $q_2 = 17,6$  кВт/ч;

Результаты расчетов экономии тепловой энергии при внедрении систем рекуперации и VAV-системы представлена авторами на рисунке.

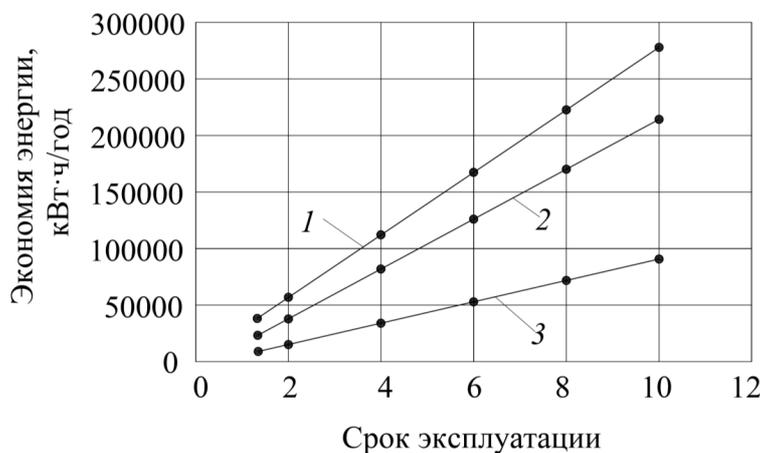


Рисунок – Результаты расчетов экономии тепловой энергии при внедрении:  
 1 – совместно систем рекуперации и VAV-системы; 2 – систем рекуперации;  
 3 – VAV-системы

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Краснов, Ю.С. Системы вентиляции и кондиционирования. Рекомендации по проектированию, испытаниям и наладке / Ю.С. Краснов, А.П. Борисоглебская, А.В. Антипов. – М.: Термокул, 2024. – 373 с. – Текст : непосредственный.

ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет», г. Нижний Новгород, Россия

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГИИ С ПОМОЩЬЮ СОЛНЕЧНЫХ КОЛЛЕКТОРОВ

В настоящий период времени одной из стратегических целей Российской Федерации является максимально эффективное использование природных энергетических ресурсов и использование потенциала энергетического сектора для устойчивого роста экономики, а также повышения качества жизни населения страны. В связи с этим становится все более необходимым использование нетрадиционных энергоресурсов, таких как солнечная энергия.

Солнечная энергия может быть преобразована в тепловую с помощью следующих типов коллекторов солнечной энергии (КСЭ): плоского типа (рисунок *а*), вакуумного (рисунок *б*) и фокусирующего типа (рисунок *в*).



Рисунок – Виды КСЭ: *а* – плоский, *б* – вакуумный, *в* – фокусирующий

Такие коллекторы возможно использовать для нагрева воды. Принцип работы заключается в преобразовании солнечной энергии в тепло и передаче его жидкому теплоносителю.

Преимуществами использования *плоских коллекторов* являются: способность к самоочищению в случае выпадения осадков в виде снега или инея; сравнительно высокие показатели в соотношении «цена/качество», что характерно для южных регионов с теплым климатом; довольно высокий КПД при эксплуатации в летний сезон, а также невысокая стоимость в отличие от других гелиоконструкций.

К недостаткам можно отнести: высокие тепловые потери, обусловленные конструктивными признаками установок; малый КПД при функционировании осенью и зимой; максимальные затраты в случае выполнения регламентных и ремонтных работ; повышенная парусность гелиоустановки.

При рассмотрении *вакуумных КСЭ* следует отметить следующее положительные аспекты эксплуатации: низкие тепловые потери установки; эксплуата-

ционная надежность в холодное время года; способность генерировать высокие температуры; относительно низкая парусность; удобство монтажа.

Недостатками применения вакуумных КСЭ являются: неспособность самоочистки от снеговой нагрузки; высокая капитальная стоимость оборудования; оптимальный (рабочий) уровень наклона не менее 20°.

Преимущества *фокусирующих КСЭ* заключаются в следующем: высокая степень эффективности преобразования солнечной энергии; возможность хранения энергии; существенное снижение выбросов парниковых газов.

Недостатки: требует прямых солнечных лучей; высокие первоначальные капитальные затраты; необходимость точной настройки; ограниченная географическая пригодность [1].

Показателем эффективности КСЭ является его коэффициент полезного действия  $\eta_k$ , %, равный отношению теплопроизводительности коллектора к количеству солнечной энергии, поступающему на коллектор (1).

$$\eta_k = \frac{Q_k}{E_k \cdot A}, \quad (1)$$

где  $Q_k$  – теплопроизводительность коллектора, Вт·ч;

$E_k$  – количество солнечной энергии, поступающей на 1 м<sup>2</sup> площади поверхности КСЭ, Вт·ч/м<sup>2</sup>;

$A$  – площадь поверхности абсорбера КСЭ, м<sup>2</sup>.

В заключение по проведенным исследованиям в таблице авторами приведена сравнительная техническая характеристика рассматриваемых типов солнечных коллекторов.

Таблица – Сравнительная характеристика солнечных коллекторов

Тип солнечного коллектора	Рабочая температура, °С	КПД коллектора, %	Относительная требуемая площадь, %	Слежение за солнцем
1	2	3	4	5
Плоский КСЭ	30...100	30...50	100	Не требуется
Центральный приемник с полем гелиостатов	до 1000	60...75	20-40	Вращение вокруг двух осей
Параболо-цилиндрический концентратор	до 500	50...70	30-50	Вращение вокруг одной оси
Вакуумированный стеклянный трубчатый коллектор	90...300	40-60	50-75	Не требуется

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии: учебное пособие / Р.В. Городов, В.Е. Губин, А.С. Матвеев. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2009. – 294 с. – ISBN 5-98298-429-9. – Текст : непосредственный.

