



**ИИЭСМ**

Институт инженерно-  
экологического  
строительства  
и механизации

## СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ И РЕШЕНИЯ В СИСТЕМАХ ОТОПЛЕНИЯ, ВЕНТИЛЯЦИИ И ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ

Сборник материалов  
IX Всероссийской научно-практической конференции,  
посвящённой 130-летию со дня рождения профессора П.Н. Каменева

*(г. Москва, 17–18 ноября 2022г)*

© ФГБОУ ВО «НИУ МГСУ», 2022

ISBN 978-5-7264-3155-0

Москва  
Издательство МИСИ – МГСУ  
2022

УДК 697  
ББК 38.762  
С56

**С56**      **Современные проблемы и решения в системах отопления, вентиляции и теплоснабжения** [Электронный ресурс] : сборник материалов IX Всероссийской научно-практической конференции, посвящённой 130-летию со дня рождения профессора П.Н. Каменева (г. Москва, 17–18 ноября 2022 г.) / Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, институт инженерно-экологического строительства и механизации. — Электрон. дан. и прогр. (5,5 Мб). — Москва : Издательство МИСИ – МГСУ, 2022. — URL: <http://mgsu.ru/resources/izdatelskaya-deyatelnost/izdaniya/izdaniya-otkrdostupa/>. — Загл. с титул. экрана.  
ISBN 978-5-7264-3155-0

В сборник включены материалы с IX Всероссийской научно-практической конференции, посвящённой 130-летию со дня рождения профессора П.Н. Каменева «Современные проблемы и решения в системах отопления, вентиляции и теплоснабжения» 17–18 ноября 2022 г. в Национальном исследовательском Московском государственном строительном университете.

Для магистрантов, аспирантов, профессорско-преподавательского состава вузов, реализующих программы высшего профессионального образования в области строительства и экологии, а также для специалистов в области теплогазоснабжения и вентиляции, водоснабжения и водоотведения, автоматизации и электроснабжения.

*Научное электронное издание*

*Материалы публикуются в авторской редакции.  
Авторы опубликованных докладов несут ответственность  
за достоверность приведенных в них сведений*

© ФГБОУ ВО «НИУ МГСУ», 2022

Ответственная за выпуск *А.Н. Чебан*

Институт инженерно-экологического строительства и механизации  
(ИИЭСМ НИУ МГСУ).  
Тел.: +7 (495) 730-62-53  
e-mail: [iiesm@mgsu.ru](mailto:iiesm@mgsu.ru)"  
Сайт: [www.mgsu.ru](http://www.mgsu.ru)  
<http://mgsu.ru/universityabout/Struktura/Instituti/ИЕСМ/kontakty/>

Для создания электронного издания использовано:  
Microsoft Word 2013, ПО Adobe Acrobat

Верстка макета *А.Н. Чебан*

Подписано к использованию 28.11.2022. Объем данных 5,5 Мб

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
«Национальный исследовательский  
Московский государственный строительный университет».  
129337, Москва, Ярославское ш., 26.

Издательство МИСИ – МГСУ.  
Тел. (495) 287-49-14, вн. 14-23, (499) 183-91-90, (499) 183-97-95.  
E-mail: [ric@mgsu.ru](mailto:ric@mgsu.ru), [rio@mgsu.ru](mailto:rio@mgsu.ru)

## ОГЛАВЛЕНИЕ

<i>Айматов Р. Р. , Раджабов У.</i>	7
<b>ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ПРОЦЕССА ОБЖИГА В ПРОМЫШЛЕННЫХ ПЕЧАХ СТРОИТЕЛЬНОЙ ОТРАСЛИ</b>	
<i>Арсентьев А.Ю., Рымаров А.Г.</i>	18
<b>ПРИМЕНЕНИЕ ВАКУУМНЫХ СОЛНЕЧНЫХ КОЛЛЕКТОРОВ ДЛЯ ОТОПЛЕНИЯ</b>	
<i>Бодров М.В., Смыков А.А.</i>	25
<b>ИССЛЕДОВАНИЯ МОДЕЛИ ЛУЧИСТОЙ СИСТЕМЫ ОТОПЛЕНИЯ НА БАЗЕ ВОДЯНЫХ ИЗЛУЧАЮЩИХ ПРОФИЛЕЙ</b>	
<i>Гусарова А.А., Гордеев-Бургвиц М.А.</i>	32
<b>ИНФОРМАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРИ КОНЦЕПТУАЛЬНОМ ПРОЕКТИРОВАНИИ НА ПРИМЕРЕ РАЗДЕЛОВ СЛАБОТОЧНЫХ СИСТЕМ И ОТОПЛЕНИЕ, ВЕНТИЛЯЦИЯ И КОНДИЦИОНИРОВАНИЕ ВОЗДУХА</b>	
<i>Едуков Д.А., Едуков В.А.</i>	39
<b>ПРОБЛЕМЫ РАЗВИТИЯ СЕТЕЙ ГАЗОПОТРЕБЛЕНИЯ</b>	
<i>Иванова А.О., Абрамкина Д.В.</i>	47
<b>ШУМ ОТ ВЕНТИЛЯЦИОННОГО ОБОРУДОВАНИЯ В ЖИЛЫХ ЗДАНИЯХ</b>	
<i>Клочко А.К., Цап Н.Р.</i>	56
<b>ДИНАМИЧЕСКИЙ ШАГ ИТЕРАЦИИ ПРИ ВЫБОРЕ КОНФИГУРАЦИИ ГАЗОРАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЕЙ</b>	
<i>Коркина Е.В, Плющенко Н.Ю.</i>	62
<b>НАТУРНЫЙ ЭКСПЕРИМЕНТ ПО ИЗМЕРЕНИЮ ТЕМПЕРАТУРЫ НАГРЕВА ПОВЕРХНОСТИ ФАСАДА ОТ СОЛНЕЧНОЙ РАДИАЦИИ</b>	

<i>Коротынская В.С., Тарасова Е.В.</i>	66
<b>ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ХОЛОДОХРАНИЛИЩ С ОХЛАЖДЕНИЕМ ВОЗДУХА ДЛЯ ЦЕНТРАЛЬНЫХ ОДНОЗОНАЛЬНЫХ СИСТЕМ КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ВОЗДУХА</b>	
<i>Косогоруков Д.П., Аксенов А.К.</i>	74
<b>ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ АТМОСФЕРНЫХ ГАЗОВЫХ ТЕПЛОГЕНЕРАТОРОВ</b>	
<i>Ландырев С.С.</i>	80
<b>ФОРМИРОВАНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ ВЕРХНЕЙ ЗОНЫ ПОМЕЩЕНИЯ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ВЫСОТЫ ПОМЕЩЕНИЯ И РАЙОНА СТРОИТЕЛЬСТВА</b>	
<i>Лухменёв П.И. , Фролова А.А.</i>	86
<b>РАСЧЕТ УРОВНЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИ ЦЕЛЕСООБРАЗНОЙ ТЕПЛОЗАЩИТЫ</b>	
<i>Мелехин А.А.</i>	92
<b>РАЗРАБОТКА МОДЕЛЕЙ ИНЖЕНЕРНЫХ СИСТЕМ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ BIM-ТЕХНОЛОГИЙ</b>	
<i>Парамонов Н.И., Бусахин А.В.</i>	97
<b>СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ И ГАЗОВЫХ ТЕПЛОГЕНЕРАТОРОВ</b>	
<i>Романова Е.С.</i>	104
<b>ПРОЕКТИРОВАНИЕ СЕТЕЙ ГАЗОРАСПРЕДЕЛЕНИЯ И ГАЗОПОТРЕБЛЕНИЯ В РАМКАХ ПОСТАНОВЛЕНИЯ ПРАВИТЕЛЬСТВА РФ № 1547 ОТ 13.09.2021Г. ВЫЗОВЫ И ЗАДАЧИ, СТОЯЩИЕ ПЕРЕД ГАЗОРАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫМИ И ПОДРЯДНЫМИ ОРГАНИЗАЦИЯМИ</b>	

<i>Бусахин А.В., Савенко Г.А.</i>	115
<b>ОЦЕНКА ЗНАЧИМОСТИ НАГРЕВА ПРИТОЧНОГО ВОЗДУХА ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ СИСТЕМ ОТОПЛЕНИЯ</b>	
<i>Аббасипаям С. , Гордеев-Бургвиц М.А.</i>	121
<b>ПРИМЕНЕНИЕ НЕЧЕТКОЙ ЭКСПЕРТНОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ КОНФИГУРАЦИИ ЗДАНИЙ И СИСТЕМ ТЕПЛОГАЗОСНАБЖЕНИЯ И ВЕНТИЛЯЦИИ</b>	
<i>Титков Д. Г., Рымаров А. Г.</i>	129
<b>ОСОБЕННОСТИ КЛИМАТИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ В ТЕПЛЫЙ ПЕРИОД ГОДА</b>	
<i>Хлопицын Д.О. , Рымаров А.Г.</i>	134
<b>СПОСОБЫ ТЕПЛОПЕРЕДАЧИ В РЕКУПЕРАТОРНОЙ УСТАНОВКЕ МЕЖДУ ВОЗДУШНЫМИ ПОТОКАМИ В СИСТЕМЕ МЕХАНИЧЕСКОЙ ВЕНТИЛЯЦИИ</b>	

## ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ПРОЦЕССА ОБЖИГА В ПРОМЫШЛЕННЫХ ПЕЧАХ СТРОИТЕЛЬНОЙ ОТРАСЛИ.

Айматов Р. Р.<sup>1</sup>, Раджабов У.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Самаркандского государственного архитектурно-строительного университета. Самарканд, Узбекистан.

**Аннотация** в статье приводится вывод теоретических положений применительно к туннельной печи для обжига керамических изделий как объекту по разрежению продуктов горения. Составлена температурный график процесса производства керамического кирпича в туннельной печи. Рассмотрены способы и возможность расчёта горения газа в потоке.

**Ключевые слова** природный газ; продукты горения; туннельная печь; керамические изделия; разрежение; расход; структурная схема.

## THEORETICAL ANALYSIS OF THE PROCESS OF FIRING IN THE INDUSTRIAL FURNACES OF THE CONSTRUCTION INDUSTRY.

Aymatov R. R.<sup>1</sup>, Rajabov U.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Samarkand State Architectural and construction university. Samarkand, Uzbekistan.

**Annotation** the article provides a conclusion of theoretical provisions in relation to a tunnel kiln for firing ceramic products as an object for the rarefaction of combustion products. Compiled temperature graph of the process of production of ceramic bricks in a tunnel kiln. Methods and the possibility of calculating the combustion of gas in a stream are considered.

**Keywords** natural gas; combustion products; tunnel oven; ceramic products; under pressure; consumption; structural scheme.

### **Введение.**

Промышленность строительных материалов и изделий является одной из динамично развивающихся отраслей национальной экономики Узбекистана, где производство керамического кирпича занимает одно из ведущих мест. В настоящее время эффективное использование топливной энергии и сокращение выбросов вредных веществ в окружающую среду является актуальной задачей.

Увеличение темпов строительства и конкуренция между производителями строительных материалов в Республике Узбекистан обуславливают необходимость

увеличения количества и улучшения качества строительного керамического кирпича. Эта задача может быть решена путём совершенствования систем управления технологическими процессами, в частности обжигом, который находится в конце производственного цикла. Именно во время этой операции формируются свойства продукта, которые определяют понятие "качество". Процесс обжига осуществляется в основном в туннельные печи, оснащённые, в большинстве своём, газ сжигающими устройствами, которые не отвечают современным требованиям по интенсификации теплообмена в канале печи. Это приводит к значительному снижению качества обжига или к потере производительности и, как следствие, к увеличению удельного расхода топлива на обжиг. Он включает в себя как измеренные механические и гидрофизические показатели (прочность, морозостойкость и вода поглощение), так и визуальные дефекты (трещины, оплавление, выгорание). Обжигу и сушке следует рассматривать как многоступенчатые процессы тепло- и массаобмена, которые сопровождаются фазовыми и химическими превращениями сырья [2,4,6].

### **Материалы и методы.**

Обжиг керамического кирпича в печах - сложный технологический процесс. Одновременно происходят газификация и сгорание топлива, движение продуктов сгорания в рабочем пространстве печи, процессы массаобмена и теплообмена, связанные с эндотермическими и экзотермическими эффектами в керамическом кирпиче, а также изменение добавок.

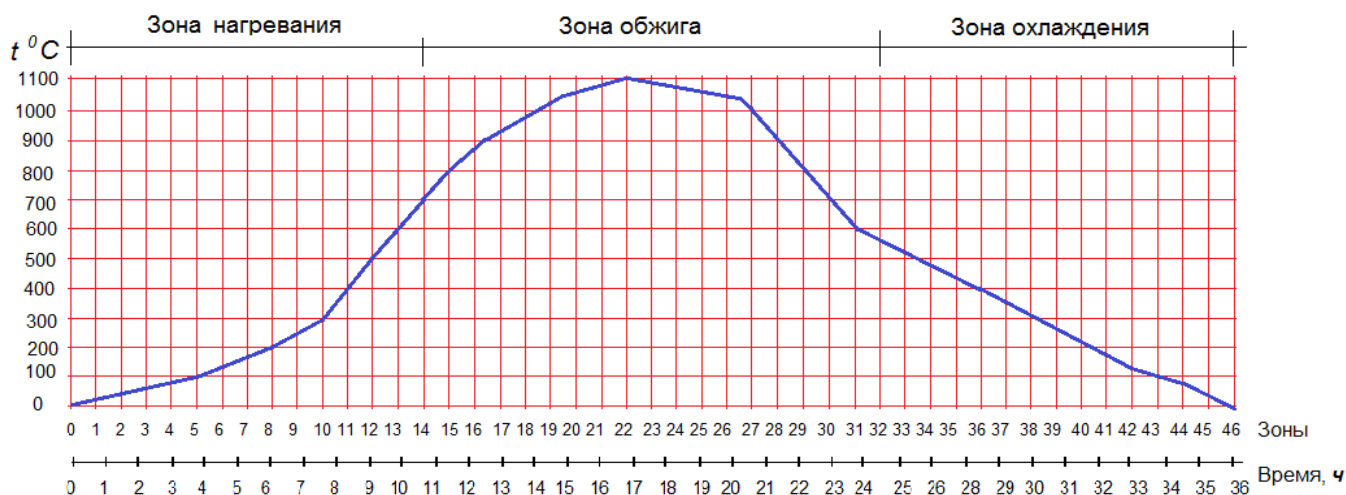
Термический процесс обжига керамического кирпича в туннельной печи по температуре делится на три периода: подготовка, обжиг, охлаждение. Каждый период в туннельной печи описывается определённым физико-химическим процессом, который происходит в керамическом изделии. Необходимо придерживаться чётких требований к температурному режиму и продолжительности обжига на каждой позиции печи, поскольку от правильности выполнения этих процессов зависит качество получаемых изделий.

Основной характеристикой обжига керамического кирпича является температурный режим, т.е. взаимосвязь между температурой обжига и его временем (продолжительностью), и графически представляет температурную кривую или кривую обжига.

Процесс нагрева, обжига и охлаждения керамических изделий требует определённого количества времени, поскольку происходят многочисленные физические и химические процессы, от которых напрямую зависит их качество. Для производственных процессов важно учитывать значение массовой температуры самих керамических изделий. С практической точки зрения определить эти температуры невозможно, и необходимо применять температуру окружающей среды, в которой происходят процессы нагрева, обжига



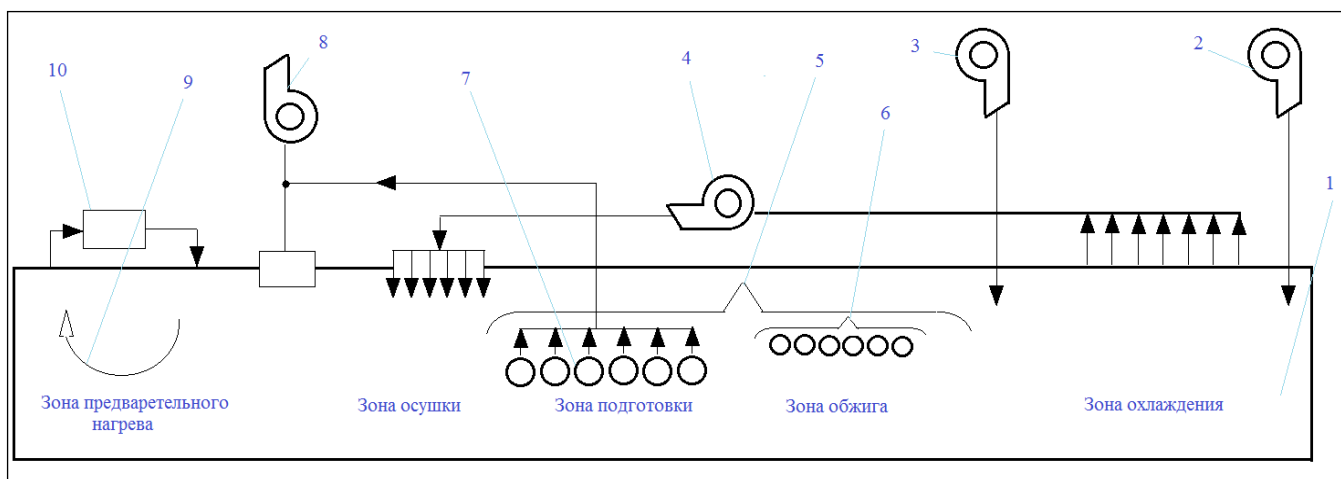
и охлаждения. Режим термической обработки изделий зависит от температуры окружающей среды (печного пространства), где в печи протекают тепловые процессы. В зоне охлаждения температура керамического изделия будет выше, чем у продуктов сгорания, а в зоне нагрева она будет холоднее. Температура печи в зоне обжига - это не температура собственного пламени газовых горелок, расположенных вдоль зоны обжига, а средняя температура видимых продуктов сгорания топлива. Рассмотрим рисунок 1, на котором показан температурный график процесса производства керамического кирпича



**Рисунок 1.** Температурный график процесса производства керамического кирпича в туннельной печи.

Туннельная печь работает на газообразном топливе (природном газе). Подача и регулирование воздуха осуществляются вентиляторами, расположенными в зоне обжига. В зоне подготовки температура повышается до 600 °C. Температура в зоне обжига поддерживается в диапазоне от 950 °C до 1000 °C. В зоне охлаждения температура колеблется от 60 °C до 80 °C. Технологический цикл производства кирпича в туннельной печи составляет до 36 часов.

Режим функционирования туннельной печи: продукты горения, которые отходят из зоны обжига, направлены на подогрев вагонеток с изделиями, которые подвергаются воздействию высоких температур в зоне обжига и попадают в зону охлаждения.



**Рисунок 2.** Схема туннельной печи обжига керамического кирпича.

Туннельная печь содержит рабочий канал 1, условно разделенный на зоны предварительного нагрева, сушки, подготовки, обжига и охлаждения, вентилятор 2 подачи атмосферного воздуха в конец зоны охлаждения, вентилятор 3 подачи атмосферного воздуха в начало зоны охлаждения, вентилятор 4 отбора горячего воздуха из зоны охлаждения и подачи его между зоной сушки и зоной подготовки, отопительную систему 5 зоны обжига со скоростными горелками 6, рекуперативные скоростные горелки 7, вентилятор 8 отбора дымовых газов из рекуперативных скоростных горелок 7, установленных в конце зоны подготовки и отработанного теплоносителя из зоны сушки, систему рециркуляции 9, оснащенную воздухонагревателем 10, размещенную в зоне предварительного нагрева.

Готовый кирпич хранится на складе от 3 до 7 дней, а затем осуществляется его отгрузка. На складе кирпичи укладываются на поддоны (металлические платформы) и загружаются краном на транспортные средства перед продажей потребителю. Качество кирпича определяется маркой. Тесты проводятся в лаборатории. Продукция надлежащего качества на поддонах отгружается потребителю с помощью электропогрузчика, а лом отправляется на переработку в производство.

### **Результаты.**

Явления, происходящие в турбулентном потоке горящего газа, описываются сложной системой уравнений, которая включает уравнения движения и непрерывности для потока вязкого сжимаемого газа, а также уравнения энергии и диффузии для компонентов горючей смеси и продуктов реакции, содержащих нелинейные источники тепла и вещества. Интенсивность этих источников определяется уравнениями химической кинетики. Общая система уравнений также включает уравнения состояния и выражения, определяющие зависимость физических констант (коэффициентов вязкости,

теплопроводности, диффузии и т.д.) от температуры, давления и состава смеси. В целом, также учитываются изменения молекулярной массы в ходе реакции, отличие теплоёмкости исходных реагентов от теплоёмкости продуктов сгорания, потери тепла при испускании пламени, явления диссоциации из-за наличия резких температурных градиентов и концентраций и т.д. [1-10].

Стоит отметить, что решение полной системы уравнений потока реагирующего газа в общем случае (не только для турбулентного, но и для ламинарного течения) обычно связано со значительными трудностями. Последние в первую очередь обусловлены необходимостью интегрирования с учётом соответствующих граничных условий сложной системы нелинейных дифференциальных уравнений в частных производных. Наряду с этим серьёзным препятствием для получения полного решения проблемы является отсутствие достаточной информации и достоверных количественных данных о кинетике химических реакций горения сложных смесей, особенно в отношении режима турбулентного течения. Кроме того, расчёт турбулентных газов сгорания полностью сохраняет обычные для гидродинамики трудности, связанные с не замкнутостью системы уравнений Рейнольдса для усреднённого турбулентного движения. Чтобы замкнуть эту систему, необходимо использовать определённые феноменологические модели усреднённого движения и основанные на них выражения, которые связывают эффективные (турбулентные) коэффициенты переноса со средними значениями переменных и их производных по пространственным переменным. В то же время в расчёт вводятся эмпирические константы (и даже функции вместе с дополнительными определяющими их уравнениями), которые, как известно, не являются универсальными, а сложным образом зависят от характера и условий процесса. Таким образом, при изучении турбулентных газов сгорания уже на первом этапе анализа (при написании замкнутой системы уравнений) теряется однозначность постановки задачи, возникает некоторая неопределённость в выборе схемы расчёта и эмпирических коэффициентов и функций [6,9].

В такой ситуации неизбежны далеко идущие упрощения как физической, так и математической формулировки проблемы. Также возможно, в первом приближении (соответствующем, как правило, инженерным задачам), не учитывать изменения давления во всем поле потока свободного факела.

При этих предположениях система уравнений для стационарного ламинарного или турбулентного пограничного слоя при наличии горения газа вместе с уравнением состояния может быть записана в виде:

$$\rho u \frac{\partial u}{\partial x} + \rho v \frac{\partial u}{\partial y} = \frac{1}{y^k} \frac{\partial}{\partial y} (y^k \tau);$$

$$\frac{\partial(\rho u)}{\partial x} + \frac{1}{y^k} \frac{\partial}{\partial y} (y^k \rho u) = 0;$$

$$\frac{\partial h}{\partial x} + \rho v \frac{\partial h}{\partial y} = \frac{1}{y^k} \frac{\partial}{\partial y} (y^k g) + qw; \quad (1)$$

$$\rho u \frac{\partial c_i}{\partial x} + \rho v \frac{\partial c_i}{\partial y} = \frac{1}{y^k} \frac{\partial}{\partial y} (y^k j) - w$$

$$P = \rho RT$$

где  $x$  и  $y$  - декартовы координаты;

$k_0$  и  $k_1$  являются экспонентами,  $k = 0$  для плоского и  $k = 1$  для осесимметричного пограничного слоя;  $u$  и  $v$  - компоненты скорости, соответствующие координатным осям;

$P$  - давление;  $\rho$  - плотность;  $T$  - температура;

$h = c_p T$  - энтальпия;  $c_i$  - концентрация (индекс  $i$  относится к исходным реагентам - топливу и окислителю - или к продуктам сгорания);  $R$  и  $c_p$  - газовая постоянная и теплоёмкость при постоянном давлении;  $\tau$ ,  $g$  и  $j$  - напряжение сдвига трения, тепловой поток и поток вещества соответственно;  $q$  и  $w(c, T)$  - тепловой эффект и скорость реакции.

В случае ламинарного движения газа уравнения (1) содержат фактические значения скорости, температуры, концентрации и других параметров, а также значения  $\tau$ ,  $g$  и  $j$  определяется законами Ньютона и Фурье. В случае турбулентного движения в эти уравнения вводятся усреднённые значения.

Для расчёта турбулентной газовой вспышки большое значение имеет приближенная модель диффузионного горения с бесконечно высокой скоростью химической реакции. В этом предположении на первый план выходит вопрос о разумной аппроксимации эффективных характеристик турбулентного переноса импульса, энергии и вещества. Этот вопрос, однако, не относится конкретно к турбулентному газу сгорания, а относится к общей теории турбулентного пограничного слоя и теории турбулентных струй. Расчёт  $f$  может быть обоснован на основе полуэмпирической расчётной схемы, принятой в современной реактивной.

Дефо одна из основных характеристик турецкой войны параметра горелки, и в процессе работы вращающейся печи интегрировано непосредственное влияние на премию, которая влияет на её длину. Его определение представляет значительный интерес, хотя и является неотъемлемой частью общего расчёта горелки. Определению длины факела было посвящено много работ, которые содержат различные расчётные или эмпирические

формулы, предложенные автором [1,2-6]. Как правило, они недостаточно разбросаны по узкому кругу условий и активов кредитора и сами поддаются обобщению. Аэродинамический расчёт длины шоссэ из основных закономерностей свободен от юридических ошибок и недостатков факел - факел зависимости параметров от продолжительности процесса сгорания, не смешанного с интенсивной турецкой войной.

При расчёте входной длины  $f$  обычно используют ограничение скорости потока: ее принимают достаточно высокой, чтобы можно было пренебречь влиянием свободной конвекции (подъёмной силы), но достаточно малой по сравнению со скоростью звука. Пламя очень короткое в зоне розжига, которая должна быть локализована в устье, оно благополучно вошло непосредственно в горелку (стабилизатор).

Согласно [3,5,7], выражение для длины факела для турецкой войны без примеси высококалорийного фу почувствуйте свою энергию и примите во внимание уравнение непрерывности, имеющее вид

$$\left\{ \frac{qG_0}{\frac{A}{B^{k+1}} \rho (l_0 - l_\infty) \int_0^\infty F'(\varphi) \theta_2(\varphi, 0) \varphi^k d\varphi} \right\}^{\frac{1}{\alpha - (k+1)\beta}}$$

Где  $G_0$  является ли начальная концентрация превышением расхода на участке  $x=0$ ;  $i_0 - i_\infty$  избыточная энтальпия на выходе потока поступает в горелку  $x = 0$ ;  $F'(\varphi)$  функция распределения представляет собой линейную область концентрации реагентов в горелке и из нее;  $\theta_2(\varphi, 0)$  функция распределения энтальпии для компонентов линейной области реагирует вне горелки; и  $\alpha, \beta$  являются константами само подобия;

$A$  и  $b$  являются константами, определяемыми характеристиками интегрированной струи.

Значение констант  $A, b, \alpha, \beta$  для осесимметричной турбулентной  $f$  имеют вид:

$$A = \sqrt{\frac{3I_0}{8\pi\rho a_1}}; \quad B = \frac{1}{\sqrt{a_1}}$$

$$\alpha = -1 \quad \beta = -1 \quad (2)$$

где ;  $a_1$  - коэффициент.

На ваш счёт, так (2), длина осесимметричного турбулентного пламя

$$l_0 = \pi \sqrt{\frac{8}{3}} \hat{O} \frac{1}{\sqrt{a_1}} \varepsilon$$

где ;  $\hat{O} = \int_0^\infty F'(\varphi) \theta_2(\varphi, 0) \varphi^k d\varphi^{\frac{1}{\alpha - (k+1)\beta}}$  ;

$$\varepsilon = \frac{c_{10}}{c_{2\infty}} \Omega + 1$$

$\Omega$  — стехиометрическое число;  $s_{10}$  и  $c_{2\infty}$  - соответственно начальная концентрация и концентрация окислителя  $f_u$  ощущаются окружающим пространством.

Факел науки, распространяющийся вдоль цилиндра по его поверхности (модель радикально вращающейся печи), является промежуточным между плоской и осесимметричной разновидностями факела. Длина факела науки

$$l_{\delta} = \left\{ \frac{qG_0}{\frac{A}{B} \rho(l_{\delta} - l_{\infty}) \int_0^{\infty} F'(\varphi) \theta_2(\varphi, 0) d\varphi} \right\}^{\frac{1}{\alpha - \beta + 1}}$$

Типы функций  $F'(\varphi)$ ,  $\theta_2(\varphi, 0)$ , а численное значение констант  $\alpha$  и  $\beta$  и решение задачи само подобия сим-констант в этом случае они также могут быть заимствованы из решения аналогичных задач теории струй. [4,6].

Из рассмотренных примеров видно, что схема расчёта позволяет, в принципе, определить длину шлейфа, который вытекает из несмешанной струи для любых типов реактивных двигателей, что является само моделируемым решением динамической задачи. Что касается расчёта длины шлейфа конечного размера, то он может быть приближенным к базовым характеристикам струи, которые позволяют описать не само подобные потоки.

Анализ аэродинамики турбулентного потока, выходящего из сопла, представляющего наибольший практический интерес, имеет конечный размер. Расчёт может быть выполнен на более позднем шлейфе на основе приближенного расчёта турбулентной струи металла [1,4]. Для решения проблемы конечных размеров горелки, в принципе, можно использовать различные расчётные схемы (аналитические и численные).

Начните с определения вычисления плотности потока и функции распределения импульса, соответствующей решению в виде некоторой координаты материя соответствующей задачи струи:

$$\overline{\rho u^2} = L_1(x, y, z); \overline{\rho u \Delta \hat{c}} = L_2(x, y, z) \quad (3)$$

$$\overline{\rho u^2} = \rho u^2 (\rho_0 u_0^2)^{-1}, \overline{\rho u \Delta \hat{c}} = \rho u \Delta \hat{c} (\rho_0 u_0 \Delta \hat{c}_0)^{-1}$$

где,

$\rho_0$   $\Gamma_0$  и  $\hat{c}$  - плотность, скорость и приведённая концентрация в начальной секции соответственно;  $L_1$   $L_2$  оператор, представляющий собой приближенное решение задачи о распространении турбулентной струи конечного размера.

Фронт координат можно определить по формуле

$$\frac{L_{1\hat{\delta}}^{0.5}}{L_{2\hat{\delta}}} = \varepsilon \sqrt{\frac{T_{\hat{\delta}}}{T_0}} \quad (4)$$

Где  $T_0$  и  $T_{\hat{\delta}}$  впереди указаны начальная температура и сгорание соответственно.

Из системы уравнений (3) можно получить распределение скорости, температуры и концентраций в поперечных сечениях пламени, а также его форму и длину, путём решения системы уравнений (3) относительно соответствующих переменных.

Распределение концентрации топлива во внутренней области пламени выражается зависимостями

$$\frac{\bar{c}_1}{\bar{c}_{10}} = \frac{1}{\varepsilon - 1} \left[ \varepsilon \sqrt{\frac{\rho_0}{\rho} \frac{L_2}{L_1^{0.5}}} \right] ; \quad \bar{c}_2 = 1 - \varepsilon \sqrt{\frac{\rho_0}{\rho} \frac{L_2}{L_1^{0.5}}} \quad (5)$$

Распределение температуры во внутренней и внешней областях пламени соответственно

$$\frac{T - T_{\hat{\delta}}}{T_0 - T_{\hat{\delta}}} = \frac{1}{\varepsilon - 1} \left[ \varepsilon \sqrt{\frac{\rho_0}{\rho} \frac{L_2}{L_1^{0.5}}} - 1 \right] \quad (6)$$

$$\frac{T - T_{\hat{\delta}}}{T_0 - T_{\hat{\delta}}} = \varepsilon \sqrt{\frac{\rho_0}{\rho} \frac{L_2}{L_1^{0.5}}} \quad (7)$$

Давайте определим профили плотности. Из соотношений (6) и (7) получаем, соответственно, для внутренней и внешней областей пламени

$$\sqrt{\frac{\rho_0}{\rho}} = 0.5 \left[ \frac{v + (\varepsilon - 1)(\alpha - 1)}{\varepsilon - 1} \right] \left[ \frac{L_2}{L_1^{0.5}} + \sqrt{\left( \frac{L_2}{L_1^{0.5}} \right)^2 + 4 \frac{[v + \alpha(\varepsilon - 1)](\varepsilon - 1)}{[v + (\varepsilon - 1)(\alpha - 1)]^2}} \right]; \quad (8)$$

$$\sqrt{\frac{\rho_0}{\rho}} = 0.5 [v - (\alpha - 1)] \left[ \frac{L_2}{L_1^{0.5}} + \sqrt{\left( \frac{L_2}{L_1^{0.5}} \right)^2 + 4 \frac{\alpha}{[v - (\alpha - 1)]^2}} \right], \quad (9)$$

где  $q_t$  - это теплотворная способность на 1 кг топлива;  $\alpha = T_{\infty}/T_0$ . Распределение скоростей в пламени можно найти из соотношений (3), (8) и (9):.

$$\frac{u}{u_0} L_1^{0.5} \sqrt{\frac{\rho_0}{\rho}}, \quad , \quad \text{и длина факела, } \frac{L_1^{0.5}(l_0 0.0)}{L_{21}(l_0 0.0)} = \sqrt{\varepsilon}$$

Таким образом, система уравнений (4) - (9) позволяет выполнить полный аэродинамический расчёт турбулентного диффузионного факела конечного размера.

### **Заключения.**

Таким образом, сравнительный анализ работы туннельных и кольцевых печей показал, что туннельные печи обладают таким преимуществом, как возможность полной автоматизации технологических процессов от стадии подготовки до охлаждения. Полная автоматизация облегчает работу обслуживающего персонала и сокращает время всех технологических процессов производства керамического кирпича. Также изучая работу туннельных печей, можно сделать вывод, что основным процессом печи является процесс обжига.

В работе проведён анализ работы существующих автоматизированных систем управления процессом обжига кирпича, который показал, что они работают с достаточно большой погрешностью. Это связано с недостатком знаний о динамике процесса обжига.

Исследованы зависимости давления и расхода газ воздушной смеси, разрежения и расхода дымовых и нагретых газов. Составлены структурные схемы туннельной печи для обжига керамического кирпича как объекта АС, позволяющие определить передаточную функцию для каждого входного параметра. Разработаны математические модели процесса обжига в туннельной печи как объекта АС с учётом давления и расхода газ воздушной смеси, разрежения и расхода дымовых и нагретых газов. Определены оптимальные параметры процесса обжига в зависимости от режима работы туннельной печи.

### **Библиография.**

1. Айматов Р. Ионин АА. и др. «Способ и устройство для термообработки-керамических изделий». Авторских свидетельство №12668922. Оpub. Б.И. №141, 1986 г,
2. Айматов Р.Р. Сжигание газового топлива в промышленных печах при производстве строительных материалов в Республике Узбекистан. БСТ: Бюллетень Строительной Техники. г Москва, 2019г.
3. Айматов Р. Р. Математическое моделирование процесса горения. Международной научно-практической конференции на тему "Проблемы и решения внедрения инновационных технологий в сфере инженерных коммуникаций". Самарканд, 2020г.



4. Aymatov R.R. Investigation of the efficiency of using gaseous fuel in the production of lime in rotary kilns. International Journal of Progressive Sciences and Technologies. Vol. 27 No. 1. <http://ijpsat.ijshst-journals.org>

5. Rustam Ruzibaevich Aymatov, Bakir Botir o'g'li Mamatov, Qobuljon Barotov. Development of an economic and mathematical model for the optimal development of gas supply systems. European Journal of Life Safety and Stability (2660-9630). Published 2021-12-29.

6. Дресвянникова Е А, Готулева Ю В. Энергосберегающие технологии при производстве строительных материалов./ Современные наукоёмкие технологии-2013-№8-2. Стр301-302.

7. Ebru MANÇUHAN., Kurtul KÜÇÜKADA., Emre ALPMAN. Математическое моделирование и моделирование зоны предварительного нагрева туннельной печи. Is1 Bilimi ve Tekniği Dergisi, 31,2, 79-86, 2011.J. of Thermal Science and Technology

8. Ионин А.А. Айматов Р. и др. Обжиг дренажных труб в однорядной печи с газовой подушкой, ВНИИЭСМ. М. 1985г вып. 8.

9. Ярощук И. В., Остапенко Ю. А. Экспериментальное исследование обжига кирпича в туннельной печи для создания математического обеспечения системы управления // Сб. трудов VIII междун. научно-технич. конф. «Машиностроение и техно сфера на рубеже XXI века». — Том 3. — Донецк: Дон ГТУ, 2001.

10. Проектирование предприятий по производству керамических строительных материалов: учеб. пособие / В.А. Тяпкин [и др.]; под общ. ред. В.И. Калашникова. Пенза: ПГУАС, 2013. 144 с

11. Klekovkin V.S.,Nikitin Y.R.,Trefilov S.A.,Goltsova O.B. Mathematical model of the tunnel kiln for baking bricks//Book of Abstracts 2006 - №8.

12. Lingl-Information 2002/2004/ Manager-Info-System (MIS) for die Keramische Baustoff-Industrie.-2004.-48с.91. "ALPINA Industrial" Information. The Kiln System.-2005.36с.

## ПРИМЕНЕНИЕ ВАКУУМНЫХ СОЛНЕЧНЫХ КОЛЛЕКТОРОВ ДЛЯ ОТОПЛЕНИЯ

Арсентьев А.Ю.<sup>1</sup>, Рымаров А.Г.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Национальный исследовательский университет «Московский государственный строительный университет», Москва, Россия.

**Аннотация** Возобновляемые источники энергии в последние годы привлекли особое внимание исследователей по всему миру. Постоянно публикуются исследования, в которых основное внимание уделяется оптимальной работе энергосистем на основе возобновляемых источников энергии в конкретном регионе. Переход систем, в которых доминируют значительное выделение количество CO<sub>2</sub> в процессе сжигания ископаемого топлива, может быть, достигнут путем интеграции возобновляемых источников энергии. Солнечная энергия - это свободно доступный, безопасный, чистый и богатый источник энергии. Солнечные тепловые коллекторы - это хорошо известный способ использования солнечной энергии для удовлетворения растущего спроса на энергию и минимизации выбросов парниковых газов. Существует два типа технологий использования солнечной энергии: солнечная тепловая и фотоэлектрическая. Среди множества применений солнечной энергии отопление помещений потребляет значительное количество энергии. Среди большого выбора тепловых коллекторов, вакуумный трубчатый коллектор обладает наибольшей эффективностью. В этом документе рассматривается применение вакуумного трубчатого коллектора для частного жилого дома в Московской области. При использовании солнечных коллекторов в октябре и в марте выработка тепловой энергии будет полностью покрывать пиковые нагрузки на отопление жилого дома.

**Ключевые слова** солнечный коллектор, вакуумный коллектор, возобновляемая энергетика, гелиоустановка

## APPLICATION OF VACUUM SOLAR COLLECTORS FOR HEATING

Arsentyev A.Y.<sup>1</sup>, Rymarov A.G.<sup>1</sup>

**Annotation** Renewable energy sources have attracted particular attention from researchers around the world in recent years. Studies have been continuously published that focus on the optimal operation of renewable energy systems in a particular region. The transition of systems dominated by high CO<sub>2</sub> emissions from fossil fuels can be achieved by integrating renewable energy sources. Solar energy is a freely available, safe, clean and abundant energy source. Solar

thermal collectors are a well-known way of using solar energy to meet the growing demand for energy and to minimise greenhouse gas emissions. There are two types of solar energy technologies: solar thermal and photovoltaic. Among the many applications of solar energy, space heating consumes a significant amount of energy. Among the large choice of thermal collectors, the vacuum tube collector has the greatest efficiency. This paper considers the application of a vacuum tube collector for a private residential building in the Moscow region. When using solar collectors in October and March, the heat production will fully cover the peak heating loads of the dwelling.

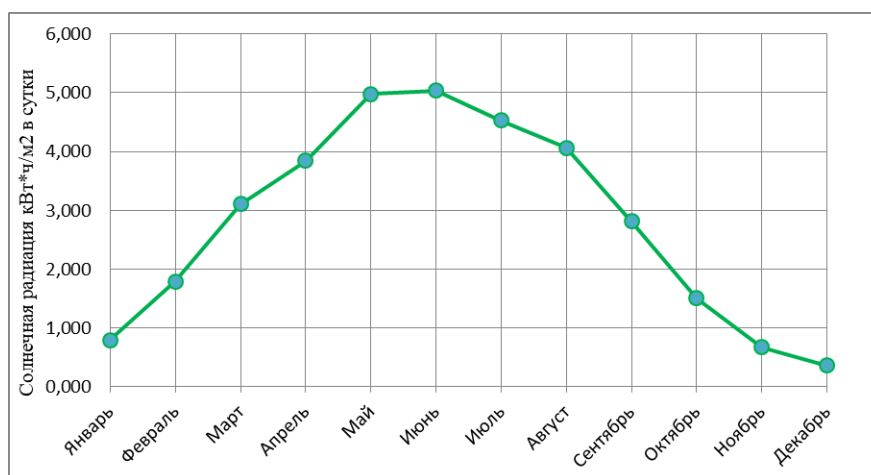
**Keywords** solar collector, vacuum collector, renewable energy, solar station

## **Введение**

Декарбонизация энергетического сектора является одним из важнейших шагов на пути к ограничению роста глобальной температуры до уровня ниже 2°C в соответствии с целями Парижского соглашения [1]. Спрос на энергию резко возрастает в результате быстрого роста населения. Отопление, где уголь, газ являются доминирующим способом отопления, приводит к таким проблемам, как сильное загрязнение окружающей среды, низкая эффективность сгорания и высокие выбросы углерода [2]. Повышение энергоэффективности должно снизить потребление энергии и затраты на отопление. Органы власти должны продемонстрировать экологически чистые энергосберегающие технологии, подходящие для климатических условий, и активно демонстрировать их [3]. Солнечная энергия является наиболее развитым и широко используемым возобновляемым источником энергии в странах всего мира благодаря своим преимуществам - неисчерпаемости, чистоте и отсутствию загрязнения окружающей среды [4]. Солнечная энергия берется от солнца и преобразуется в два основных вида использования: электрическую и тепловую энергию [5]. Цель работы – проанализировать влияние выработки тепловой энергии вакуумными коллекторами. Сравнение двух солнечных систем подтверждает, что солнечный коллектор с вакуумной трубкой имеет гораздо лучшую производительность солнечной энергии, чем солнечный коллектор с плоской пластиной [7]. За последние годы вакуумные трубчатые коллекторы обогнали рынок плоских коллекторов благодаря развитию недорогой технологии напыления для производства вакуумных трубок из двойного стекла. Коллекторы вакуумированных трубок с тепловыми трубами состоят из нескольких труб, связанных с сосудом. Каждая трубка содержит медную тепловую трубку, заполненную рабочей жидкостью. Такие характеристики, как высокая производительность, устойчивость к коррозии и контролируемая рабочая температура являются основными преимуществами солнечных коллекторов с вакуумной трубкой [8].

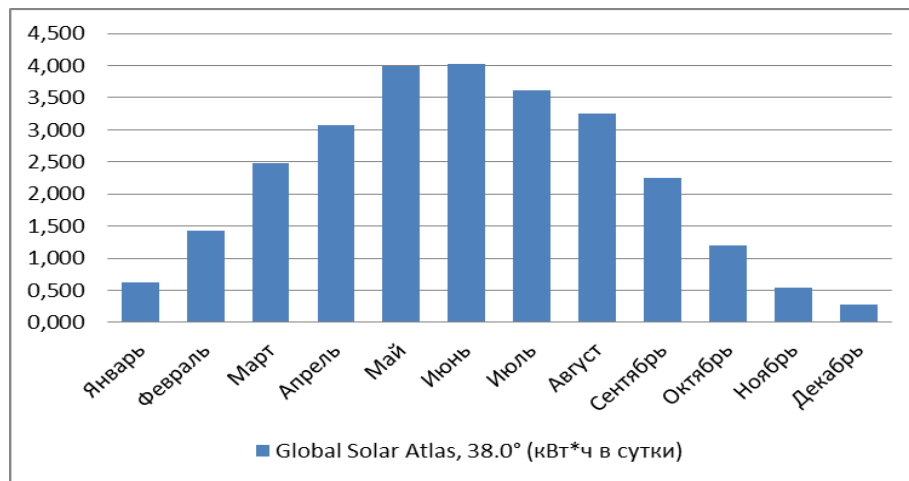
## Материалы и методы

Метод, использованный в данном исследовании, является описательным методом, включающим сбор и анализ данных о интенсивности солнечной радиации (прямая солнечная радиация), полученных с сайта World Solar Atlas ([globalsolaratlas.info/map](http://globalsolaratlas.info/map)). Рассмотрен вариант расположения солнечной установки в Московской области. Значение солнечной радиации принимается из World Solar Atlas. Вакуумные трубчатые солнечные коллекторы обеспечивают высокую эффективность благодаря своей трубчатой структуре, которая позволяет постоянно отслеживать солнечный луч, уменьшает площади тепловых потерь, а вакуум между двойными стеклами значительно снижает конвективные потери тепла [9]. Каждая трубка содержит медную тепловую трубку, заполненную рабочей жидкостью. Жидкость поднимается к коллекторной части тепловой трубы при нагревании солнечным излучением. После того, как холодная жидкость достигает нижней части трубы и нагревается, ее плотность уменьшается, а горячая жидкость течет вверх, чтобы попасть в накопительный бак. Жидкость на конце трубы меняет свое направление, там образуется нулевое значение скорости, что называется застойной зоной, что приводит к уменьшению скорости теплопередачи жидкости внутри трубки. Коллекторы с вакуумными трубками из тепловых труб обеспечивают подачу воды при более высоких температурах и эффективны при плохих погодных условиях. На рис. 1 показаны солнечная радиация для Московской области, максимальная радиация в июне составила  $5,039 \text{ кВт}\cdot\text{ч}/\text{м}^2$  в сутки, а минимальная радиация в декабре составила  $0,354 \text{ кВт}\cdot\text{ч}/\text{м}^2$  в сутки.



**Рисунок 1.** Солнечная радиация для Московской области

Далее определяем количество энергии, которая может поглощаться и преобразовываться в тепло солнечными коллекторами RUCELF. На рис. 2 показан солнечный коллектор RUCELF способен поглощать до 80 % энергии солнца.



**Рисунок 2.** Солнечная радиация поглощенной энергии вакуумными трубками RUCELF для Московской области.

Площадь поглощения вакуумной трубки диаметром 58 и длиной 1800 мм составляет 0,08 м<sup>2</sup>. Вакуумный коллектор с термотрубками самый технологичный на данный момент тип коллектора. Обладает лучшей производительностью в холодную погоду [6]. Отопительный период длится с Октября по Апрель. Теплотери через ограждающие конструкции определяются по формуле 1.

$$Q_{огр} = k * S * (t_{в} - t_{н}) * n * (1 + \sum \beta) \quad (1)$$

где:

$k$  – коэффициент теплопередачи, Вт/(м<sup>2</sup>\*°C);

$S$  – площадь ограждающих конструкций, м<sup>2</sup>;

$t_{в}$  – внутренняя температура воздуха в помещении, °C;

$t_{н}$  – наружная температура воздуха, °C;

$n$  – коэффициент положения ограждения;

$\beta$  – сумма добавочных теплотерий через ограждения.

$Q_{air}$  – расход теплоты на нагревание инфильтрующегося воздуха 8073,34 Вт.

Теплотери через ограждающие конструкции в декабре составят  $Q_{огр}=30616,85$  Вт.

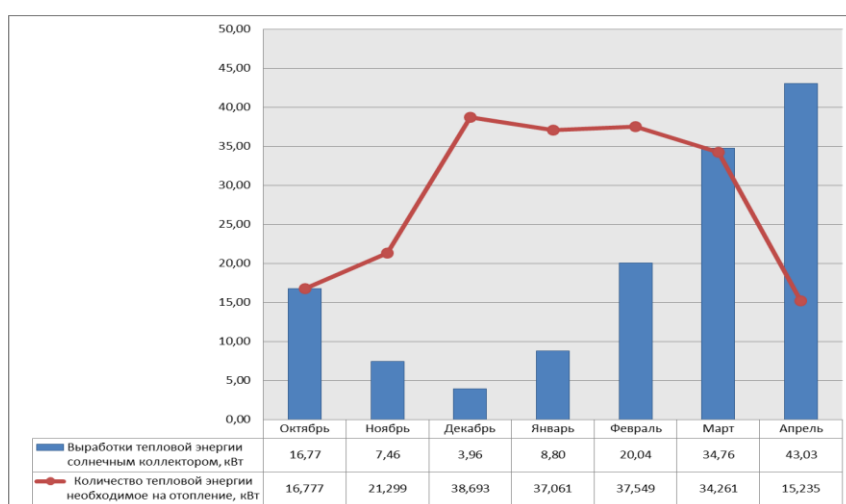
Общие теплотери в декабре составят 38690,20 Вт.

**Таблица 1.** Необходимое количество потребления тепловой энергии на отопление жилого дома

Наименование	Январь	Февраль	Март	Апрель	Октябрь	Ноябрь	Декабрь	Среднее за год
Теплотери, кВт	37,061	37,549	34,261	15,235	16,777	21,299	38,693	<b>28,70</b>
Наружная	-19,225	-19,700	-	2,013	0,513	-3,888	-20,813	<b>-11,09</b>

температура воздуха, °С			16,50					
			0					

В таблице 1 показано необходимое количество потребления тепловой энергии на отопление жилого дома в отопительный период. Зная значения необходимого количества энергии на отопления, определяем количество трубок, которое надо установить. Количество трубок, может значительно отличаться в зависимости от нагрузки на отопление и энергией полученной от солнечного коллектора. Большое количество трубок негативно повлияет в летний период времени, когда столкнемся с проблемой утилизацией избыточного тепла. К расчету принимаем 175 трубок в составе коллекторов. На рис. 3 показан график, отражающий выработку тепловой энергии солнечным коллектором и количество тепловой энергии необходимое на отопление.



**Рисунок 3.** График тепловой энергии

Солнечная энергия могут быть конкурентоспособными по стоимости в России по сравнению с традиционной генерацией даже при текущей высокой стоимости [10].

### **Заключения**

Использование солнечных коллекторов позволяет уменьшить затраты на отопление. Эксперименты подтвердили, что вакуумные трубчатые солнечные коллекторы являются наиболее эффективными и надежными среди других типов солнечных коллекторов [11]. В октябре и в марте выработка тепловой энергии солнечным коллектором будет полностью покрывать пиковые нагрузки. В ноябре нагрузка будет покрываться на 35%, в декабре на 10%, в январе на 24%, в феврале на 20% от солнечных коллекторов. Вакуумные солнечные коллекторы состоят из тепловых трубок и по форме напоминают термос. Трубки прозрачны снаружи и имеют высокоселективное покрытие внутри для эффективного улавливания

солнечной энергии [12]. Благодаря цилиндрической форме трубки солнечный свет попадает на поглощающую поверхность перпендикулярно оси трубки, а все остальные лучи, не перпендикулярные оси трубки, отражаются. Вакуумными солнечными коллекторами за год, возможно, выработать 134,83 кВт. В случае установки вакуумных солнечных коллекторов экономия энергоресурсов в натуральном выражении составит 67%.

### **Библиография**

1. Fragkos P. et al. Energy system transitions and low-carbon pathways in Australia, Brazil, Canada, China, EU-28, India, Indonesia, Japan, Republic of Korea, Russia and the United States //Energy. – 2021. – Т. 216. – С. 119385.
2. Mahmoud M. et al. The impacts of different heating systems on the environment: A review //Science of The Total Environment. – 2021. – Т. 766. – С. 142625.
3. Zhang Z. et al. Clean heating during winter season in Northern China: A review //Renewable and Sustainable Energy Reviews. – 2021. – Т. 149. – С. 111339.
4. Shahsavari A., Akbari M. Potential of solar energy in developing countries for reducing energy-related emissions //Renewable and Sustainable Energy Reviews. – 2018. – Т. 90. – С. 275-291.
5. Бордан Д. Ф. и др. Потенциал развития тепловой солнечной энергетики для нужд коммунального хозяйства //Энергетические установки и технологии. – 2021. – Т. 7. – №. 1. – С. 46-52.
6. Olczak P., Matuszewska D., Zabagło J. The comparison of solar energy gaining effectiveness between flat plate collectors and evacuated tube collectors with heat pipe: case study //Energies. – 2020. – Т. 13. – №. 7. – С. 1829.
7. Chopra K. et al. Global advancement on experimental and thermal analysis of evacuated tube collector with and without heat pipe systems and possible applications //Applied energy. – 2018. – Т. 228. – С. 351-389.
8. Li C. et al. Stearic acid/expanded graphite as a composite phase change thermal energy storage material for tankless solar water heater //Sustainable Cities and Society. – 2019. – Т. 44. – С. 458-464.
9. Olfian H., Ajarostaghi S. S. M., Ebrahimnataj M. Development on evacuated tube solar collectors: A review of the last decade results of using nanofluids //Solar Energy. – 2020. – Т. 211. – С. 265-282.
10. Lanshina T. A. et al. The slow expansion of renewable energy in Russia: Competitiveness and regulation issues //Energy Policy. – 2018. – Т. 120. – С. 600-609.

11. Слесаренко, И. В. Исследование и испытания вакуумных солнечных коллекторов в системах теплоснабжения / И. В. Слесаренко // *Фундаментальные исследования*. – 2016. – № 2-3. – С. 509-514.

12. Алмаев, А. Ю. Преимущества и недостатки плоских и вакуумных коллекторов солнечной энергии / А. Ю. Алмаев, И. А. Лушкин // *Вестник НГИЭИ*. – 2015. – № 6(49). – С. 16-20.



## ИССЛЕДОВАНИЯ МОДЕЛИ ЛУЧИСТОЙ СИСТЕМЫ ОТОПЛЕНИЯ НА БАЗЕ ВОДЯНЫХ ИЗЛУЧАЮЩИХ ПРОФИЛЕЙ

**Бодров М.В.<sup>1</sup>, Смыков А.А.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет

**Аннотация** применение лучистых систем отопления позволяет значительно повысить показатели энергоэффективности производственных помещений, однако использование газовых и электрических систем имеет свои ограничения из условий безопасности и экономической целесообразности. Применение лучистых систем отопления на базе водяных инфракрасных излучателей является целесообразным с экономической точки зрения и не ограничена документами, регламентирующими требования к безопасности помещений. В данной работе представлены результаты исследований Лаборатории лучистого отопления ННГАСУ.

**Ключевые слова** отопление, лучистое отопление, водяное отопление, инфракрасное излучение, излучатель, энергоэффективность

## STUDY OF A MODEL OF A RADIANT HEATING SYSTEM BASED ON WATER RADIANT PROFILES

**Bodrov M.V.<sup>1</sup>, Smykov A.A.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Nizhny Novgorod State University of Architecture and Civil Engineering

**Annotation** the use of radiant heating systems can significantly increase the energy efficiency of industrial premises, but the use of gas and electric systems has its own limitations due to safety and economic feasibility. The use of radiant heating systems based on water infrared emitters is expedient from an economic point of view and is not limited by documents regulating the requirements for the safety of premises. This paper presents the results of research by the Laboratory of Radiant Heating at NNGASU.

**Keywords** heating, radiant heating, water heating, infrared radiation, emitter, energy efficiency

### **Введение**

Уменьшение количества тепловой энергии, необходимой для создания и поддержания комфортных параметров микроклимата в производственном помещении, является крайне

актуальной задачей с экономической точки зрения. Одним из путей повышения энергетической эффективности зданий производственного назначения без потерь в комфорте и в обеспечении надежного функционирования производственных линий общепризнанно является применение лучистых систем отопления.

Наиболее перспективным видом лучистого отопления является отопление на базе водяных инфракрасных излучателей. Такие системы имеют ряд преимуществ перед традиционными конвективными или воздушными системами отопления: простое и эффективное гидравлическое регулирование; снижение потерь теплоты через покрытие помещения за счёт уменьшения «тепловой подушки»; отсутствие сквозняков и пылевых масс; экономия места; низкая тепловая инерция; простота монтажа и обслуживания; направленная подача теплоты в рабочую зону помещения; возможность применения возобновляемых источников энергии и систем рекуперации теплоты; длительный срок службы. Теплоносителем в данных отопительных приборах служит горячая вода, ( $t_r = +30...+130$  °С). Оба типа отопительных приборов построены на принципе максимизации теплоотдающей способности лучистым способом и минимизации конвекции.

### **Материалы и методы**

В 2018 году на базе ННГАСУ был создан Учебно-научно-исследовательский центр «Системы отопления с использованием низкотемпературных инфракрасных излучателей» основой которого стала Лаборатория лучистого отопления (рисунок 1). На базе данной лаборатории коллективом авторов были проведены комплексные исследования работы лучистой системы отопления на базе водяных инфракрасных излучателей [1-4]. В качестве объекта исследований была выбрана лучистая система отопления, построенная на базе водяных излучающих профилей производства отечественной компании «Флайг+Хоммель», головной офис которой расположен в г. Заволжье Нижегородской области. Индустриальный партнёр исследований – это единственный Российский производитель водяных излучающих профилей, что является неоспоримым преимуществом в условиях новых вызовов, в котором оказалась экономика России после февраля 2022 года.

В продуктовой линейке компании-партнёра на данный момент представлены две марки водяных излучающих профилей: Helios 750 и Flower 125, технические характеристики которых представлены в таблице 1. Для комплексного исследования модели лучистой системы отопления на базе водяных инфракрасных излучателей был проведён ряд лабораторных и натуральных экспериментов: исследование тепловых характеристик водяного инфракрасного излучателя; исследование лучистых характеристик водного инфракрасного излучателя; исследование теплового режима в помещениях с системами отопления на основе

водяных инфракрасных излучателей; исследование температурного режима в помещениях, оборудованных системами лучистого отопления на основе водяных инфракрасных излучателей; представляет собой исследование теплового режима наружных ограждающих конструкций в помещениях с системами отопления на основе водяных инфракрасных излучателей.

Для проведения комплексного исследования модели лучистой системы отопления на базе водяных инфракрасных излучателей была сконструирована оригинальная экспериментальная установка, которая позволяет смоделировать фрагмент лучистой системы отопления, применить известные методы испытаний и получить достоверные экспериментальные данные, которые впоследствии можно использовать в инженерной практике.





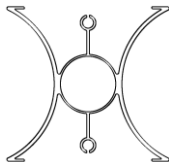
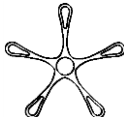
**Рисунок 1.** Общий вид Лаборатории лучистого отопления ННГАСУ

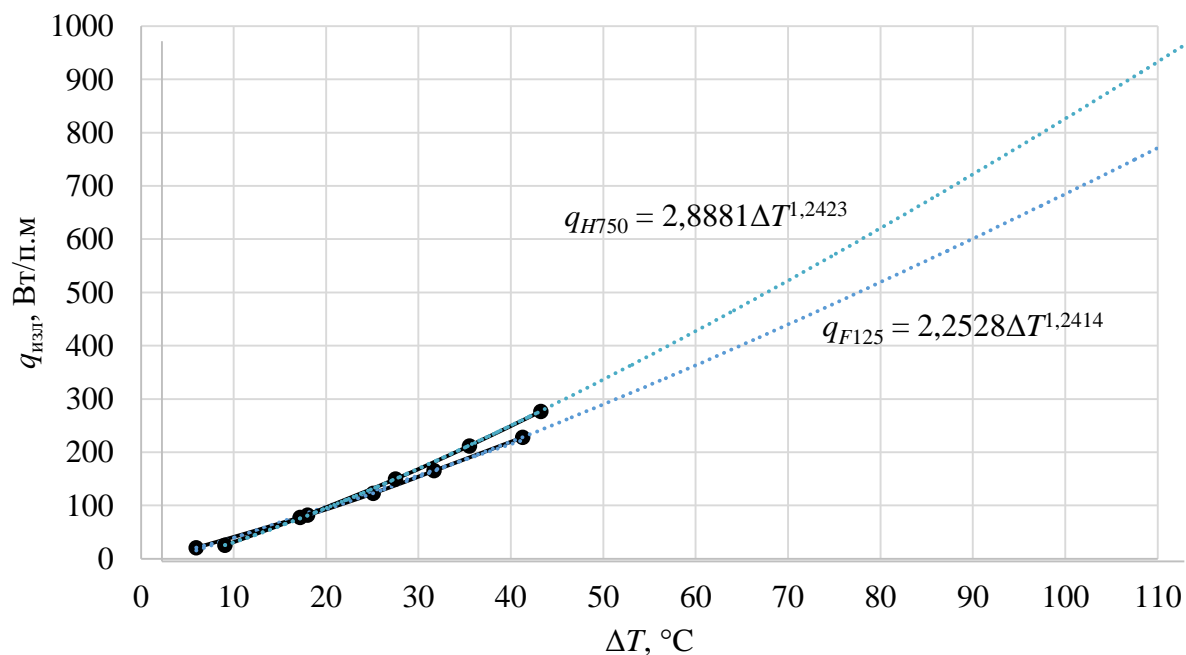
## Результаты

Одним из результатов, проведенных в Лаборатории лучистого отопления ННГАСУ исследований, является полученная зависимость определения теплоотдачи 1 п.м. водяных

излучающих профилей  $q_{\text{изл}}$ , Вт/п.м., от температурного напора  $\Delta T$ , °С, представленная на рисунке 2.

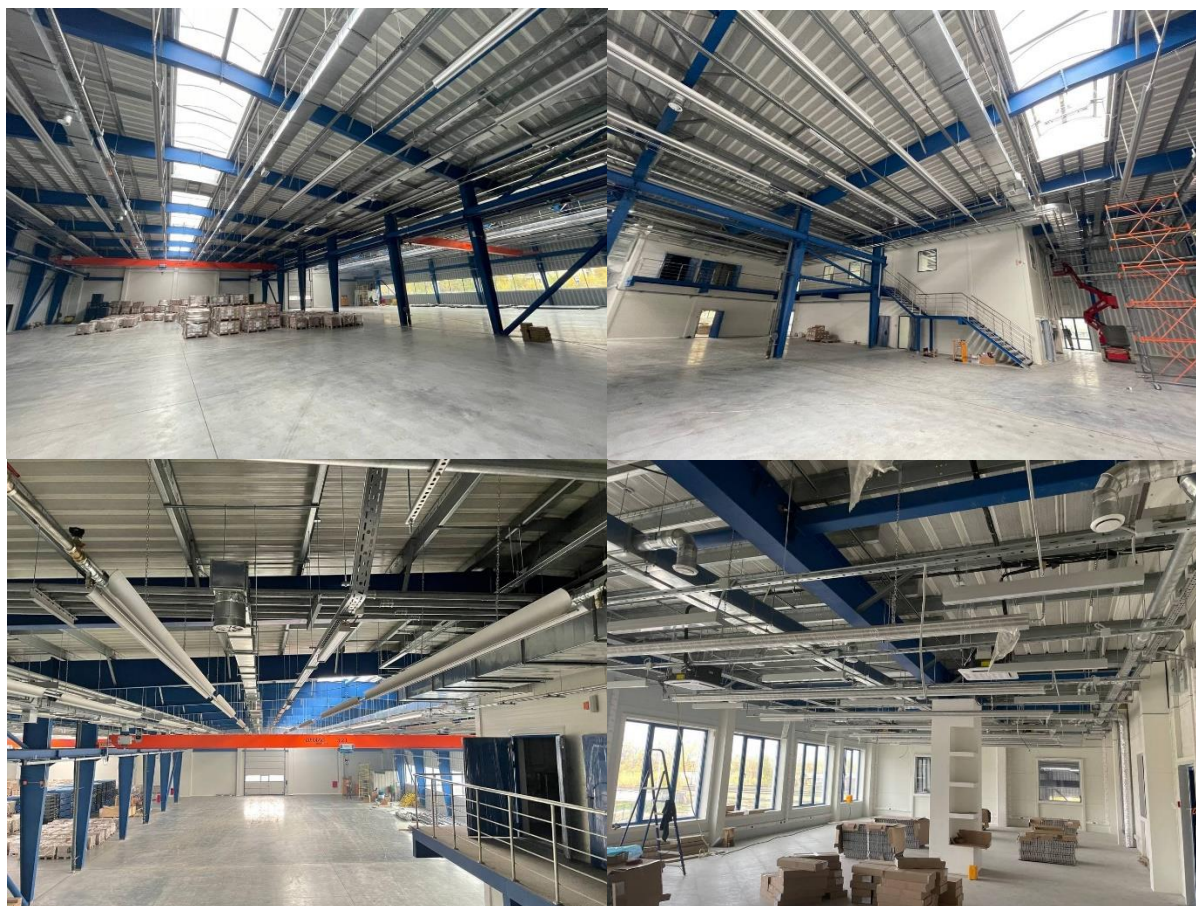
**Таблица 1.** Характеристики излучателей – объектов исследования

Характеристики	Ед. изм.	Марка излучателя	
		Helios 750	Flower 125
Общий вид	-		
Сечение	-		
Материал	-	AlMgSi0,5	AlMgSi0,5
Габариты	мм	170x170	125x125
Удельная площадь	м <sup>2</sup> /п.м	1,3	0,603
Удельная ёмкость	л/п.м	2,6	0,28
Удельная масса профиля	кг/п.м	7,1	3,6
Удельная масса профиля с водой	кг/п.м	9,2	3,98
Подключение	дюйм	2	1/2
Максимальное рабочее давление	бар	10	10
Максимальная рабочая температура теплоносителя	°С	150	150



**Рисунок 2.** Результаты моделирования степенной линии тренда в программном комплексе MathCAD для результатов испытания излучателей марок Helios 750 и Flower 125

Материальным результатом исследований стало вновь возведённое здание склада сухого хранения с административно-бытовой частью ООО «Флайг+Хоммель» в г. Заволжье (рисунок 3), в котором создание системы лучистого отопления было проведено с применением предложенной методики проектирования лучистой системы отопления [5]. Здание имеет отапливаемый объём  $V_{от} = 36288 \text{ м}^3$ .



**Рисунок 3.** Общий вид вновь возведённого здания склада сухого хранения с административно-бытовой частью ООО «Флайг+Хоммель» в г. Заволжье

### **Заключение**

Высокая энергоэффективность применения лучистых систем отопления на базе водяных инфракрасных излучателей достигается за счёт:

- меньшего температурного градиента по высоте помещения и отсутствия тепловой подушки, что снижает потери теплоты через покрытие помещения;
- снижения температуры воздуха рабочей зоны без снижения уровня комфорта, за счёт более высокой радиационной температуры, что также снижает трансмиссионные теплопотери;
- меньшей тепловой инерции, которая позволяет увеличить время дежурного режима работы системы отопления и снизить длительность переходного режима.

### **Библиография**

1. Бодров, М.В. Снижение энергоёмкости и повышение экологической безопасности производственных помещений при использовании систем лучистого отопления на базе водяных инфракрасных излучателей / М.В. Бодров, А.А. Смыков // Вестник МГСУ. – 2021. – № 12 (157). – С. 1599...1607.

2. Бодров, М.В. Системы лучистого отопления на базе водяных инфракрасных излучателей для текстильной промышленности / М.В. Бодров, А.А. Смыков, М.С. Морозов // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. – 2020. – № 6 (390). – С. 168...174.

3. Бодров, М.В. Повышение энергоэффективности и эксплуатационной надежности систем обеспечения параметров микроклимата животноводческих зданий и сооружений / М.В. Бодров, М.С. Морозов, А.Е. Руин, А.А. Смыков // Журнал «Вентиляция, отопление, кондиционирование воздуха, теплоснабжение и строительная теплофизика», 2022, № 6. – С. 38-42.

4. Smykov, A. Energy efficiency of radiant heating systems based on water-based radiant profiles / M. Bodrov, A. Smykov, M. Morozov // Civil Engineering Journal. – 2021. – Vol. 9, № 5. – P. 1546...1557.

5. Смыков, А.А. Повышение энергоэффективности пассивных систем обеспечения параметров микроклимата в производственных помещениях / А.А. Смыков, М.В. Бодров, А.Ф. Юланова, А.Е. Руин // Приволжский научный журнал. – 2021. – № 4 (60). – С. 84...89.

# ИНФОРМАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРИ КОНЦЕПТУАЛЬНОМ ПРОЕКТИРОВАНИИ НА ПРИМЕРЕ РАЗДЕЛОВ СЛАБОТОЧНЫХ СИСТЕМ И ОТОПЛЕНИЕ, ВЕНТИЛЯЦИЯ И КОНДИЦИОНИРОВАНИЕ ВОЗДУХА

А.А. Гусаров<sup>1</sup>, М.А. Гордеев-Бургвиц<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Национальный исследовательский университет «Московский государственный строительный университет», Москва, Россия.

**Аннотация** технологии информационного моделирования в строительной отрасли в России постепенно вводятся в применение. Демонстрация практического опыта применения данных технологий является важным для формирования понимания форм применения данных технологий и обмена опытом. Цель статьи состоит в общем описании этапов создания BIM-модели разделов инженерных систем.

**Ключевые слова:** ОВиК, информационная модель, СС, BIM, ТИМ

## INFORMATION MODELING IN CONCEPTUAL DESIGN ON THE EXAMPLE OF SECTIONS OF LOW-CURRENT SYSTEMS AND HEATING, VENTILATION AND AIR CONDITIONING

A.A. Gusarova<sup>1</sup>, M.A. Gordeev-Burgwitz<sup>1</sup>

<sup>1</sup>National Research University "Moscow State University of Civil Engineering", Moscow, Russia

**Annotation** information modeling technologies in the construction industry in Russia are gradually being introduced into use. Demonstration of practical experience in the application of these technologies is important for the formation of an understanding of the forms of application of these technologies and the exchange of experience. The purpose of the article is to provide a general description of the stages of creating a BIM model of sections of engineering systems.

**Keywords:** HVAC, information model, low current networks , BIM, TIM

### **Введение.**

Технологическое развитие строительной отрасли России является необходимым для повышения эффективности использования ресурсов и конкурентоспособности. Задан курс на цифровизацию строительной отрасли. Технология BIM или российский аналог ТИМ уже не является новшеством в строительстве, но внедрение её в строительство затруднено по ряду причин. В профессиональных кругах и сейчас идут споры о ТИМ и её реализации. Однако,



ТИМ развивается и подталкивает к изменению процессы строительства. В данной работе будут продемонстрированы общие принципы создания информационной модели разделов инженерных систем жилого здания на этапе проектирования строительного объекта.

### **Материалы и методы.**

Методологической основой данной работы являются исследования отечественных и зарубежных авторов в области информационного моделирования строительных объектов. Решение задач производится с применением основ информационного моделирования, экспериментальных методов и методов проектирования (прямые аналитические методы синтеза; эвристические методы проектирования; синтез методами анализа).

### **Результаты исследования.**

Для решения задач капитального строительства нового объекта необходимо учитывать всевозможные факторы, влияющие на решение поставленных задач.

Если рассматривать с точки зрения системотехники [1], то строительство представляет собой открытую систему, состоящую из множества подсистем, которая взаимодействует с предприятиями других отраслей, сферой различных услуг и природной средой.

Таким образом, важно определить и учесть наиболее важные факторы, показатели и взаимосвязи, влияющие на объект. В данном случае главным объектом является сам объект капитального строительства, как система, состоящая из таких подсистем, как:

- инженерно-технические (конструкции зданий, инженерное обеспечение, технологическое оборудование и др.),
- человеко-машинные (коллективы людей и отдельных исполнителей, использующих машины),
- организационно-технологические (организационные структуры, новые технологии и методы),
- социально-экономические (экономические и социальные взаимоотношения),
- и организационно-информационные взаимосвязи между всеми указанными подсистемами.

Информационная модель (ИМ) жилого здания может являться базой для управления объектом строительства на всех этапах его жизненного цикла (ЖЦ). Информационная модель способна аккумулировать данные о всех взаимодействиях между различными элементами, объектами и субъектами, связанными с ЖЦ объекта строительства.

На рисунке 1 представлена общая схема взаимосвязей разных процессов и элементов,

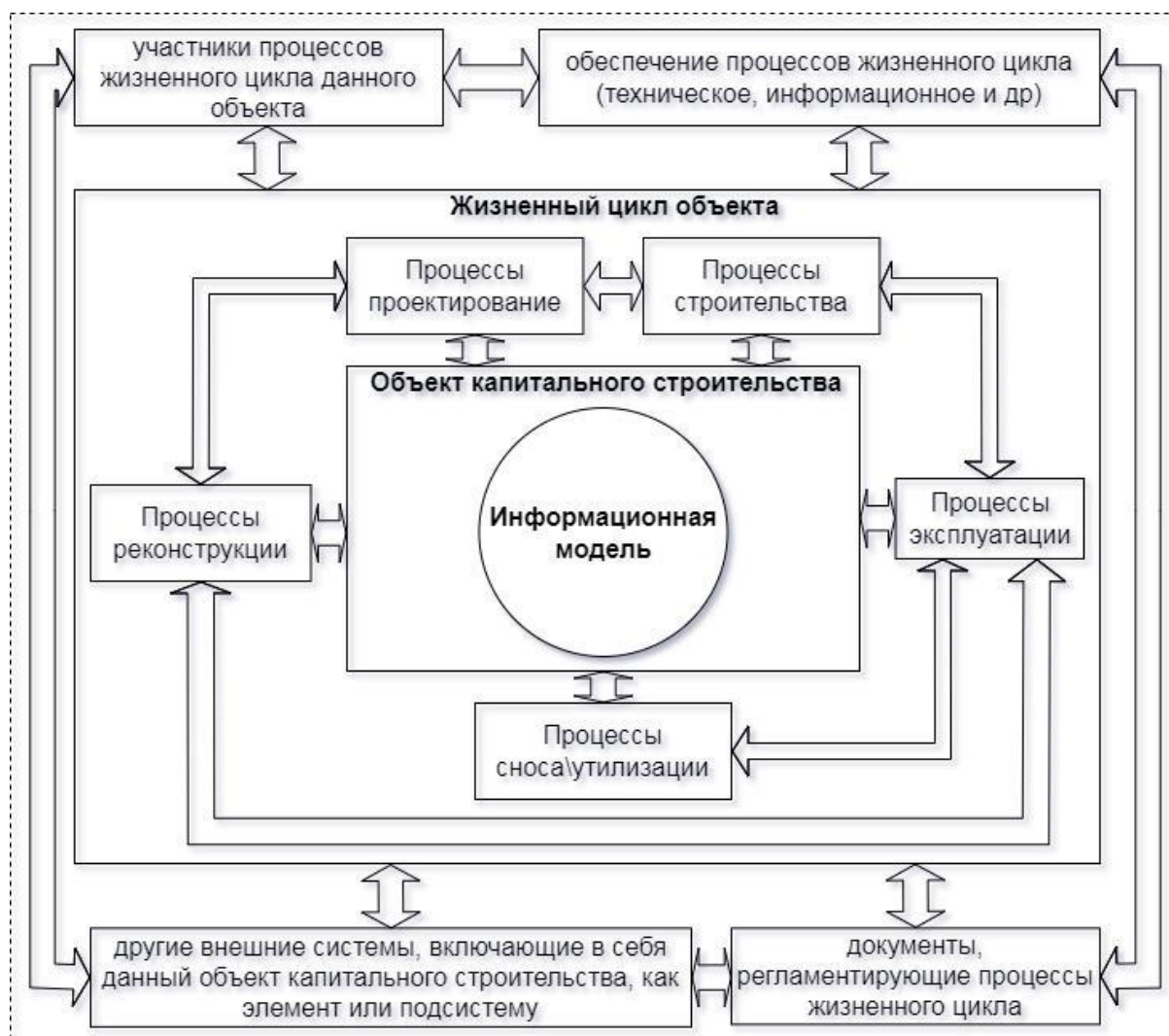
связанных с объектом капитального строительства[2].

В качестве **объекта исследования** рассматривается информационная модель типового здания многоквартирного дома (Рис.2). Под типовым зданием подразумевается объект повторного применения, характеризующийся типовыми, или стандартными, параметрами (габариты конструкций, высотность, архитектура и др.). Объекты повторного применения могут разрабатываться в больших проектных организациях, где для удобства проектирования применяются типовые решения, что формирует типовой объект/объект повторного применения. Развитие таких объектов связано с изменениями планировочных решений в части квартирографии, применением новых технических решений, модернизации устаревших решений. На данный момент это развитие затрудняет стандартизацию всех процессов проектирования. Например, изменений квартирографии влечёт за собой изменения в размещении инженерных сетей здания, куда накладываются ограничения по наличию свободного места в пространстве здания и конструктиву. Однако, наличие типовых и стандартизированных элементов позволяет выявить закономерности для автоматизации процессов и анализа таких объектов.

Информационная модель объекта состоит из связанных в одну информационных моделей подсистем данного объекта.

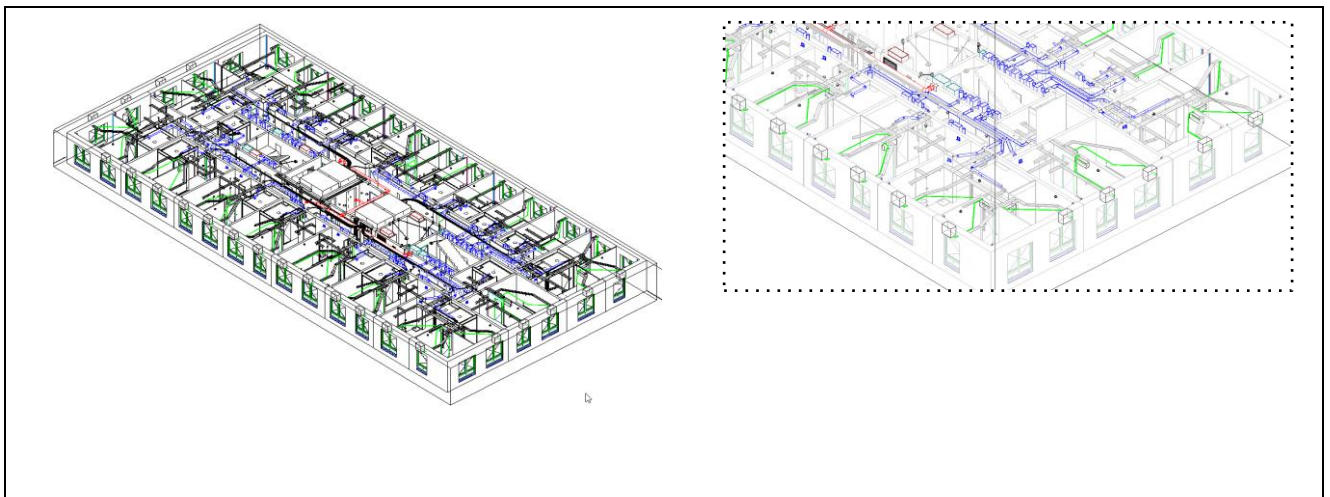
Объект капитального строительства, в данном случае многоквартирный жилой дом, СС проходит разные этапы жизненного цикла: концепция - проектирование - строительство - эксплуатация - демонтаж. На Рисунке 3 представлены основные этапы жизненного цикла объекта с кратким описанием.

На разных этапах ЖЦ имеются свои особенности развития инженерных систем проекта, появляются новые данные, которые необходимы для решения различных задач в процессе всего жизненного цикла объекта.



**Рисунок 1.** Схема связей объекта капитального строительства. Источник - Автор.

В соответствии с общей последовательностью развития проекта каждый этап развития, или жизненного цикла, является базой для предыдущего. На каждом этапе есть определенные заинтересованные лица в развитии и управлении проектом и определенные задачи. Важно рассматривать основные задачи разных этапов ЖЦ объекта для того, чтобы определить состав данных в ИМ объекта для возможности качественного анализа с целью принятия наилучших решений, связанных с управлением этим объектом [3].



**Рисунок 2.** Информационная модель жилого здания Источник - автор. Источник - Автор.

Инженерные изыскания	<p>&lt; На данном этапе формируются исходные данные и требования (перечень систем, технические условия; технические требования, ТЗ; состав томов ПД). Эскизный проект системы определяет количество компонентов и позволяет сформировать коммерческое предложение на основе примерной спецификации.</p>
Проектирование	<p>&lt; Стадия П. Предусматривает детальное описание технических решений по конкретному объекту; создание чертежей будущей системы и составление смет на систему. Экспертиза проекта. Стадия Р. Детализация стадии Р, комплект документации, предоставляющий исчерпывающую информацию для строительно-монтажных работ.</p>
Строительство (включая ввод в эксплуатацию)	<p>&lt; Организация строительно-монтажных работ. Закупка материальных ресурсов. Технический надзор. Формирование исполнительной документации проекта. Сдача-приёмка объекта в эксплуатацию. Ввод готового объекта в эксплуатацию.</p>
Эксплуатация (включая текущие ремонты)	<p>&lt; Организация комплекса работ по содержанию, обслуживанию и ремонту здания (сооружения)</p>
Реконструкция Капитальный ремонт	<p>&lt; Улучшении первоначальных характеристик объекта, восстановлении основных средств объекта.</p>
Снос и утилизация объекта	<p>&lt; Ликвидация объекта капитального строительства путем разрушения, разборки или демонтажа объекта с организацией мероприятий по утилизации строительного мусора.</p>

**Рисунок 3.** Этапы жизненного цикла объекта капитального строительства. Источник - Автор.

Разработку моделей слаботочных систем можно выполнять согласно списку комплектов, которые формируются при создании проектной модели слаботочных систем. Для разработки каждого комплекта необходимо использовать определенную технологию, разработанную BIM-специалистами. Также в последние годы формируется нормативная база для информационного моделирования в строительстве [4-7]. Только единая технология

позволит составить корректную информационную модель для возможности её дальнейшего анализа и применения в процессах жизненного цикла объекта.

Для формирования информационной модели раздела ОВиК (Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха) отличий мало от примера формирования модели СС. Существуют отличия в особенностях раздела, технологии самого принципа проектирования и заданиях для смежных систем.

Например, заданием на отверстия к АР и КР может передаваться как отдельно разделом ОВиК, так и в составе сводного задания от ИОС. В качестве задания могут передаваться ссылки на хранилища информационных моделей по каждой системе.

Общие принцип передачи задания от ОВиК к СС в среде информационного моделирования заключается в:

- Подготовке и оформлении задания ОВиК для СС;
- Передаче ссылки на модель ОВиК для её подгрузки в качестве связи в модель СС;
- Получение согласования/комментариев (при наличии) от специалиста СС;
- Корректировка задания ОВиК (при необходимости);
- Оповещение об изменения в задании специалиста СС.

Аналогичное взаимодействие происходит и с другими специалистами.

Сводная информационная модель строения собирается автоматически в формате NWD из моделей, выполненных в формате RVT (Revit). Все модели координируются для конечной совместимости в единой модели. Сводная информационная модель строения состоит из всех моделей разделов проекта.

### **Заключение.**

Таким образом, были продемонстрированы общие принципы практического формирования информационной модели инженерных систем.

Направление информационного моделирования развивается в России. Существуют исследования и проекты с использованием технологии BIM [8-11]. Также существуют проблемы и ограничения в развитии данного направления, связанные как с внутренними факторами отрасли, так и с внешними факторами смежных отраслей, поддерживающих BIM (технологические, технические и т.д.).

### **Библиография**

1. Системотехника строительства [Электронный ресурс] : учебно-методическое пособие /А.В. Гинзбург, Л.А. Шилова, А.О. Адамцевич ; М-во науки и высшего образования Рос. Федерации, Нац. исследоват. Моск. гос. строит. ун-т. — Электрон. дан. и прогр. (1,2

Мб). —Москва : Издательство МИСИ – МГСУ, 2019. — Режим доступа: <http://lib.mgsu.ru/Scripts/irbis64r91/cgiirbis64.exe?C21COM=F&I21DBN=IBIS&P21DBN=IBIS>.

2. Талапов В.В. О некоторых принципах, лежащих в основе BIM / Известия высших учебных заведений. Строительство. Новосибирск, 2016. № 4(688). С. 108-1

3. Чегодаева, М. А. Функциональность информационной модели на этапах проектирования, строительства и эксплуатации здания / М. А. Чегодаева. — Текст : непосредственный // Молодой ученый. — 2016. — № 25 (129). — С. 102-105. — URL: <https://moluch.ru/archive/129/35716/> (дата обращения: 15.06.2022).

4. Правила формирования и ведения информационной модели объекта капитального строительства, утвержденные постановлением Правительства Российской Федерации от 15 сентября 2020 г. N 1431

5. СП 333.1325800.2020 "Информационное моделирование в строительстве. Правила формирования информационной модели объектов на различных стадиях жизненного цикла"

6. ГОСТ Р 10.0.05-2019/ИСО 12006-2:2016 "Национальный стандарт Российской Федерации. Система стандартов информационного моделирования зданий и сооружений. Строительство зданий. Структура информации об объектах строительства. Часть 2. Основные принципы классификации"

7. ГОСТ Р 57563-2017/ISO/TS 12911:2012 "Национальный стандарт Российской Федерации. Моделирование информационное в строительстве. Основные положения по разработке стандартов информационного моделирования зданий и сооружений"

8. Повышение эффективности функционирования САПР на основе разработки методологии информационной поддержки жизненного цикла наукоемких изделий : автореферат дис. ... доктора технических наук : 05.13.12 / Кондусова Валентина Борисовна; [Место защиты: ФГБОУ ВО Оренбургский государственный университет]. - Оренбург, 2019. - 32 с/

9. Шестаков К.И., Соколов И.М., Пирогов М.А., Соловьев С.Г. Опыт развития, внедрения и стандартизации BIM (ТИМ)-проектирования в горнодобывающей отрасли. Горная промышленность. 2021;(5):40–50. DOI: 10.30686/1609-9192-2021-5-40-50.

10. Козлов И.М. Оценка экономической эффективности внедрения информационного моделирования зданий // АМТ. 2010. №1 (10). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/otsenka-ekonomicheskoy-effektivnosti-vnedreniya-informatsionnogo-modelirovaniya-zdaniy> (дата обращения: 16.06.2022).

11. Горлушкина Н.Н. Системный анализ и моделирование информационных процессов и систем. – СПб: Университет ИТМО, 2016 – 120 с.

## ПРОБЛЕМЫ РАЗВИТИЯ СЕТЕЙ ГАЗОПОТРЕБЛЕНИЯ

Едуков Д.А.<sup>1</sup>, В.А. Едуков В.А.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Самарский государственный технический университет, Самара, Россия

**Аннотация** одной из актуальных проблем современного развития жилищного строительства является использование газоиспользующего оборудования на природном газе для нужд отопления, горячего водоснабжения и пищеприготовления. Для решения данной проблемы на территории РФ действует Постановление Правительства №1547 от 13 сентября 2021 года, которое редактируется 10-й год подряд и направлено на завершение газификации основной части потребителей РФ. Так как в настоящее время на законодательном уровне не закреплена перспектива подключения новых абонентов к проектируемой сети газораспределения, то в этой связи могут возникнуть проблемы у новых потребителей, которые захотят заключить договор на технологическое присоединение в будущем. В статье изложены два варианта исполнения договорных обязательств между газораспределительной организацией и заявителем по подключению к сети газораспределения объекта капитального строительства. В результате исследования показано, что предлагаемые мероприятия, позволяющие выполнить анализ перспективного подключения к сети газораспределения и направленные на уменьшение в будущем проведения дополнительных строительно-монтажных работ, будут способствовать увеличению развития сетей газопотребления и уменьшения сроков их подключения.

**Ключевые слова** газораспределение, газопотребление, заявитель, газораспределительная организация, договор, технологическое присоединение, абонент.

## PROBLEMS OF GAS CONSUMPTION NETWORKS DEVELOPMENT

Edukov D.A.<sup>1</sup>, V.A. Edukov V.A.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Samara State Technical University, Samara, Russia

**Annotation** one of the urgent problems of the modern development of housing construction is the use of gas-using equipment on natural gas for the needs of heating, hot water supply and food preparation. To solve this problem on the territory of the Russian Federation, Government Decree No. 1547 of September 13, 2021 is in force, which is being edited for the 10th year in a row and is aimed at completing the gasification of the main part of consumers in the Russian Federation. Since at present the prospect of connecting new subscribers to the planned gas distribution network is not

fixed at the legislative level, in this regard, problems may arise for new consumers who want to conclude a contract for technological connection in the future. The article outlines two options for fulfilling contractual obligations between a gas distribution organization and an applicant for connecting a capital construction facility to the gas distribution network. As a result of the study, it is shown that the proposed measures, which allow to analyze the prospective connection to the gas distribution network and aimed at reducing additional construction and installation work in the future, will help increase the development of gas consumption networks and reduce the time for their connection.

**Keywords** gas distribution, gas consumption, applicant, gas distribution organization, contract, technological connection, subscriber.

### **Введение**

Развитие газовой инфраструктуры является приоритетным направлением энергетического комплекса страны, направленное на обеспечение доступности природного газа и улучшение экологической обстановки [1,2,3,4].

После вступления в силу Постановление Правительства №1547 от 13 сентября 2021 года (далее ПП №1547) на территории Российской Федерации действуют новые правила подключения объектов капитального строительства к сети газораспределения [3,4]. До вступления в силу ПП №1547 заявители за свой счет выполняли мероприятия по созданию сети газораспределения, которые включали проектно-изыскательские, строительно-монтажные работы с восстановлением дорожного покрытия. В связи с этим развитие сетей газораспределения и газопотребления носило хаотичный характер ввиду отсутствия единой методики и средств, выделяемых из бюджета. После вступления ПП №1547 заявитель обязан выполнить только мероприятия по созданию сети газопотребления, включающие в себя выполнение проектных и строительно-монтажных работ внутри своего участка и объекта капитального строительства. При этом сетью газораспределения принято считать наружный газопровод, проложенный от точки подключения в существующий газопровод до границы земельного участка заявителя. А сетью газопотребления является наружный газопровод, проложенный от точки подключения на границе земельного участка до ввода в объект капитального строительства, внутренний газопровод и газоиспользующее оборудование.

### **Материалы и методы**

В настоящее время определены три категории договорных обязательств, градация которых происходит по расходу газа, удаленности границы земельного участка до точки подключения и давления газопровода. Рассмотрим порядок исполнения договорных



обязательств между газораспределительной организацией (далее ГРО) и заявителем, определенного ПП №1547 для первой категории. На первом этапе заявитель подает заявку на подключение к сети газораспределения своего объекта капитального строительства. По истечении определённого периода времени, зависящего от необходимости создания сети газораспределения до границы земельного участка заявителя, ГРО предлагает заявителю заключить договор о подключении к сети газораспределения со сроком исполнения 12 месяцев. Затем ГРО необходимо будет создать сеть газораспределения с давлением газа не выше среднего протяженностью по кратчайшему пути 200 метров от точки подключения до границы земельного участка. Мероприятия по созданию сети газораспределения включают в себя проектно-изыскательские работы и строительные-монтажные работы, оптимальный срок выполнения которых может составить 9 месяцев. Заявитель в течение этого периода выполняет мероприятия по строительству сети газопотребления, включающие в себя разработку проектной документации, выполнение строительных-монтажных работ с привлечением подрядной организации и приведение строительной готовности объекта капитального строительства к пуску газа.

Также следует отметить, что ПП №1547 направлено в первую очередь на развитие сетей газораспределения в тех районах, где есть техническая возможность подключения новых заявителей с расходом газа до 5 м<sup>3</sup>/ч и удалением от существующей сети газораспределения не более 200 м. Это связано с тем, что при таких условиях заключение договорных обязательств между ГРО и заявителем будет осуществляться по так называемой «льготной» 1-й категории договора на подключение, стоимость которого составит 42191 руб. в городской местности и 29605 руб. в сельской. Срок выполнения договорных обязательств по 1-й категории составляет от 10 рабочих дней до 12 месяцев. Если подключение производится к газопроводу, проложенному внутри участка заявителя, то срок подключения от 10 рабочих дней до 3-х месяцев в зависимости от давления в газопроводе. При строительстве сети газораспределения в сельской местности или отсутствии необходимости длительных согласований срок подключения не должен превышать 9 месяцев. Срок подключения не более 12 месяцев предусмотрен для строительства сетей газораспределения в городской черте при наличии согласований с эксплуатирующими организациями и администрацией городского округа.

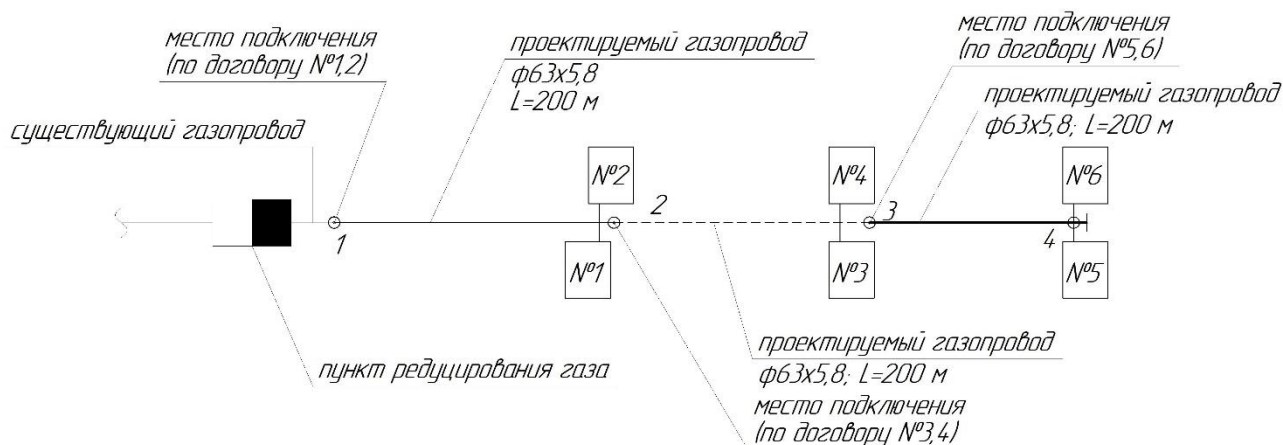
## **Результаты**

Для пояснения проблем, возникающих при развитии сетей газопотребления и влияющих на развитие уровня газификации региона, предлагается подробно рассмотреть два

варианта развития событий при выполнении договорных обязательств между ГРО и заявителем, заключенных по самой распространенной 1-й категории договора.

В первом варианте развития событий ГРО прокладывает сеть газораспределения на основании выполненной и утвержденной в установленном порядке проектной документации, например, протяженностью 200 погонных метров. При гидравлическом расчете ГРО не учитывает перспективу подключения дальнейших заявителей, ограничивая тем самым развитие сетей газопотребления в данном районе. Предположим, что при проектировании и строительно-монтажных работах прокладывается газопровод низкого давления диаметром 63 мм (рисунок 1). Из-за гидравлических потерь выше допустимого значения в 1200 Па [5] такая сеть газораспределения не сможет обеспечить дальнейшее развитие сетей газопотребления (таблица 1). Это приведет к тому, что к данной сети газораспределения смогут подключиться только соседи заявителя или сеть газораспределения возможно будет продлить последним этапом на определенное расстояние в зависимости от гидравлического расчета. В данном случае ГРО полностью выполняет свои договорные обязательства перед заявителем, заключающиеся в создании сети газораспределения, обеспечивающую потребность в виде 5 м<sup>3</sup>/ч. Также возможно будет к этой сети газораспределения подключить дополнительных потребителей с суммарным расходом газа до 30 м<sup>3</sup>/ч, то есть заключить ещё 5 договоров на подключение к данному газопроводу низкого давления. В результате проложенная сеть газораспределения обеспечит максимум 6 сетей газопотребления с суммарным потреблением 30 м<sup>3</sup>/ч и развитие сети газораспределения в данном районе будет приостановлено.

Последующим заявителям при обращении в ГРО будет предложено заключить договор по второй или третьей категории, так как точкой подключения будет газопровод на удалении более 200 м или придется реконструировать существующую сеть газораспределения для увеличения пропускной способности. Следует отметить, что стоимость договора по 1-й категории может быть ниже стоимости договора по 2-й или 3-й категории в десятки раз!



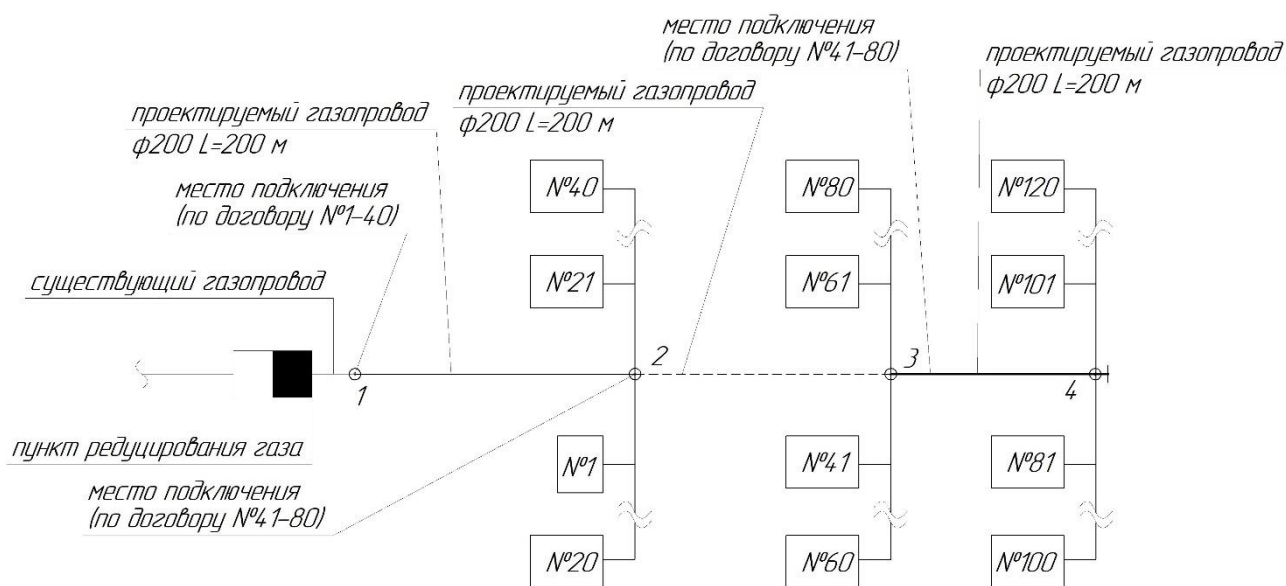
**Рисунок 1.** Первый вариант исполнения обязательств по строительству сети газораспределения

Таким образом, результатом первого варианта исполнения договорных обязательств между ГРО и заявителем на протяжении 3-х лет будет сеть газораспределения, которая не позволит подключать дополнительные сети газопотребления на льготных условиях заключения договора. Кроме того, всем желающим в дальнейшем подключиться к сети газораспределения будут предлагаться договоры, которые будут ставить под сомнение использование газоиспользующего оборудования в качестве единственного источника теплоты. Последующие заявители будут вынуждены искать альтернативные варианты теплоснабжения своих объектов капитального строительства при наличии в их районе существующей сети газораспределения.

**Таблица 1.** Результаты гидравлического расчета первого варианта.

№ участка	Р асход, м <sup>3</sup> /ч	Д лина, м	Внут ренний диаметр, мм	На чальное давление, Па	Ко нечное давление, Па	П отери, Па
	300	200	50	300	23	6
	200	200	50	232	19	3
	100	200	50	199	18	9
Сумма потерь						18
						100

Во втором варианте выполнения договорных обязательств между ГРО и заявителем на этапе проектирования предусматривается перспектива подключения в данном районе. Например, потенциальных заявителей можно выявить на основании данных публичной кадастровой карты, где число будущих заявителей будет равняться числу участков в радиусе действия газораспределительного пункта данного района (рисунок 2). Допустим, что на основании гидравлического расчета ГРО предусматривает дополнительно около 120 потенциальных заявителей в данном районе и развитие сети будет производиться также, как и в первом варианте, в два этапа со строительством при удалении от точки подключения не более 200 м. Развитие сети газораспределения в данном районе будет уже ограничиваться радиусом действия ГРП и допустимой величиной потерь в наружных сетях газоснабжения (таблица 2) [5]. В дальнейшем на протяжении 2 этапов строительства сети газораспределения можно будет подключить около 120 новых сетей газопотребления с максимальным часовым расходом  $5 \text{ м}^3/\text{ч}$  на каждую.



**Рисунок 2.** Второй вариант исполнения обязательств по строительству сети газораспределения

Прокладка сети газораспределения по территории общего пользования на основании действующих строительных правил рекомендуется подземным способом, поэтому ГРО может предусмотреть выходы газопровода из земли у общей границы смежных участков. Выполнение данного мероприятия позволит избавить ГРО в будущем от дополнительного выполнения строительного-монтажных работ и ускорить подключение вновь заявившихся абонентов, так как сроки подключения уже будут составлять не более 10 рабочих дней с момента подписания акта о готовности сети газопотребления.

Результаты гидравлического расчета в таблице 2 позволяют сделать вывод о возможности подключения на ответвлениях потребителей, состоящими из 20 абонентов, которые также на удалении до 200 м от перекрестка смогут без проблем подключаться к проектируемой сети газораспределения.

**Таблица 2.** Результаты гидравлического расчета второго варианта.

№ участка	Р асход, м <sup>3</sup> /ч	Д лина, м	Внут ренний диаметр, мм	На чальное давление, Па	Ко нечное давление, Па	П отери, Па
	6 00	2 00	163,6	300 0,0	24 76	5 24
	4 00	2 00	163,6	247 6	22 18	2 58
	2 00	2 00	163,6	221 8	21 41	7 7
Сумма потерь						8 59

Таким образом, второй вариант исполнения договорных обязательств, предусматривающий перспективу подключения сетей газопотребления, обеспечит увеличение количества сетей газопотребления в 20 раз и избавит от необходимости выполнения излишнего объёма строительно-монтажных работ при подключении заявителей вдоль проектируемой трассы. Разница в стоимости строительства сети газораспределения в первом и втором вариантах окупится большим количеством заключенных договоров на подключение и увеличением потребления природного газа в данном районе.

### **Заключения**

Постановление Правительства действует на территории Российской Федерации уже 10-й год и за это время была проделана большая работа по строительству наружных сетей газораспределения и подключению новых абонентов. При этом следует отметить, что Минэнерго до сих пор не разработало методические указания и рекомендации по реализации ПП №1547, направленные на увеличение количества сетей газопотребления в рамках действующего законодательства. При этом ГРО может различным образом выполнять

требования ПП №1547, которые будут весьма существенно сказываться на динамике роста числа потребителей газа и, соответственно, сетей газопотребления.

Исходя из вышеизложенного можно сделать вывод о том, что при реализации мероприятий по подключению согласно ПП №1547 необходимо учитывать перспективу подключения новых сетей газопотребления и выполнять мероприятия для сокращения строительного-монтажных работ при подключении новых заявителей в будущем. При выполнении вышеперечисленных рекомендаций будут уменьшены сроки исполнения договорных обязательств и газоиспользующее оборудование на природном газе будет являться основным источником теплоты для нужд отопления, горячего водоснабжения и пищевого приготовления жилого фонда.

### **Библиография**

1. Тарасов И. Эксперты назвали газ топливом будущего // Российская газета : сайт. – Опубликовано 13.12.2017 – URL: <https://rg.ru/2017/12/13/eksperty-nazvali-gaz-toplivom-budushchego.html> (дата обращения: 20.11.2022).

2. Едуков, Д. А. Перспективы развития сетей газораспределения после принятия постановления правительства РФ № 1314 от 30.12.2013 / Д. А. Едуков, Н. А. Новопашина, В. А. Едуков // Традиции и инновации в строительстве и архитектуре. Строительные технологии : сборник статей / Самарский государственный архитектурно-строительный университет; под ред. М.И. Бальзанникова, К.С. Галицкова, А.К. Стрелкова. – Самара : Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Самарский государственный архитектурно-строительный университет", 2016. – С. 364-369. – EDN VVKOML.

3. Воздвиженская А. Как проходит программа газификации российских регионов // Российская газета : сайт. – Опубликовано 20.06.2018 – URL: <https://rg.ru/2018/06/20/kak-prohodit-programma-gazifikacii-rossijskih-regionov.html> (дата обращения: 20.11.2022).

4. Воздвиженская А. Регионы начнут в ускоренном темпе подключать дома к газу // Российская газета : сайт. – Опубликовано 24.07.2018 – URL: <https://rg.ru/2018/07/24/regiony-nachnut-v-uskorennom-tempe-podkliuchat-doma-k-gazu.html> (дата обращения: 20.11.2022).

5. Проектирование городских и поселковых распределительных систем газоснабжения [Электронный ресурс]: учебное пособие / сост. В. Н. Мелькумов [и др.]. — Электрон. текстовые данные. — Воронеж : Воронежский государственный архитектурно-строительный университет, ЭБС АСВ, 2015. — 49 с. — 2227-8397. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/55056.html>

## ШУМ ОТ ВЕНТИЛЯЦИОННОГО ОБОРУДОВАНИЯ В ЖИЛЫХ ЗДАНИЯХ

Иванова А.О.<sup>1</sup>, Абрамкина Д.В.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Национальный исследовательский университет «Московский государственный строительный университет», Москва, Россия.

**Аннотация** в последние годы поступает большое количество жалоб от жителей на повышенный шум в межквартирном коридоре и жилых пространствах от вентиляционного оборудования. Поэтому вопрос формирования шума в вентиляционных системах и механическом оборудовании требует особого внимания. Необходимо провести ряд исследований: анализ отечественных и зарубежных документов по нормированию шума, измерение шума в местах общего пользования, проведение расчетов проникающего шума в жилые помещения на основе полученных измерений, выявление нормативных шумовых характеристик для данных пространств и проведение мероприятий по уменьшению шума в вентиляционной сети.

**Ключевые слова:** шум, уровень звукового давления, вентиляция, механическая вентиляция, акустические характеристики.

## NOISE FROM VENTILATION EQUIPMENT IN RESIDENTIAL BUILDING

Ivanova A, O<sup>1</sup>, Abramkina D.V<sup>1</sup>.

<sup>1</sup>National Research University "Moscow State University of Civil Engineering", Moscow, Russia

**Abstract** a lot of questions about the rationing of the noise in internal rooms in residential buildings are arisen in few years. Therefore, the question about study of noise generation in ventilation system and mechanical equipment requires detailed research. For the study the question is necessary to do some research: analysis of foreign articles of noise regulation, measurement of noise in the inter-corridor and residential spaces, doing some calculations based on researching measurements, identification of normative noise characteristics for measurement data and carrying out measurements on noise measurement in the ventilation.

**Keywords** noise, level of sound pressure, ventilation, mechanical ventilation, acoustic characteristics.

## Введение

В настоящее время нет четких рекомендаций в нормативно-технической литературе по нормированию шума в России для механических систем вентиляции в строящихся жилых комплексах. В таблице 1 приведены данные по нормированию уровней звукового давления в различных странах и РФ (только для жилых комнат). Допустимые уровни шума в дневное время жилых квартир от инженерного оборудования согласно СП 51.13330.2011, принимаются на 5 дБ (дБ(А)) ниже значений, указанных в таблице 1.

**Таблица 1.** Нормируемые уровни звукового давления в различных странах

Страна	№ *	Время суток, ч	Уровни звукового давления (дБ) в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц									Эквивалентный уровень звука, дБ(А)
			31.5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Россия СП 51.13330.20 11	1	7.00-23.00	79	63	52	45	39	35	32	30	28	40
		23.00-7.00	72	55	44	35	29	25	22	20	18	30
США [1]	1	Весь день	71	58	49	42	37	32	30	29	28	35
	2	день	78	60	53	45	41	48	35	34	32	40
Индия [2]	1	6.00-22.00	83	70	63	55	50	45	42	40	39	55
		22.00-6.00	79	63	52	44	40	35	32	30	28	45
Китай [3]	1	6.00-22.00	79	63	52	44	40	35	32	30	28	45
		22.00-6.00										
	3	6.00-22.00	79	63	52	44	40	35	32	30	28	45
		22.00-6.00	74	57	45	37	30	25	22	20	18	35



\* - где номер означает назначение помещений или территорий: 1 – жилые комнаты квартир; 2 – душевые, кухни, санузлы; 3 – спальня.

Результаты исследований, проведенных в Европе и Северной Америке, отмечают, что жители, чтобы не подвергаться шумовому воздействию, отключают механическую вентиляцию [4]. Но при этом низкое качество воздуха может оказывать значительное негативное воздействие на самочувствие и здоровье жильцов [5].

В настоящее время вопрос поиска оптимальных решений для снижения уровней звукового давления в вентиляционных установках многоэтажных жилых домов является актуальной научной задачей.

### **Материалы и методы**

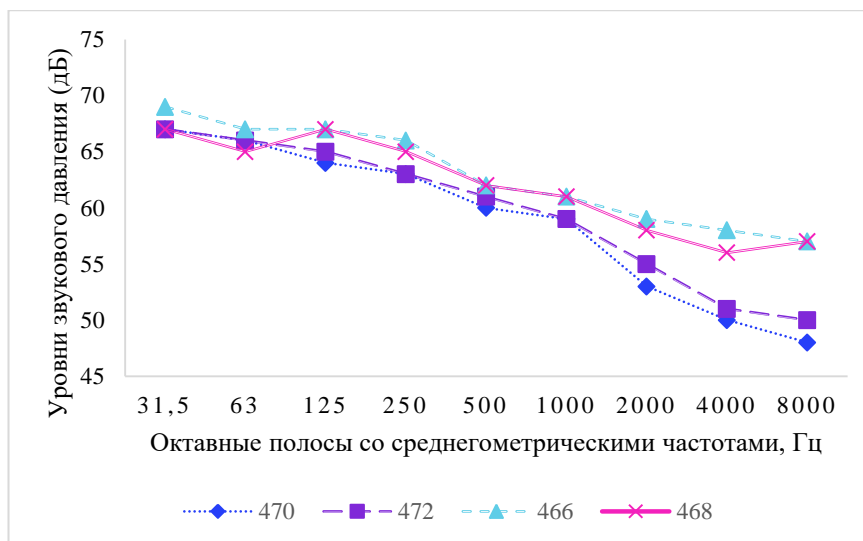
Целью исследования является проведение оценки уровня проникающего корпусного шума от систем механической вентиляции в межквартирных коридорах жилых зданий и в квартирах последнего этажа трехсекционного жилого дома с дневное и ночное время.

Для жилой части здания были запроектированы системы вытяжной механической вентиляции с естественным притоком. Подача воздуха в помещение осуществляется через окна и форточки. Удаление загрязненного воздуха осуществляется через вытяжные воздуховоды кухонь и санитарных узлов с выпуском воздуха в сборный вертикальный канал, и далее через кровлю крышным вентилятором на улицу. Для квартир последнего этажа предусматриваются отдельные системы, оборудованные канальными вентиляторами, размещенными в техническом пространстве над лестнично-лифтовым холлом.

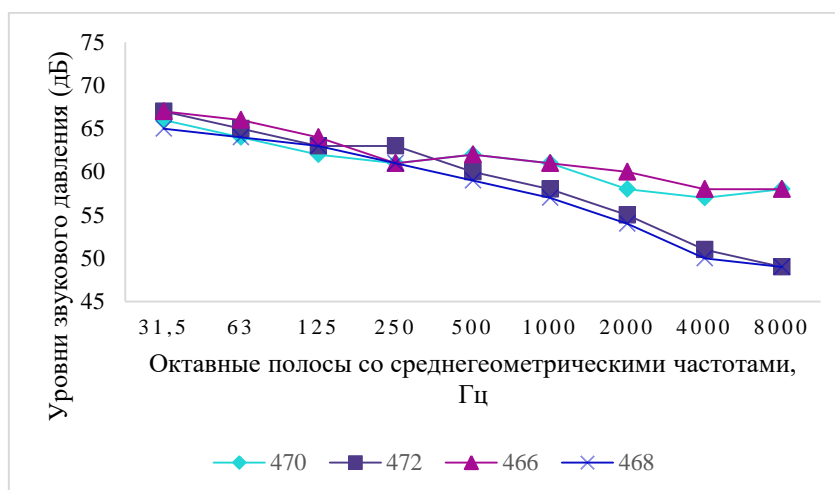
Измерение уровней звукового давления в межквартирных коридорах (у дверей квартир последнего этажа) при работе вентиляционного оборудования производилось с помощью шумомера Testo 816-2 и ОКТАВА-111 для измерений при выключенном оборудовании, при совместной работе вент. оборудования, при работающих крышных вентиляторах, при работающих осевых вентиляторах, установленных на последнем этаже.

### **Результаты**

На рисунках 1–2 представлены результаты измерений в межквартирном коридоре последнего этажа корпуса 1 в дневное и ночное время.

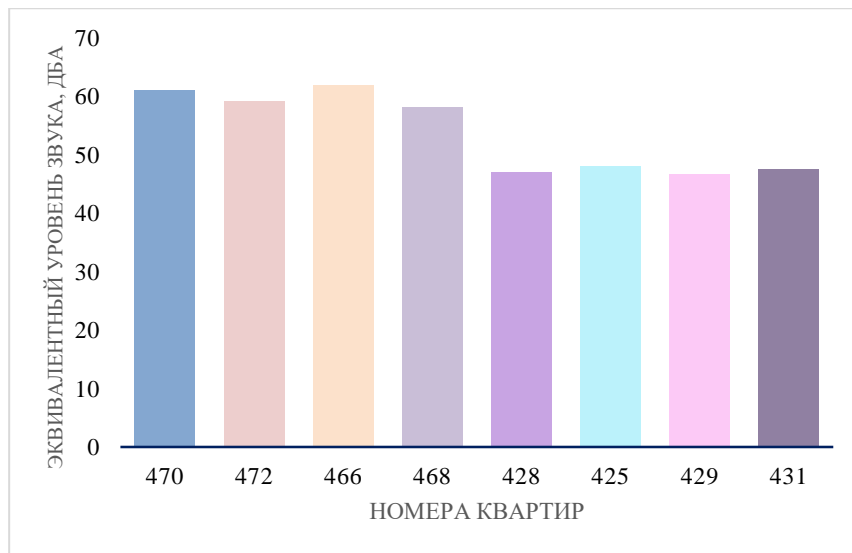


**Рисунок 1.** График измерений, проводившихся в дневное время напротив квартир 470, 472, 466, 468 в многоквартирном корпусе №1



**Рисунок 2.** График измерений, проводившихся в ночное время напротив квартир 470, 472, 466, 468 в многоквартирном корпусе №1

По результатам натурных исследований было выявлено, что эквивалентные уровни звука в дневное и ночное время суток превышают 40 дБ(А) для каждой контрольной точки измерений (Рисунок 3).



**Рисунок 3.** Эквивалентные уровни звука в межквартирном коридоре в ночное время

Наибольшие уровни звукового давления были выявлены у квартиры-студии № 466. Для определения ожидаемых уровней шума в жилых помещениях, проникающего через отдельные элементы ограждений, для дальнейшего расчета была выбрана комната, имеющая общую стену с межквартирным коридором. Расчет был проведен в соответствии с методикой [6].

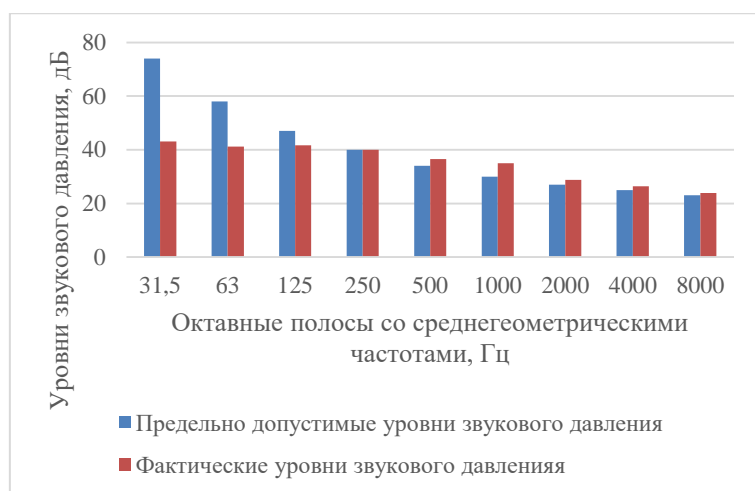
Уровни шума, проникающего через внутренние ограждения межквартирного коридора в жилую комнату студии,  $L_{ui}$ , дБ, определяется по формуле:

$$L_{ui} = L_p - 10 \lg B_{ui} - 10 \lg B_u + 10 \lg S_i - R_i + 6, \quad (1)$$

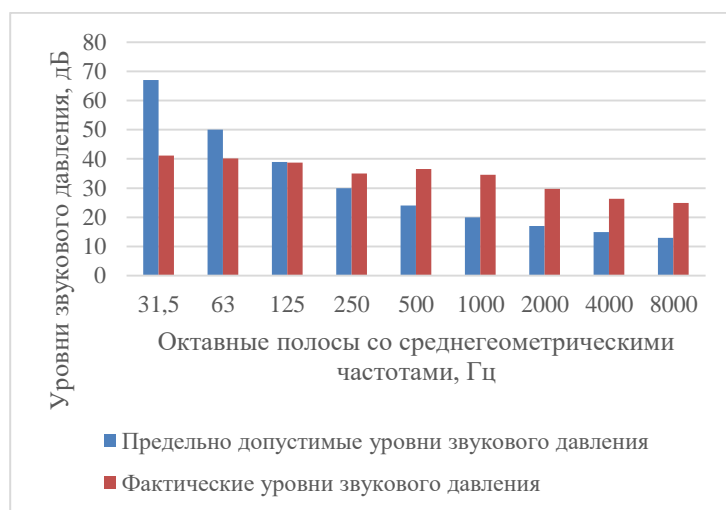
$L_{ui}$  – измеренный уровень звуковой мощности в межквартирном коридоре при совместной работе вентиляционного оборудования, дБ;  $B_{ui}$  и  $B_u$  – постоянные шумного помещения (коридора) и изолируемого помещения (жилая комната студии);  $S_i$  – площадь смежного ограждения, через которое шум проникает в квартиру;  $R_i$  – звукоизолирующая способность смежного ограждения.

Результаты расчетов представлены на графике (Рисунки 4–5).

Выбор месторасположения вентиляционного оборудования играет ключевую роль в создании благоприятной акустической обстановки в жилых зданиях [7]. Было выявлено, что начиная с октавной полосы со среднегеометрической полосой 250, наблюдаются превышения нормируемых уровней звукового давления в дневное и ночное время. Для снижения проникающего шума от вентиляционных установок, обслуживающих квартиры последнего этажа, рекомендуется перенос вентиляторов из технического пространства над лифтовым холлом на кровлю здания.

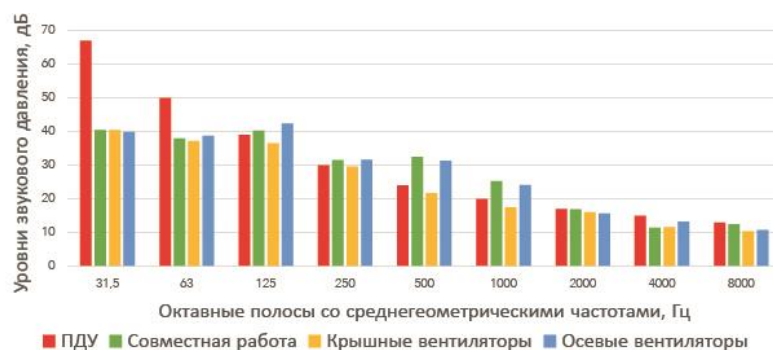


**Рисунок 4.** Результаты расчетов проникающего шума от вентиляционного оборудования в жилую комнату квартиры № 466 в дневное время

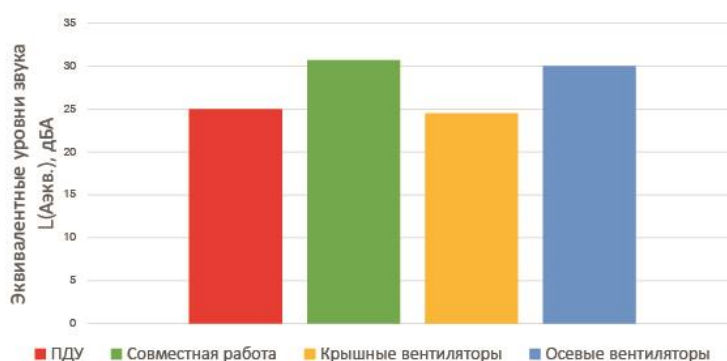


**Рисунок 5.** Результаты расчетов проникающего шума от вентиляционного оборудования в жилую комнату квартиры № 466 в ночное время

По результатам полученных расчетов и теоретических исследований нормативно-технических документов разных стран, можно сделать вывод, что поддержание уровней звукового давления в местах общего пользования в размере 40 дБ(А) и менее позволит исключить формирование повышенного проникающего шума от вентиляционного оборудования.



**Рисунок 6.** Уровни звукового давления от вентиляционного оборудования в квартире-студии в ночное время



**Рисунок 7.** Эквивалентные уровни звука от вентиляционного оборудования в квартире-студии в ночное время

Ошибки при монтаже вентиляционных систем являются одной из основных причин шумового загрязнения помещений. Кроме того, многочисленные социологические исследования [8] показывают, что большинство жителей многоквартирных домов не довольны уровнем звукоизоляции ограждающих конструкций, как в монолитных зданиях, так и в сооружениях облегченной конструкции. Было выявлено, что около 45 % составляют жалобы на шум от инженерного и технологического оборудования зданий. Зачастую устранение проблем, связанных с шумом от инженерных систем на стадии эксплуатации здания, представляют собой сложные и дорогостоящие операции, поэтому проведение акустических расчетов и замеров уровней шума является обязательным условием, позволяющим снизить риски.

Проведение строительного контроля при монтаже систем вентиляции многоквартирных жилых домов позволило выявить основные проблемы:

1. Герметичность вентиляционной системы: отсутствие прокладок в межфланцевых соединениях, что приводит также к повышению потерь давления аэродинамической сети и энергопотреблению вентиляторов [9].

2. Пережатие гибких вставок в узле подключения вентиляторов последнего этажа, являющимся искусственным препятствием на пути движения воздушного потока, что приводит к возникновению сложных турбулентных течений в воздуховодах [10].

3. Отсутствие жесткого крепления вентиляторов и воздуховодов, что приводит к формированию вибраций и шума, распространяющегося по строительным конструкциям.

4. Отсутствие заделки технических отверстий, что явилось основной причиной повышенных уровней шумового загрязнения в помещениях межквартирных коридоров, и как следствие, в жилых комнатах квартир-студий, расположенных на последнем этаже.

5. Применение самодельных отводов, тройников и врезок вместо заводских и проектных решений.

6. Некорректный монтаж виброопор вентиляторов.

При устранении данных проблем уровень проникающего шума в квартиры из коридоров стал соответствовать нормативным значениям.

## **Заключения**

Шумовое загрязнение представляет собой угрозу для здоровья и благополучия человека и является серьезной проблемой в крупных городах по всему миру. Масштаб этого кризиса увеличивается с каждым годом вследствие роста численности населения, урбанизации и внедрения все более мощных, разнообразных и мобильных источников шума. Чрезмерное воздействие шума раздражает, вызывает стресс и накопленную усталость, ослабляет способность к общению и снижает работоспособность.

По результатам натуральных исследований было выявлено, что эквивалентные уровни звука в межквартирных коридорах жилого здания в дневное и ночное время суток превышают 40 дБ(А) для каждой контрольной точки измерений. Начиная с октавной полосы со среднегеометрической полосой 250, наблюдаются превышения проникающих шумов от вентиляционного оборудования в жилых комнатах квартир-студий, расположенных на последних этажах.

Проведение акустических расчетов на стадии проектирования и контроль уровня шума от вентиляционного оборудования в период сдачи объекта в эксплуатацию являются необходимой мерой при строительстве многоэтажных жилых зданий. Основными причинами формирования повышенных уровней звукового давления в помещениях межквартирных коридоров являлись некачественные монтажные работы вентиляционных систем.

## Библиография

1. American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineer. Pocket Guide for Air Conditioning, Heating, Ventilation, Refrigeration. USA: ASHRAE, 2014. 340 p.
2. Chauhan A. Study of noise pollution level in different places of Haridwar and Dehradun city (India) // Environment Conservation Journal. 2008. Vol. 9 (3). Pp. 21-25.
3. Yan G., Wu W., Lin J., Xu C., Zhao Q. Revision of Chinese national standard GB 50118 - Code for design of sound insulation of civil buildings // PROCEEDINGS of the 23rd International Congress on Acoustics 9 to 13 September 2019 in Aachen, Germany. 2019. Pp. 341-345.
4. Harvie-Clark J. Siddall M. Problems in residential design for ventilation and noise // Proceedings of the Institute of Acoustics. 2013. Vol. 35 (1). Pp. 74-87.
5. Harvie-Clark J., Conlan N., Wei W., Siddall M. How loud is too loud? Noise from domestic mechanical ventilation systems // International Journal of Ventilation. 2019. Vol. 18 (4). Pp. 303-312.
6. Г.Н. Катунин. Акустика помещений: учебное пособие. Саратов: Издательство «Вузовское образование». 2017. 191 С.
7. NVW Editorial Staff. Noise reduction in ventilation systems // Noise & Vibration Worldwide. 2018. Vol. 49 (3). Pp. 96-98. DOI: 10.1177/0957456518763260
8. Hongisto V., Mäkilä M., Suokas M. Satisfaction with sound insulation in residential dwellings – The effect of wall construction // Building and Environment. 2015. No. 85. DOI: 10.1016/j.buildenv.2014.12.010
9. Болوماتов В.Н. Герметичность воздуховодов: проблемы и решения // АВОК: Вентиляция, отопление, кондиционирование воздуха, теплоснабжение и строительная теплофизика. 2017. № 6. С. 38–47.
10. Кожевникова Н.А., Шевкун Н.А., Драный А.В., Цымбал А.А., Трубилин Е.И., Коновалов В.И. Анализ характера распределения основных параметров воздушного потока в воздуховодах // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2020. № 161. С. 282–289.

## ДИНАМИЧЕСКИЙ ШАГ ИТЕРАЦИИ ПРИ ВЫБОРЕ КОНФИГУРАЦИИ ГАЗОРАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЕЙ

**Клочко А.К.<sup>1</sup>, Цап Н.Р.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Национальный исследовательский университет «Московский государственный строительный университет», Москва, Россия.

**Аннотация** с увеличением темпов газификации растет спрос на проектно-изыскательские работы, в рамках которых определяется конфигурация газораспределительной сети. Рациональную конфигурацию газораспределительной сети можно подобрать с помощью метода итерационного поиска. В работе приведен пример упрощения процесса итерационного поиска с помощью изменения шага итерации.

**Ключевые слова:** газ; газораспределительная сеть; газопровод.

## DYNAMIC ITERATION STEP WHEN SELECTING THE CONFIGURATION OF GAS DISTRIBUTION NETWORKS

**Klochko A.K.<sup>1</sup>, Tsap N.R.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>National Research University "Moscow State University of Civil Engineering", Moscow, Russia

**Abstract** with an increase in the rate of gasification, the demand for design and survey work, in which the configuration of the gas distribution network is determined, is increasing. The rational configuration of the gas distribution network can be selected using an iterative search method. The work gives an example of simplification of the iterative search process by changing the iteration step.

**Keywords:** gas; gas distribution network; gas pipeline.

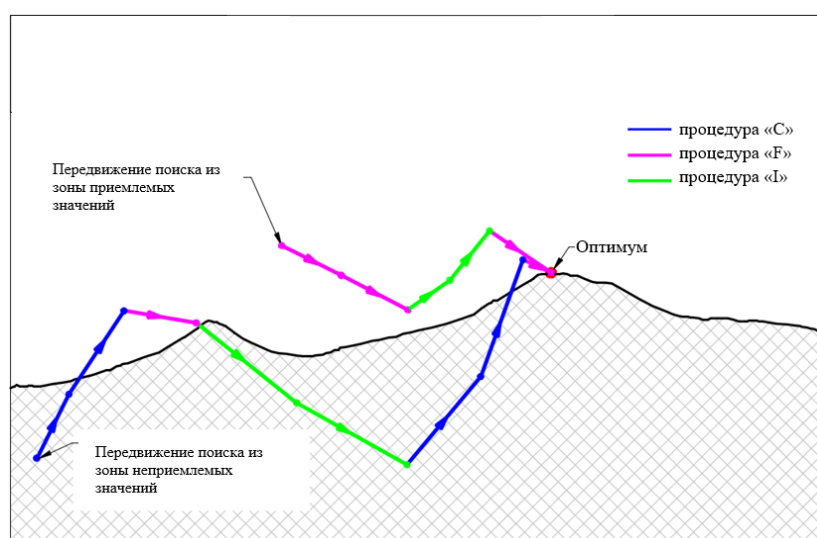
### **Введение**

В настоящий момент существует множество методов подбора конфигурации газораспределительной системы. Использование итерационного метода при выборе конфигурации газораспределительных сетей является одним из перспективных, так как указанный метод имеет большие возможности в контексте использования исходных данных для проектирования. Однако для больших массивов данных необходимо оптимизировать процесс математического аппарата.



## Материалы и методы

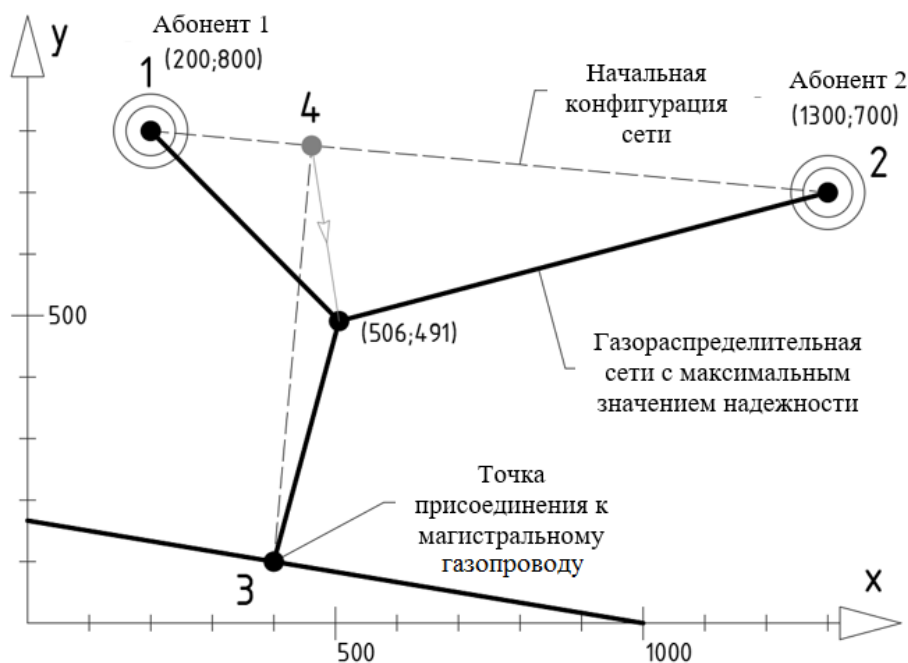
Поиск рациональной конфигурации газораспределительной сети можно осуществить с помощью метода итерационного поиска. Математический аппарат этого алгоритма представляет собой последовательность процедур "С" - "F" - "I". Математическая процедура "С" позволяет максимально быстро переместить точку поиска решения из области неприемлемых решений в область приемлемых решений. Процедура "F" перемещает точку поиска решения из области допустимых решений к границе допустимых решений. Процедура "I" перемещает точку поиска решения от границы допустимых решений в область недопустимых решений или в область допустимых решений (необязательно). Схематично движение поиска рационального решения показано на рис. 1.



**Рисунок 1.** Схема поиска оптимума в соответствии с процедурами «С» - «F» - «I»

Чтобы продемонстрировать важность рассмотренного метода получения конфигураций газораспределительной сети, представлена схема подачи природного газа паре абонентов, показанную на рис. 2.

С целью исследования целесообразности изменения шага итерации для получения конфигурации газораспределительной сети на рис. 2 представлена произвольная схема подключения абонентов - точки «1», «2» к магистральному газопроводу в точке «3». В качестве основного параметра подбора конфигурации газораспределительной сети принят показатель надежности.



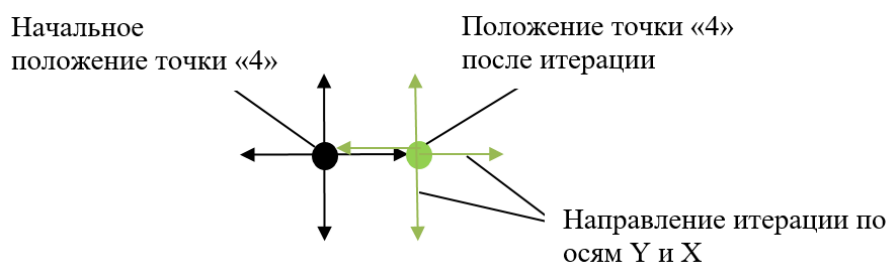
**Рисунок 2.** Конфигурация рассматриваемой газораспределительной сети

Интересующее нас решение находится в диапазоне координат для «х» от 200 до 1300, а для «у» от 100 до 800. В сумме мы получаем прямоугольник с размерами 1100 x 700 метров.

При расчете значений показателя надежности газораспределительной сети в каждом метре указанного диапазона, количество решений, которое нам потребуется сделать, будет равно:  $1101 \cdot 701 = 771801$ . Это слишком трудоемко. При шаге в 10 метров - 7881 решение. Но при этом значение максимальной надежности может попасть в диапазон выбранного шага. Проведя 7881 решение задачи, мы получаем координаты точки 4 (510;490) с максимальным показателем надежности сети.

При использовании метода итерационного поиска (процедуры «С» - «F» - «I») с шагом итерации равным 10 метров выполняются 136 вычислений для достижения той же точки с координатами (510;490).

Однако в настоящее время в методе итерационного поиска имеются недостатки. Визуализация математического процесса без изменения шага итерации метода итерационного поиска значений точки «4» представлена на рис. 3.



**Рисунок 3.** Визуализация математического процесса метода итерационного поиска

Как видно из рис. 3 в процессе поиска значений максимальной надежности газораспределительной системы при использовании координат точки «4» имеет место повторений решений. То есть процесс итерационного поиска при каждом новом значении надежности газораспределительной системы делает 25% повторений.

Для решения этой проблемы необходимо ввести динамический шаг поиска. В случае, когда рассматривается обратное направление полученного значения необходимо уменьшать шаг итерации. Тогда у нас будет возможность получения значений в промежутке между начальным положением точки «4» и положением точки «4» после итерации.

### Результаты

В табл. 1 показано использование алгоритма изменения шага итерации, представляющего собой логические выражения, зависящие от выбранных координат точки «4» при наибольшем значении показателя надежности.

**Таблица 1.** Расчетные параметры различных конфигураций газораспределительных сетей при динамическом шаге итерации

шаг	количество итераций	количество расчетов	x	y	$R_{sist}, \%$	$\Delta R_{sist}, \%$
200	0	-	460	780	99,1103753137603	0,0625463
100	1	4	460	580	99,1670626421701	0,0058590
80	2	8	460	480	99,1707821471421	0,0021395
20	3	12	540	480	99,1719099851864	0,0010117
20	4	16	520	480	99,1727023486967	0,0002193
16	5	20	500	480	99,1728049239943	0,0001167
10	6	24	500	496	99,1728729788030	0,0000487
8	7	28	510	480	99,1728732956853	0,0000283
5	8	32	510	488	99,1729067697436	0,0000149

шаг	количество итераций	количество расчетов	x	y	$R_{sist}$ , %	$\Delta R_{sist}$ , %
4	9	36	505	488	99,1729139909857	0,0000077
2,5	10	40	505	492	99,1729191555328	0,0000025
0,625	11	44	507,5	492	99,1729199550939	0,0000017
0,8	12	48	506,88	492	99,1729207801521	0,0000009
0,625	13	52	506,88	491	99,1729214657144	0,0000002
0,15625	14	56	506,25	491,2	99,1729215522275	0,0000001
0,16	15	60	506,41	491,2	99,1729215947534	0,0000000
0,04	16	64	506,41	491,04	99,1729216301326	0,0000000
0,03125	17	68	506,41	491	99,1729216341190	0,0000000
0,01563	18	72	506,44	491	99,1729216381842	0,0000000

Отклонение показателя надежности от базового значения (за базу принято итоговое значение надежности, полученное при получении координат 510;490 точки «4» методом итерационного поиска).

Как мы видим, уже на 15 итерации отклонение показателя надежности от базового значения минимально.

В перспективе, возможно, оптимизировать представленный алгоритм с помощью выбора начального значения координат точки «4» и корректировки изменения шага итерации. Однако даже сейчас использование полученного алгоритма позволяет проводить расчеты без ручной корректировки шага итерации.

### **Заключения**

В работе отражены плюсы использования динамического шага итерации при выборе конфигурации газораспределительных сетей. Использование динамического шага итерации с применением логических функций позволяет автоматизировать процесс поиска точки разветвления газораспределительной сети. Уменьшается трудоемкость определения максимального показателя надежности газораспределительной системы, а также сокращается количество ошибок при ручной корректировке шага итерации.

## Библиография

1. Энергетическая стратегия России на период до 2035 года. URL: <https://static.government.ru/media/files/w4sigFOiDjGVDYT4IgsFpssm6mZRb7wx.pdf>.
2. СП 62.13330.2011\* Газораспределительные системы. Актуализированная редакция  
СНиП 42-01-2002 (с Изменениями № 1, 2, 3). URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200084535>.
3. Жила В.А. Газоснабжение : учебник. – Москва : АСВ, 2014. 368 с.
4. Ключко, А. К. Разработка концепции рационального проектирования газораспределительных сетей методом итерационного поиска: диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Ключко Алексей Константинович ; Научно-исследовательский институт строительной физики Российской академии архитектуры и строительных наук. – Москва, 2016.
5. Лактюнькин А.В. Выбор степени кольцевания газораспределительной сети высокого давления для среднего населенного пункта. – Москва, 2018.

# НАТУРНЫЙ ЭКСПЕРИМЕНТ ПО ИЗМЕРЕНИЮ ТЕМПЕРАТУРЫ НАГРЕВА ПОВЕРХНОСТИ ФАСАДА ОТ СОЛНЕЧНОЙ РАДИАЦИИ

Е.В.Коркина<sup>1</sup>, Н.Ю.Плющенко<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Национальный исследовательский университет «Московский государственный строительный университет», Москва, Россия.

**Аннотация** в настоящей работе рассматривается определение температуры нагрева от солнечной радиации наружной поверхности стены. Измеренная температура нагрева фасада сопоставляется с рассчитанной по формуле А.М. Шкловера. Показано, что формула Шкловера справедлива для любых условий облучения при почасовом расчёте.

**Ключевые слова:** ограждающая конструкция, солнечная радиация, температура нагрева, фасад.

## EXPERIMENT IN NATURAL CONDITIONS ON MEASURING THE TEMPERATURE OF THE HEATING OF THE FACADE FROM SOLAR RADIATION

E.V.Korkina<sup>1</sup>, N.Y.Plyushchenko<sup>1</sup>

<sup>1</sup>National Research University "Moscow State University of Civil Engineering", Moscow, Russia

**Annotation** in this paper, we consider the determination of the heating temperature from solar radiation of the outer surface of the wall. The measured heating temperature of the facade is compared with the one calculated according to the formula of A.M. Shklover. It is shown that Shklover's formula is valid for any irradiation conditions with an hourly calculation.

**Keywords:** Enclosing structure, solar radiation, heating temperature, facade.

### Введение

При учете теплопередачи нестепрозрачных конструкций в летних условиях для некоторых зон РФ возможно достичь эффекта энергосбережения за счет экономии энергии на кондиционировании при обеспечении теплового комфорта в помещении. Работ, рассматривающих расчетное или экспериментальное определение температуры нагрева наружной поверхности стен или кровли, не так много. В настоящей работе рассматривается определение температуры нагрева фасада в натуральных условиях.

## Материалы и методы

Исследуемая стена, выполненная в виде системы фасадной теплоизоляционной композиционной (СФТК). Система смонтирована на стену, выполненную из кладки из силикатного кирпича, ориентирована на юг и находится в застройке типа «замкнутый двор», что обеспечивает частичное облучение и частичное ее затенение в течение светового дня. Наружная поверхность исследуемой стены покрыта тонким штукатурным слоем, на внутренней и наружной поверхности которого вмонтированы три пары датчиков температуры. Датчики вмонтированы на высоте примерно 2 м от подстилающей поверхности во избежание влияния влаги, поступающей от поверхности земли, и затенения объектами, не относящимися к застройке.

В данной работе зависимость температуры нагрева фасада от поступающей солнечной радиации определяется формулой А.М. Шкловера [2] для каждого часа светового дня:

$$t_{\text{н}}^{\text{усл}} = t_{\text{н}} + \frac{I^{\text{вср}} \cdot \rho}{\alpha_{\text{н}}}, \quad (1)$$

Рассмотрим порядок определения указанных величин:

1) Температура нагрева наружной поверхности стены,  $t_{\text{н}}^{\text{изм}}$ , °С, выполненной по системе фасадной теплоизоляционной композиционной (СФТК), находящейся в застройке, и температура воздуха на выносе под козырьком,  $t_{\text{н}}$ , °С, измерялись за период наблюдений 30 дней. Измерения проводились на оборудовании НИИСФ РААСН прибором ИТП-МГ 4.03/20(1) «ПОТОК» с интервалом не менее 15 минут.

2) Суммарная радиация  $I^{\text{вср}}(x, y)$ , поступающая на исследуемый участок стены за один час, рассчитывалась как, Вт/м<sup>2</sup>:

$$I^{\text{вср}}(x, y) = S^{\text{вср}}(x, y) + D^{\text{вср}}(x, y), \quad (2)$$

При этом прямая  $S^{\text{вср}}(x, y)$ , Вт/м<sup>2</sup>, и рассеянная  $D^{\text{вср}}(x, y)$ , Вт/м<sup>2</sup>, солнечная радиация, поступающая на вертикальную поверхность рассматриваемой стены с учетом затенения застройкой с использованием экспериментально полученных данных. Этими данными являются значения прямой,  $S^{\text{гор}}(t_{\odot})$ , МДж/м<sup>2</sup> за час, и рассеянной  $D^{\text{гор}}(t_{\odot})$ , МДж/м<sup>2</sup> за час, солнечной радиации, поступающей на горизонтальную поверхность, по часам истинного солнечного времени  $t_{\odot}$ . Также проводилась фиксация облачности в баллах. Измерения проводились в Метеорологической обсерватории кафедры метеорологии и климатологии географического факультета Московского Государственного университета имени М.В.Ломоносова (МО МГУ).

3) Коэффициент поглощения солнечной радиации  $\rho$  рассчитывался исходя из предположения, что проходящая составляющая солнечного излучения отсутствует, поэтому необходимо определить только коэффициент отражения финишного покрытия исследуемой стены с СФТК. Для этого были проведены измерения коэффициента отражения согласно [1] на оборудовании НИИСФ РААСН – спектрофотометре СФ 256 УВИ с приставкой ПДО-7 и спектрофотометре СФ-256 БИК с приставкой ПДО-8 (абсолютная погрешность измерений  $\pm 0,25-1,0\%$ ), его величина составила 0,67. Коэффициент поглощения солнечной радиации  $\rho$  при отсутствии проходящей составляющей, рассчитывается как:

$$\rho = 1 - 0,67 = 0,33, \quad (3)$$

Период наблюдений разделен по дням на три группы в зависимости от баллов облачности и, соответственно, условий облучения прямой радиацией.

1. Дни с безоблачным небом и с незначительной облачностью. В эти дни прямая радиация практически или вообще не затеняется облаками, всего 6 дней.

2. Дни, в которые наблюдается облачность с просветами и средняя облачность. В эти дни прямая радиация частично затеняется, частично присутствует, всего 16 дней.

3. Дни со сплошной облачностью. В эти дни прямая радиация отсутствует, всего 8 дней.

Для проведения сопоставления измеренная температура нагрева стены усреднялась для всех пар датчиков за каждый час каждого дня измерений, т.е. для каждого часа и каждого дня получилось значение  $t_{\text{н}}^{\text{изм}}$ . Также, произведено вычисление  $t_{\text{н}}^{\text{ysl}}$  по формуле (1). Затем для каждого часа каждого дня рассчитаны разности температур ( $t_{\text{н}}^{\text{изм}} - t_{\text{н}}^{\text{ysl}}$ ) и произведено вычисление средней разности для каждого часа каждой группы дней:

$$\bar{\delta} = \frac{\sum_1^{n_i} (t_{\text{н}}^{\text{изм}} - t_{\text{н}}^{\text{ysl}})}{n_i} \quad (4)$$

$n_i$  – количество дней в  $i$ -ой группе.

## Результаты

Результаты вычислений по формуле (4) представлены в таблице 1.

**Таблица 1.** Средняя разность измеренной и рассчитанной температуры для трех групп дней измерений.

Время суток, ч	Средняя разность измеренной и рассчитанной температуры, $\bar{\delta} = (t_{\text{н}}^{\text{изм}} - t_{\text{н}}^{\text{ysl}}), \text{ }^{\circ}\text{C}$		
	Дни группы №1, $n_i = 6$	Дни группы №2, $n_i = 16$	Дни группы №3, $n_i = 8$



7	-2,3	-1,6	-0,8
8	-0,9	-1,1	-0,6
9	-0,4	-0,3	-0,2
10	0,3	-0,2	-0,1
11	0,7	-0,1	0,4
12	0,8	0,2	0,0
13	1,3	0,3	0,1
14	0,9	-0,1	-0,2
15	1,6	0,5	-0,4
16	0,4	-0,2	-0,4
17	-0,2	-0,3	-0,3

При рассмотрении по группам, можно сказать, что интенсивность поступающей солнечной радиации невысока в утренние и вечерние часы, поэтому рассчитанная температура оказывается выше измеренной (см.табл.1). При увеличении интенсивности поступающей солнечной радиации в дневные часы, измеренная температура выше рассчитанной. Для группы дней со сплошной облачностью (группа 3) средняя разность мала. Влияние прямой радиации выражается тем, что для дней первой группы средние разности больше, чем для второй группы, а для второй больше, чем для третьей группы. Однако, для всех трех групп средняя разность не превышает 1,6 °С, что является небольшой величиной.

### **Заключение**

Таким образом, расчеты температуры нагрева исследуемой стены по формуле А.М. Шкловера близки к экспериментальным значениям для различных условий облучения для рассмотренных дней, что допускает возможность применения таких расчетов..

### **Библиография**

1. ГОСТ Р 56709-2015. Здания и сооружения. Методы измерения коэффициентов отражения света поверхностями помещений и фасадов. – Москва: Стандартинформ, 2016. – 6 с.
2. Шкловер, А.М. Основы строительной теплотехники жилых и общественных зданий / А.М. Шкловер, Б.Ф. Васильев, Ф.В. Ушков. – М.: гос. изд. литературы по строительству и архитектуре, 1956. – 350 с.

# ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ХОЛОДОХРАНИЛИЩ С ОХЛАЖДЕНИЕМ ВОЗДУХА ДЛЯ ЦЕНТРАЛЬНЫХ ОДНОЗОНАЛЬНЫХ СИСТЕМ КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ВОЗДУХА

**Коротынская В.С.<sup>1</sup>, Тарасова Е.В.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Дальневосточный Федеральный университет, Владивосток, Россия.

**Аннотация** в данной статье рассматривается центральная однозональная система кондиционирования с возможностью использования холодохранилища в качестве естественного источника холода в помещении зала по работе с клиентами площадью 130 м<sup>2</sup>, район проектирования - город Южно-Сахалинск. Спроектированная система сравнивается с мульти-сплит системой кондиционирования воздуха, работающая совместно с приточно-вытяжной установкой. Приведены результаты расчетов теплопритоков в теплый период года, рассчитан необходимый вес льда, объем холодохранилища, затраты на электроэнергию за год, потребляемой системой охлаждения с использованием холодохранилища, которые составили на 65% меньше, чем затраты на электроэнергию для сплит-системы за тот же период.

**Ключевые слова:** кондиционирование воздуха, аккумуляция холода, система хранения холода, пассивный дом, вентиляция.

## USE OF COLD STORAGE FACILITIES WITH AIR COOLING FOR CENTRAL SINGLE-ZONE AIR CONDITIONING SYSTEMS

**Korotynskaya V. S.<sup>1</sup>, Tarasova E. V.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Far Eastern Federal University, Vladivostok, Russia.

**Annotation** this article discusses a central single-zone air conditioning system with the possibility of using a cold storage facility as a natural source of cold in a 130 m<sup>2</sup> customer service room, the design area is the city of Yuzhno-Sakhalinsk. The designed system is compared with a multi-split air conditioning system working in conjunction with a supply and exhaust system. The results of calculations of heat flows in the warm period of the year are given, the required weight of ice, the volume of the cold storage, the electricity costs for the year consumed by the cooling system using the cold storage are calculated, which were 65% less than the electricity costs for the split system for the same period.

**Keywords:** air conditioning, cold storage, cold storage system, passive house, ventilation.

## Введение

Мировое потребление электроэнергии растет быстрыми темпами. Глобальный рост энергопотребления в зданиях, как жилых, так и общественных, постоянно увеличивается.

В настоящее время развитие систем кондиционирования идет в направлении разработки энергосберегающих технологий и использования возобновляемых источников энергии.

Существует практика применения систем кондиционирования воздуха с сезонными аккумуляторами естественного холода по всему миру. В частности, в Норвегии была разработана подобная система для аэропорта. Накопленный за сезон снег на протяжении теплого периода года использовали для охлаждения здания аэропорта. [1]

Также, в качестве возобновляемого источника энергии для подпитки систем кондиционирования известна технология, использующая солнечную тепловую энергию [2], [3], [4], [5]. Системы солнечного кондиционирования доказали свою эффективность как в небольших зданий, так и в крупных жилых и офисных зданий. В системах холодоснабжения с использованием солнечной энергии применяются чиллеры с солнечным тепловым насосом, которые помогают системам охлаждения, работающим от электроэнергии.

Еще одним примером перспективной энергосберегающей технологии являются системы хранения тепловой энергии (TES – thermal energy storage). Примерами TES являются хранение льда для охлаждения помещений летом и хранение тепла или холода, вырабатываемого электричеством ночью, для использования его во время пиковых нагрузок [6].

## Материалы и методы

Объектом проектирования является система кондиционирования зала по обслуживанию клиентов в здании пенсионного фонда. Расположение объекта – Сахалинской область, г. Южно-Сахалинск.

Помещение по назначению – административное, имеет площадь 129,1 м<sup>2</sup>, с высотой потолков 4 м, количество сотрудников – 10, посетителей - 20 человек.

**Таблица 1.** Расчетные параметры наружного воздуха

Период года	Температура наружного воздуха Тн 0,92, °С	Относительная влажность воздуха φ, %	Энтальпия наружного воздуха In, кДж/кг	Средняя скорость ветра v, м/с
-------------	--	--	--	-------------------------------------

Теплый	23	72	55,2	2,6
Холодный	-21	70	-19,9	3,3

**Таблица 2.** Расчетные параметры внутреннего воздуха

Наименование помещения	Период года	Температура t, °С	Относительная влажность φ, %	Скорость воздуха v, м/с
Клиентская зона	Холодный	21	40	0,2
	Теплый	23	45	0,15

Суммарные явные теплопоступления для условий теплого периода года составили 10 145 Вт, полные - 10 626 (таблица 3).

Теплопоступления от людей зависят от тяжести выполняемой работы.

**Таблица 3.** Теплопоступления в помещение

Теплопоступления	От людей	От искусственного освещения	От солнечной радиации	От электрического оборудования	Сумма
Явные	2133	1355	4012	2645	10 145
Полные	3969	1355	4012	2645	10 626

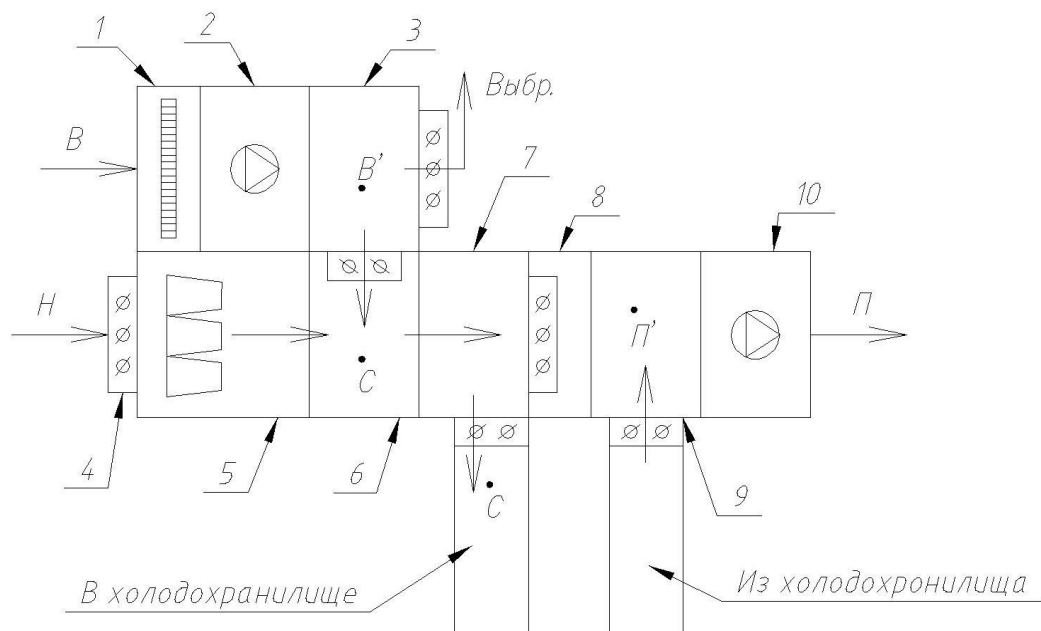
Рассмотрено 2 варианта систем охлаждения: 1 охлаждение приточного воздуха с применением холодохранилища, 2 система кондиционирования с использованием сплит-систем и приточно-вытяжной установки, рассчитанной на минимальный расход воздуха.

## Результаты

Для первого варианта:

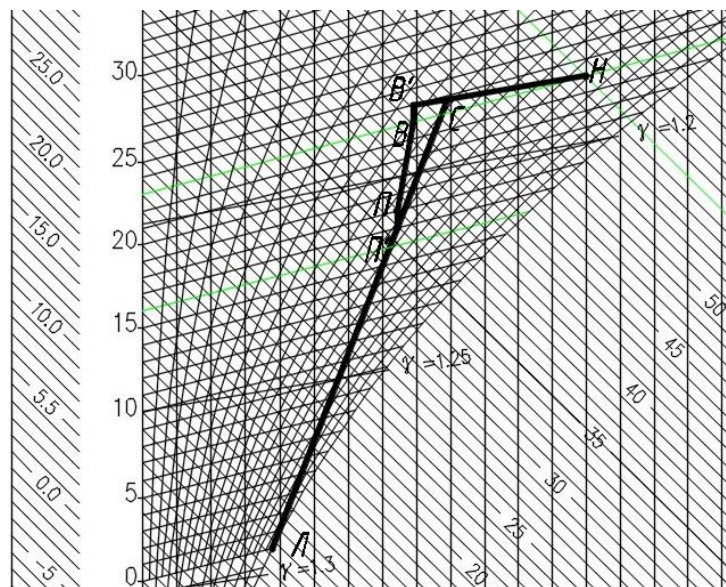
По результатам расчетов, подобран кондиционер центральный каркасно-панельный «ВЕЗА» ВЕРОСА-600-054-03-2-1. С камерой рециркуляции и специальной секцией для подключения к холодохранилищу.

В качестве холодохранилища принят теплоизолированный контейнер, в котором находятся емкости с замороженным водяным льдом. В теплое время года воздух продувается через холодохранилище и, соприкасаясь с поверхностью льда, охлаждается (рис. 1).



**Рисунок 1.** Схема приточно-вытяжной установки: 1 – фильтр грубой отчистки; 2 – вытяжной вентилятор; 3 – секция распределения воздуха на рециркуляцию; 4 – приточный клапан; 5 – фильтр; 6 – секция рециркуляции; 7 – секция распределения; 8 – секция байпаса; 9 – секция смешивания воздуха; 10 – приточный вентилятор.

На I-D диаграмме построен процесс обработки воздуха в центральном кондиционере для теплого периода года (рис. 2).



**Рисунок 2.** Фрагмент I-D диаграммы. Процесс обработки воздуха в центральном кондиционере с первой рециркуляцией для теплого периода года.

Температура внутреннего воздуха (точки В), равна 23 °С. Схема воздухораспределения в расчетном помещении – перемешивающая, поэтому параметры

вытяжного воздуха приняты равными параметрам внутреннего воздуха. Температура воздуха, идущего на рециркуляцию взята на 1°С выше - 24 °С. Температурный перепад между приточным и вытяжным воздухом принят 5°С, тогда температура приточного воздуха равна 18 °С. Температура воздуха перед приточным вентилятором на 1°С меньше температуры приточного воздуха. Рециркуляционный воздух с параметрами точки В' смешивается с наружным воздухом, имеющим параметры точки Н (t = 23°С, I = 56 кДж/кг). По расчету избытки влаги в помещении  $W_{изб} = 2673$  г/ч, расход приточного воздуха  $G_{прит} = 7286$  кг/ч, расход свежего воздуха согласно санитарной норме  $G_{норм} - 1440$  кг/ч. Процесс СП'Л – охлаждение воздуха в холодохранилище, точка Л имеет параметры насыщенного воздуха у поверхности льда – температура 0°С, влажность 100%. Для регулирования процесса охлаждения воздуха предусмотрена секция байпаса (№8, Рис. 1).

Построение процесса обработки воздуха в центральном кондиционере осложняется подбором положения точки С. С одной стороны, должно соблюдаться равенство:

$$d_C \cdot G_{прит} = G_{норм} \cdot d_H + G_{рец} \cdot d_B \quad (1)$$

где  $G_{прит}$  – расход приточного воздуха, кг/ч.

$G_{норм}$  – расход свежего воздуха согласно санитарной норме, кг/ч.

$G_{рец}$  – расход рециркуляционного воздуха, кг/ч.

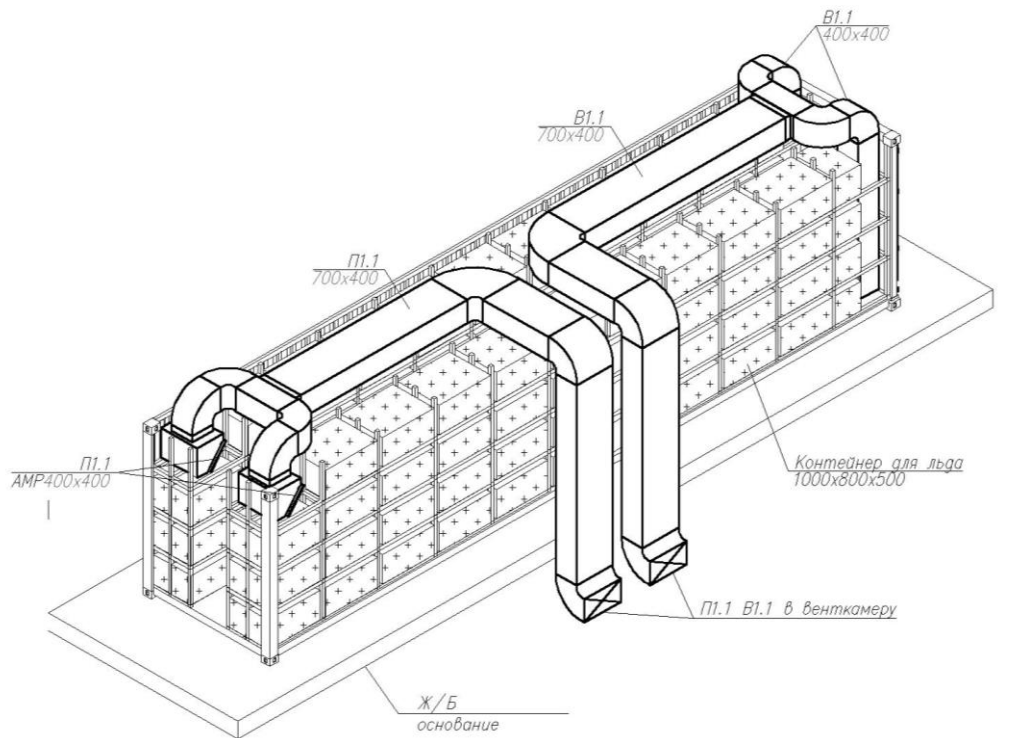
$d_C, d_H, d_B$  - влагосодержание смеси воздуха, наружного воздуха и вытяжного воздуха соответственно, г/кг.

С другой стороны, необходимо, чтобы СЛ проходила через точку П'. Подбор положения точки П' произведён последовательными итерациями. Также, для расчета возможно использование программных продуктов. В результате расчета получено, что влагосодержание приточного воздуха  $d_{П'} = 7,21$  г/кг, влагосодержание внутреннего воздуха  $d_B = 7,57$  г/кг, влажность внутреннего воздуха 43,3%.

Произведен расчет годового потребления холода по методике Пособия 9.91 к СНиП 2.04.05-91. Годовое потребление холода системой кондиционирования составило 4023868 кДж/г.

На основе зависимостей [7] и данных по годовому холодопотреблению, спроектировано холодохранилище на базе морского грузового контейнера (40 футовый - 12,19 м x 2,44 м x 2,89 м), которое обеспечивает требуемую холодопроизводительность с запасом (рис. 3). В контейнере располагаются пластиковые емкости со льдом в количестве 86 штук. Размер емкостей 1 м x 0,8 м x 0,5 м. Холодохранилище зонировано на 2 части: 1 – зона технического обслуживания оборудования, которая проходит по всей длине контейнера; 2 – непосредственно зона теплообмена, состоящая так же из 2 рядов, отделяющихся от зоны

обслуживания перегородкой. К торцевым частям контейнера подведены воздуховоды с воздухораспределителями. Воздух, проходя через холодохранилище, охлаждается и забирается для дальнейшего использования.



**Рисунок 3.** Общий вид холодохранилища

Для второго варианта:

На основании расчета подобраны: приточно-вытяжная установка, внутренние кассетные блоки производства компании Mitsubishi Electric PLA-RP71BA с мощность охлаждения 7.1 кВт 4 шт. Наружный блок – Mitsubishi Electric PLA-RP71BA 2 шт.

Произведен расчет стоимости основного оборудования для рассматриваемых систем охлаждения воздуха (таблица 4, 5).

**Таблица 4.** Стоимость основного оборудования для системы мультисплит и приточно-вытяжной установки

Наименование	Кол-во	Марка	Цена, руб.	Стоимость, руб.
Приточно-вытяжная установка	1	ВЕЗА 500	1 097 934	1 097 934
Наружный блок	2	Mitsubishi Electric MXZ-8B160YA	430444	860888
Внутренний блок	4	Mitsubishi Electric PLA-RP71BA	81 180	324 720

Блок-распределитель	2	Mitsubishi Electric PAC-AK31BC	45 227	90 454
Дополнительная комплектация (датчики температуры, фильтры и др.)	1	Mitsubishi Electric	447900	447900
			Итого	2 821 896

**Таблица 5.** Стоимость оборудования СКВ с холодохранилищем

Наименование	Кол-во	Марка	Цена, руб.	Стоим, руб.
Центральный кондиционер	1	ВЕЗА ВЕРОСА 600	1 983 294	1 983 294
Контейнер 40 футов	1	Hight Cube	350 000	350 000
Теплоизоляция	41	ТЕХНОНИКОЛЬ CARBON PROF 1180x580x100 мм	2 570	110 530
Пластиковая емкость 1000x800x500 мм	86	-	1500	129 000
Вентилятор канальный	1	Канал-ЕС--60-35-2-380-RC	257 384	257 384
			Итого	2 830 208

Рассчитан коэффициент использования энергии для системы охлаждения с использованием холодохранилища, представляющего собой отношение мощности охлаждения к потребляемой мощности.

$$K_e = \frac{Q}{q \cdot T} = \frac{1117,7}{0,99 \cdot 208} = 5,43 \quad (2)$$

где Q годовое потребление холода, кВт·ч/год;

q - потребляемая мощность вентилятора, продувающего воздух через холодохранилище, кВт·час;

T - время работы установки за год, час.

По результатам расчета стоимость основного оборудования практически эквивалентна, что не исключает более подробного сметного расчета стоимости оборудования и монтажа. Затраты на электроэнергию, потребляемую системой охлаждения с использованием холодохранилища, на 65% меньше, чем затраты на электроэнергию для сплит-системы и приточно-вытяжной установкой.

По результатам расчета, коэффициент использования энергии для системы охлаждения с холодохранилищем составил 5,43.



## **Выводы**

В данной статье рассмотрено два варианта системы охлаждения: 1 охлаждение приточного воздуха с применением холодохранилища, 2 система кондиционирования с использованием сплит-систем. Произведен расчет стоимости основного оборудования двух вариантов систем кондиционирования для зала по работе с клиентами для здания пенсионного фонда в г. Южно-Сахалинске. Таким образом, первоначальные капиталовложения для системы кондиционирования практически эквивалентны. Однако, затраты на электроэнергию, потребляемую системой охлаждения с использованием холодохранилища, на 65% меньше, чем затраты на электроэнергию для сплит-системы. Поскольку воздух имеет низкую теплоемкость по сравнению с другими типами теплоносителей, затраты на его перемещение достаточно большие. В дальнейшем необходимо рассматривать в качестве сравниваемых вариантов, также, схемы с промежуточным жидким теплоносителем.

## **Библиография**

1. Using stored snow as cooling at Oslo airport, Norway. Civil Engineering, Volume 171. Edited by Jesper Mæx Moe Oslo : ICE Publishing, May 2018. Pp. 11–16.
2. Jordan D. Kelso. Building energy data book / Jordan D. Kelso.– United States : D&R International, Ltd. 2011. 286 p.
3. Directive 2002/91/EC of the European Parliament and of the Council of 16 December 2002 on the energy performance of buildings; 2002.
4. Scott MJ, Huang YJ. Annex A: Technical note: methods for estimating energy consumption in buildings in effects of climate change on energy production and use in the United States. / MJ Scott, YJ Huang. A A Annex.– Washington (DC) : Report by the U.S. climate change science program and the subcommittee on global change research.; 2007.
5. EECCAC (Energy Efficiency and Certification of Central Air Conditioners) // Project for the directorate general transportation-energy of the commission of the European union.– Final Report.– 2003.
6. Ibrahim Dincer, Marc A. Rosen. Thermal Energy Storage (TES) Methods ./ Ibrahim Dincer.– DOI:10.1002/9780470970751.ch3 // Thermal Energy Storage: Systems and Applications, Second Edition.– August 2010.– Pp.83-190.
7. Тарасова, Е. В. Системы кондиционирования воздуха с сезонными аккумуляторами естественного холода: специальность 05.23.03 : диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Тарасова Елена Владимировна ; Тюменский государственный архитектурно-строительный университет. – Тюмень, 2013. – 151с.

## ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ АТМОСФЕРНЫХ ГАЗОВЫХ ТЕПЛОГЕНЕРАТОРОВ

**Косогоруков Д.П.<sup>1</sup>, Аксенов А.К.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Национальный исследовательский университет «Московский государственный строительный университет», Москва, Россия.

**Аннотация** одним из наиболее современных способов повышения энергоэффективности малых теплогенераторов является использование альтернативных источников тепла по сравнению с традиционным сжиганием природного газа. К таким способам повышения эффективности тепловых установок можно отнести и глубокую утилизацию скрытой теплоты парожидкостного фазового перехода. Для этой задачи разрабатываются всевозможные поверхности конденсации, которые могут быть использованы в качестве хвостовых поверхностей нагрева для теплогенераторов малой мощности. Этот подход наиболее эффективно может быть использован для повышения коэффициента полезного действия в атмосферных газовых теплогенераторах малой мощности. В результате была разработана лабораторная модель экономайзера на основе алюминиевых панелей, в котором устранено явление каплеобразования, снижающее коэффициент теплопередачи от парогазовой смеси. Технические результаты демонстрируют отличные возможности для извлечения энергии фазового перехода из охлажденных продуктов сгорания. Представленные разработки, в частности, были подтверждены теоретическими и расчетными методами, что, в свою очередь, обеспечивает научную ценность и практическую значимость применения такого рода разработок для повышения эксплуатационных и долговременных характеристик различных инженерных систем зданий и сооружений.

**Ключевые слова** конденсационный экономайзер, теплообмен, теплота фазового перехода, геометрия ребристой поверхности, атмосферный котел, алюминиевые радиаторные панели, противоточное движение дымовых газов, каплеунос, пленочная конденсация, капельная конденсация

## IMPROVING THE ENERGY EFFICIENCY OF ATMOSPHERIC GAS HEAT GENERATORS

**Kosorukov D.P.<sup>1</sup>, Aksenov A.K.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>National Research University "Moscow State University of Civil Engineering", Moscow, Russia

**Annotation** one of the most modern ways of improving the energy efficiency of small heat generators is the use of alternative heat sources to the traditional combustion of natural gas. Deep utilization of the latent heat of the vapor-liquid phase transition can also be included in such ways of increasing the efficiency of thermal units. For this task, all kinds of condensation surfaces are being developed, which can be used as tail heating surfaces for small capacity heat generators. This approach can most effectively be used to increase efficiency in small capacity atmospheric gas-fired heat generators. As a result, a laboratory model of an aluminium panel economiser was developed, in which the drop formation phenomenon, which reduces the heat transfer coefficient from the steam-gas mixture, is eliminated. The technical results demonstrate excellent opportunities to extract phase transition energy from cooled combustion products. The presented developments, in particular, have been confirmed by theoretical and computational methods, which, in turn, ensures the scientific value and practical relevance of applying this kind of development to improve the operational and long-term performance of various building and structure engineering systems.

**Keywords** condensing economiser, heat and mass transfer, phase transition heat, finned surface geometry, atmospheric boiler, aluminium radiator panels, counter-current flue gas flow, dropwise condensation, film condensation and dropwise condensation

## **Введение**

Наиболее распространенным решением для индивидуального жилищного строительства являются газовые атмосферные теплогенераторы, имеющие температуру дымовых газов около 130 °С, при которой содержащийся в них пар, образующийся в результате экзотермической реакции водорода, выводится в виде газообразного вещества через дымоход, унося с собой теплоту фазового перехода. Для извлечения этой энергии необходимо использовать систему утилизации скрытого тепла продуктов сгорания природного газа [1].

В странах Европейского Союза технология утилизации неявного сбросного тепла активно развивается уже более десяти лет, что осуществляется путем широкого внедрения низкотемпературных систем отопления в жилом секторе, где в качестве источника тепла могут использоваться газовые конденсационные теплогенераторы [3].

В современных экономических условиях невероятно важно разработать техническое решение, которое позволило бы утилизировать скрытую теплоту парообразования без нарушения существующей системы высокотемпературного внутреннего отопления [11].

В связи с необходимостью разработки метода повышения эффективности утилизации сбросного тепла традиционных газовых котлов малой мощности нами была предпринята попытка создания экспериментальной модели конденсационного экономайзера, который может быть использован в качестве хвостовой теплообменной поверхности атмосферной теплогенерирующей установки [5]. Проведенные эксперименты и некоторые расчеты позволили подтвердить предположение о рациональности и энергоэффективности такого решения [8].

### **Материалы и методы**

В качестве основы для наших экспериментов был использован атмосферный напольный газотурбинный теплогенератор мощностью 44 кВт типа DTG X с горелкой с частичным смешением газа и воздуха, так как это типичный отопительный прибор, используемый в индивидуальном жилищном строительстве [2]. В качестве тестовой модели был создан высокоэффективный конденсационный теплообменник с легко монтируемой модульной поверхностью теплообменника [9]. Преимуществом такой системы является то, что в отличие от разработок, описанных в предыдущих монографиях, отсутствует стекание конденсата со стенок, что исключает возможное стекание по газовому потоку и вторичное испарение влаги, а, следовательно, снижение тепловой эффективности экономайзера. Конструкция экспериментальной модели представлена на рис. 1.



**Рисунок 1.** Экспериментальная установка конденсационного экономайзера

### **Результаты**

В ходе испытаний был измерен ряд важных параметров, таких как тепловой потенциал продуктов сгорания на выходе из котла, тепловой потенциал продуктов сгорания на выходе из экономайзера, температуры воды на входе и выходе из циркуляционного контура, а также расходы дымовых газов и воды [3]. Графическая зависимость между тепловым потенциалом продуктов сгорания на и температурой греющей воды в экономайзере представлена на рис. 2. [2] Испытания показали, что нагрев и охлаждение воды продуктами сгорания в экономайзере происходит неравномерно. На начальном участке А - В

тепловой потенциал продуктов сгорания ат снижается более интенсивно, пока не начнется конденсация водяного пара. Теплообмен здесь происходит исключительно за счет конвекции. При этом градиент нагрева воды на этом участке невелик. [7] Далее, на участке В-С, когда тепловой потенциал газов меньше 100 °С, конденсация происходит при их контакте с конденсирующей поверхностью с температурой ниже 60 °С, и тепловой поток переносится как конвекцией, так и конденсацией. [9] Градиент температуры дымовых газов уменьшается, а градиент температуры нагреваемой воды увеличивается. Оптимальным выбором геометрии теплообменника является увеличение зоны В-С, где теплообмен происходит более интенсивно. [4] Тепловой поток q состоит из конвективной составляющей q<sub>к</sub> и конденсационной составляющей q<sub>г</sub>:

$$q = q_k + q_r, \text{ Вт/м}^2 \quad (1)$$

$$q_k = (\lambda/x) \times 0,03 \times Re^{0,8} \times (t_r - t_w); \text{ Вт/м}^2 \quad (2)$$

$$q_r = (\lambda/x) \cdot Z^{-0,22} \cdot \frac{P_p}{P_n}; \text{ Вт/м}^2 \quad (3)$$

$$Z = \frac{\lambda \Delta t x}{r \mu l_g} \quad (4)$$

$$l_g = \left( \frac{v^2}{g} \frac{\rho'}{(\rho' - \rho'')} \right)^{0,3} \quad (5)$$

$$\alpha_\Sigma \times \Delta T = (\alpha_k + \alpha_m) \times (T_r - T_p) = dy \times c_p^\Gamma \times \rho^\Gamma \times \frac{dT_r}{dx} \quad (6)$$

$$\alpha_\Sigma = \alpha_k + \alpha_m \quad (7)$$

здесь  $\lambda$  - теплопроводность воды; Вт/(м×°С)

$P_p$  - парциальное давление водяного пара в газе; Па

$P_n$  - парциальное давление насыщенного водяного пара в газе; Па

$X$  - расстояние в м от начала конденсации; м

$Re$  - число Рейнольдса;

$t_r$  - температура газа ; °С

$t_w$  - температура стенки теплообменника ; °С

$\mu, \nu$  - соответственно, динамическая и кинематическая вязкость воды; Па×с, м<sup>2</sup>/с.

$\rho'$  и  $\rho''$  - плотности воды и пара на линии насыщения, соответственно, кг/м<sup>3</sup>.

$\alpha_k$  - коэффициент теплопереноса конвекцией при конденсации водяных паров из дымовых газов; Вт/(м<sup>2</sup>×°С) [4]

$\alpha_\Sigma$  - суммарный коэффициент теплопередачи при конденсации водяных паров из дымовых газов; Вт/(м<sup>2</sup>×°С)

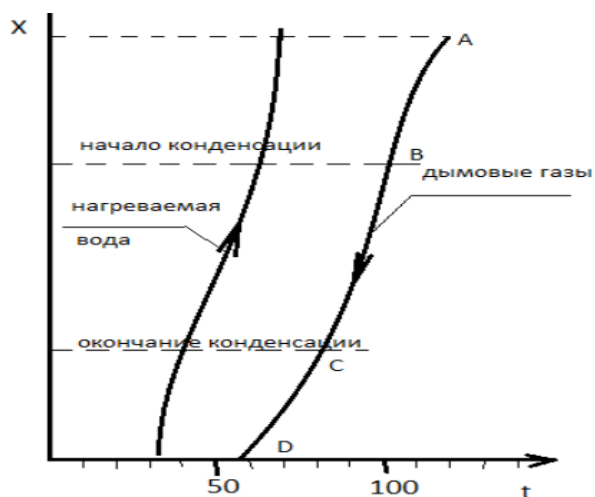
$c_p^r$  – изобарная теплоемкость продуктов сгорания, кДж/(кгхК)

$\rho^r$  – плотность продуктов сгорания; (кг/м<sup>3</sup>)

$T_r$  – температура дымовых газов; °С

$T_p$  – температура точки росы дымовых газов; °С

$dT_r$  – разница температур дымовых газов и точки росы дымовых газов; °С [5]



**Рисунок 2.** Изменение температуры дымовых газов и нагреваемой воды в экономайзере

### Заключения

1. В ходе серии достоверных экспериментов удалось выявить оптимальную геометрию оребренной поверхности теплообмена, обеспечивающую максимальный теплообмен от продуктов сгорания, а также минимальное каплеобразование, что исключает испарение и повышение влагосодержания продуктов сгорания газового топлива [10].

2. Полученные экспериментальные зависимости позволяют сделать вывод о высокой эффективности разработанного образца экономайзера, определяемой отсутствием каплеуноса с теплообменной поверхности[6].

3. Разработанный тип теплообменников может быть внедрен в существующие теплогенераторы с атмосферными чугунными котлами без ухудшения условий их безопасной эксплуатации с возможностью снижения расхода топлива и, как следствие, уменьшения вредного воздействия на окружающую среду[12].

## Библиография

1. Наумов А. Л. Инженерные системы малоэтажных зданий. Ч. 1. Теплоснабжение // АВОК. – 2014. – № 1.
2. Шарипов А. Я. Автономное теплоснабжение высотных зданий и комплексов // АВОК. – 2016. – № 3.
3. Хаванов П.А. Источники теплоты автономных систем теплоснабжения. – М., 2014. – 208 с.
4. Хаванов П. А., Чуленев А. С. Результаты испытаний конденсационного котла при различных режимах эксплуатации // Научное обозрение. – 2015. – № 10.
5. ГОСТ Р 54825–2011 «Котлы газовые центрального отопления. Специальные требования для конденсационных котлов с номинальной тепловой мощностью не более 70 кВт». – М., 2011.
6. Хаванов П. А., Чуленев А. С. Климатические параметры эффективности конденсационных котлов // АВОК. – 2016. – № 3.
7. Наумов А. Л. Возможности индивидуального теплоснабжения: состояние и перспективы развития // АВОК. – 2013. – № 5.
8. Хаванов П.А. Источники теплоты автономных систем теплоснабжения // АВОК. 2002. № 1.
9. Хаванов П.А. Системы теплоснабжения от автономных теплогенераторов // АВОК. 2002. № 2.
10. Хаванов П.А., Барынин К.П. Некоторые ошибки при разработке тепломеханической части автономных источников теплоты // АВОК. 2004. № 8.
11. Khavanov P.A., Chulenyov A.S. The dependence of the efficiency of the condensing boiler by use and climatic zone. BBRA-OSPC - Biosciences, Biotechnology Research Asia (ISSN09731245-India-Scopus Vol. 12 (3) (2015). pp. 3019-3026.
12. Khavanov P.A., Chulenyov A.S. Physical model of a heat mass transfer in condensation surfaces and its compliance to skilled data. GJPAM-RIP - Global Journal of Pure and Applied Mathematics (ISSN09731768-India-Scopus) Vol. 12, Number 1, 2016.

# ФОРМИРОВАНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ ВЕРХНЕЙ ЗОНЫ ПОМЕЩЕНИЯ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ВЫСОТЫ ПОМЕЩЕНИЯ И РАЙОНА СТРОИТЕЛЬСТВА

Ландырев С.С.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Национальный исследовательский университет «Московский государственный строительный университет», Москва, Россия.

**Аннотация** в зимний период года обеспечение температуры в помещениях часто возлагается на радиаторное отопление, подобранное на восполнение теплопотерь. При этом, как правило, не принимается во внимание формируемый радиатором конвективный тепловой поток, устремленный к потолку. При подборе поверхности отопительного прибора, опираясь на среднюю температуру по объему помещения, высока вероятность необеспечения принимаемой температуры в рабочей зоне, главным образом в районах с низкой температурой наиболее холодной пятидневки. Исследование на предмет формирования «тепловой подушки» выполнено для помещений разной высоты с радиаторной системой отопления в разных городах РФ.

**Ключевые слова** температура воздуха помещения, тепловая подушка, конвективный поток, расчет, отопительный прибор, расчетные зимние условия.

## FORMATION OF THE TEMPERATURE OF THE UPPER ZONE OF THE ROOM DEPENDING ON THE HEIGHT OF THE ROOM AND THE CONSTRUCTION AREA

Landyrev S.S.

<sup>1</sup>National Research University "Moscow State University of Civil Engineering", Moscow, Russia

**Annotation** In the winter period of the year, ensuring the temperature in the premises is often assigned to radiator heating, selected to compensate for heat loss. At the same time, as a rule, the convective heat flow generated by the radiator directed to the ceiling is not taken into account. When selecting the surface of the heating device based on the average temperature in the volume of the room, there is a high probability of not providing the accepted temperature in the working area, mainly in areas with a low temperature of the coldest five days. The analysis was carried out on



rooms of different heights with a radiator heating system, for different cities of the Russian Federation, for the formation of a "heat cushion".

**Keywords** room air temperature, heat cushion, convective flow, calculation, heating device, calculated winter conditions.

## **Введение**

На стадии проектирования зданий одним из практически непроверяемых условий является обеспечение принимаемой температуры в рабочей зоне помещения при радиаторном отоплении. На данный момент расчету параметров микроклимата в помещениях посвящено довольно много работ [1 - 5]. В данной работе параметры воздуха в помещении определяются расчетным методом.

## **Материалы и методы**

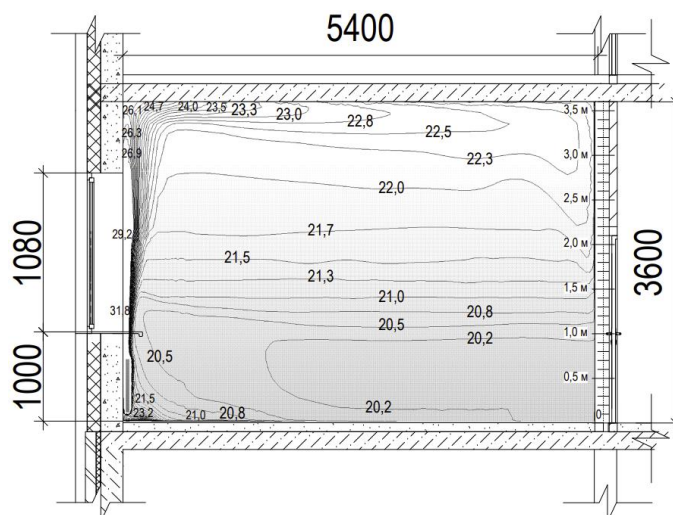
Решение выполнялось путем моделирования процессов переноса теплоты в объеме помещения с применением программного комплекса Ansys Fluent. В качестве исходных данных принято помещение промежуточного этажа с одной наружной стеной, в котором есть окно. Размеры помещения составляют 6,0 м по ширине, 5,4 м в глубину, а высота принималась в нескольких вариантах - 3,0; 3,6; 4,2 м. Окно имеет габарит 3,8×1,8 м и расположено в середине наружной стены. Низ окна на высоте 1 м от уровня пола. Под окном предусматривался отопительный прибор. Температура воздуха в рабочей зоне помещения принималась равной 20 °С. Расчет производился в городах: Феодосия, Москва, Новосибирск. Сопротивление теплопередаче ограждающих конструкций принималось по табл. 3 СП 50.

При моделировании помещения в препроцессоре Fluent Meshing строилась сетка на основе гексаэдрических элементов размерами не более 30 мм. В области радиатора и окна предусматривалось тетраэдрическая сетка с меньшими размерами элементов, не более 0,15 мм. В расчете задавалась двойная точность вычисления. Применялась модель турбулентности k-epsilon (2 eqn), и для вычисления лучистой составляющей модель DTRM-Discrete Ordinates (DO). Также, учитывалась свободная конвекция, возникающая в следствие гравитационных сил. Воздух помещения рассматривался как несжимаемый идеальный газ. Степень черноты отделки помещения принималась 0,9, отопительного прибора 0,8. Расчет для каждого варианта осуществлялся в стационарной постановке с отслеживанием среднеобъемной температуры, невязок и глобальных балансов, с изменением шага по времени от 1 сек. в начале расчета до 0,025 сек. в окончании.

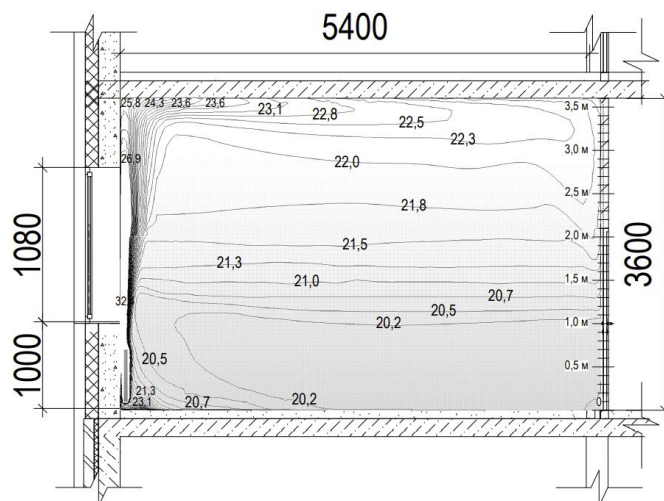
## Результаты

По результатам моделирования стало ясно, что в случае, когда сопротивления теплопередаче ограждений соответствуют табл. 3 СП 50, а площадь поверхности отопительного прибора подобрана на компенсацию тепловых потерь, во всех рассматриваемых городах в помещениях с равной высотой, просматривается практически сходное распределение температуры в пространстве помещения.

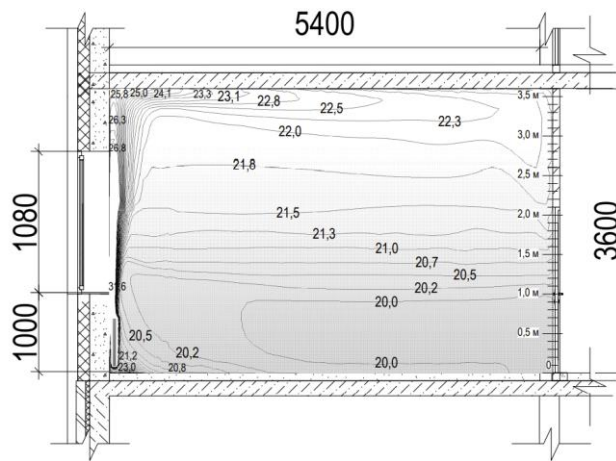
На рис. 1, 2, 3 представлены распределения температуры  $t$  по разрезам рядового помещения в виде изолиний



**Рисунок 1.** Распределение температуры по продольному сечению помещения по середине помещения высотой 3,6 м. для города Феодосия в расчетный зимний период

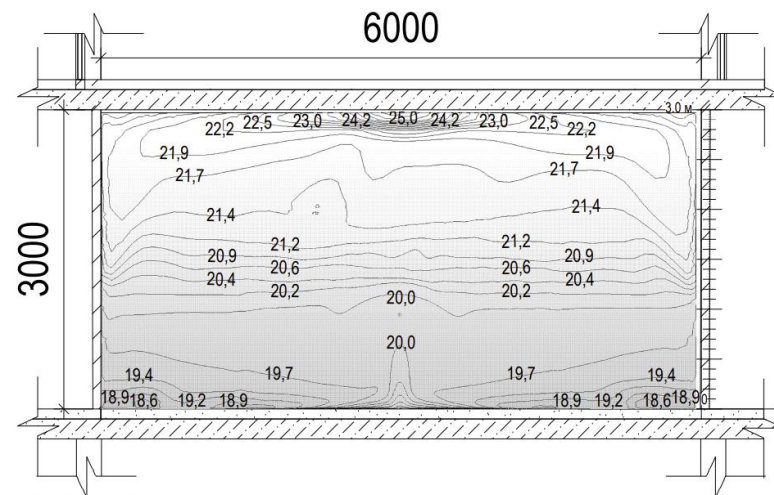


**Рисунок 2.** Распределение температуры по продольному сечению помещения по середине помещения высотой 3,6 м. для города Москвы в расчетный зимний период

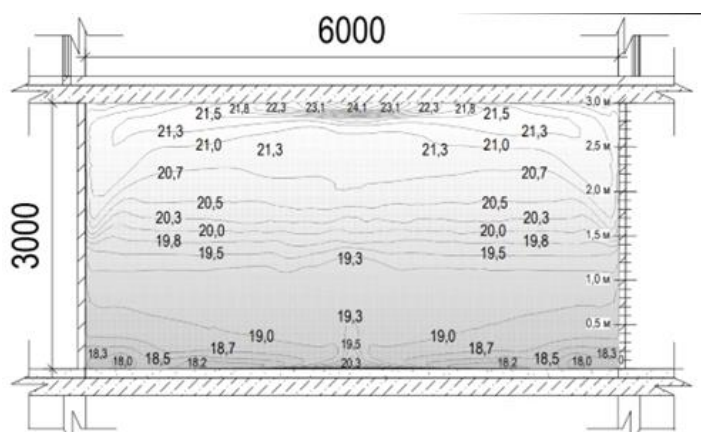


**Рисунок 3.** Распределение температуры по продольному сечению помещения по середине помещения высотой 3,6 м. для города Новосибирск в расчетный зимний период

Важно отметить, что уделялось особое внимание тому, чтобы обеспечить температуру равную 20 °С в рабочей зоне помещения. При классическом подходе к подбору площади поверхности прибора и без запаса в 15% требуемая температура в рабочей зоне не обеспечивается. На рис. 4,5 представлены полученные результаты для отопительного прибора, подобранного с запасом и без него.



**Рисунок 4.** Распределение температуры по поперечному сечению помещения на границе обслуживаемой зоны в расчетный зимний период в городе Новосибирск для помещения высотой 3,0 м. с запасом 15% на отопительном приборе.



**Рисунок 5.** Распределение температуры по поперечному сечению помещения на границе обслуживаемой зоны в расчетный зимний период в городе Новосибирск для помещения высотой 3,0 м. без запаса в 15% на отопительном приборе.

Можно заметить, что «тепловая подушка» формируется на расстоянии 0,3 м. от потолка. Во всех рассчитанных случаях температура находилась в интервале от 22 до 23 °С. Также просматривается плавное увеличение температуры по высоте помещения.

### **Заключения**

В расчетный зимний период в рабочей зоне помещения температура на 2-3 °С ниже чем в потолочной области помещения. Наиболее холодной областью помещения является рабочая зона. Большая часть подаваемой в помещение теплоты остается на высоте свыше 2х метров.

Во всех рассматриваемых помещениях образуется «тепловая подушка». Размеры слоя «тепловой подушки» практически не зависят от высоты помещения и тепловой мощности отопительного прибора. Также в городах, где площадь отопительного прибора была больше, температура в рабочей зоне помещения опускалась ниже.

Без увеличения номинального теплового потока на 15% в рассматриваемых городах значения температуры в рабочей зоне помещения опускались ниже требуемых значений.

### **Библиография**

1. Малявина Е.Г., Барсукова М.А. Разработка методики расчета локальной асимметрии радиационной температуры // Научное обозрение. 2015. №8. С. 38–41.
2. Малявина Е.Г., Фролова А.А., Ландырев С.С. Распределение локальной асимметрии результирующей температуры по помещению // С.О.К. – Сантехника, отопление, кондиционирование. 2021. №10. С. 36–39.

3. Старкова Л.Г., Морева Ю.А., Новоселова Ю.Н. Оптимизация микроклимата в православном храме методом моделирования воздушных потоков // Вестник ЮУрГУ. Серия «Строительство и архитектура». 2018. №18(3). С. 53–59. DOI: 10.14529/build180308
4. De Luca F., Naboni E., Lobaccaro G. Tall buildings cluster form rationalization in a Nordic climate by factoring in indoor-outdoor comfort and energy. *Energy and buildings*. 2021. No. 238, 110831. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2021.110831>
5. Teitelbaum E., Meggers F. Expanded psychrometric landscapes for radiant cooling and natural ventilation system design and optimization. *Energy Procedia*. 2017. No. 122, pp. 1129–1134. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2017.07.436>

## РАСЧЕТ УРОВНЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИ ЦЕЛЕСООБРАЗНОЙ ТЕПЛОЗАЩИТЫ

Лухменёв П.И.<sup>1</sup>, Фролова А.А.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Национальный исследовательский университет «Московский государственный строительный университет», Москва, Россия.

**Аннотация** выбор уровня теплозащиты зданий должен опираться на экономические показатели зданий с учетом затрат на поддержание заданного теплового микроклимата помещений. Поэтому в начале необходимо определить энергетические затраты на отопление, свободное и машинное охлаждение зданий. Для этой цели рассматриваются здания различных размеров, этажности в различных районах Российской Федерации с различной продолжительностью отопительного периода и интенсивностью солнечной радиации: в г. Москве (средняя полоса), г. Астрахани (южный район) и г. Воркуте (северный район).

**Ключевые слова** тепловая защита здания, энергосберегающее мероприятие, энергоэффективность, энергосбережение, первичное топливо.

## CALCULATION OF THE LEVEL OF ENERGY-FRIENDLY HEAT PROTECTION

Lukhmenev P.I.<sup>1</sup>, Frolova A.A.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>National Research University "Moscow State University of Civil Engineering", Moscow, Russia

**Abstract** the choice of the level of thermal protection of buildings should be based on the economic performance of buildings, taking into account the costs of maintaining a given thermal microclimate of the premises. Therefore, at the beginning it is necessary to determine the energy costs for heating, free and mechanical cooling of buildings. For this purpose, buildings of various sizes, number of storeys are considered in various regions of the Russian Federation with different duration of the heating period and intensity of solar radiation: in Moscow (middle lane), Astrakhan (southern region) and Vorkuta (northern region).

**Keywords** thermal protection of the building, energy saving measure, energy efficiency, energy saving, primary fuel.

## **Введение**

С каждым годом интерес к нахождению уровня тепловой защиты зданий с точки зрения энергетической оценки только возрастает. Такое отношение обосновывается политикой энергосбережения как всем мире [5,6,8] так и в Российской Федерации [1-4,7].

В современных нормативных документах базовые значения требуемого сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций назначены исходя из энергосбережения, но не подкреплены никакими расчетами. Они определяются по СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий» табл. 3, кроме того, СП 50.1333 допускает уменьшение базовых значений своим пунктом 5.2 при условии, что расход теплоты системами отопления и вентиляции здания не превысит требуемых нормируемых значений. Используя нормативный документ СП 50 возможно так же определить значения сопротивления теплопередаче наружных ограждающих конструкций, исходя из санитарно-гигиенических условий. Впрочем эти значения можно использовать исключительно для реконструируемых зданий и для которых по историческим или архитектурным причинам невозможно утепление стен внешней стороны.

Для уменьшения затрат тепловой энергии зимой мы можем увеличивать сопротивление теплопередачи, за счет чего будут уменьшаться тепловые потери. В теплый период логичнее было бы уменьшить его, так как ограждающие конструкции в ночной период при выключенной системе кондиционирования воздуха, могли бы легче охлаждаться, за счет падения температуры наружного воздуха. Это привело бы к уменьшению потребления холода зданием.

Целью представленной работы является – определение более выгодного варианта тепловой защиты здания, способствующего бережливому расходованию энергетических ресурсов.

Первостепенная задача данной работы состоит в выяснении влияния различных климатических условий на энергетически целесообразный уровень теплозащиты здания.

## **Материалы и методы**

Поставленная задача решалась для трех городов: для Воркуты, Москвы [3] и Астрахани [4]. В таблице 1 приведены продолжительности наблюдения отдельных интервалов температуры наружного воздуха в этих городах.

Продолжительность наблюдения температуры наружного воздуха в заданных интервалах определялась для г. Воркуты по СНиП II-А.6-72. Строительная климатология и геофизика, а для городов Москвы и Астрахани по Строительная климатология: Справочное пособие к СНиП 23-01-99\*.1.

**Таблица 1.** Число дней в году наблюдения температуры наружного воздуха в различных интервалах

Интервал температур, °С	Средняя температура интервала, °С	Продолжительность интервала, сут.		
		Воркута	Москва	Астрахань
$+30 \leq t$		-	-	12
$+26 \leq t < +29,9$	+28	-	5	28
$+22 \leq t < +25,9$	+24	3	7	35
$+16 \leq t < +21,9$	+19	11	50	64
$+8 \leq t < +15,9$	+12	42	88	66
$+5 \leq t < +7,9$	+6,5	28	28	23
$+0 \leq t < +4,9$	+2,5	57	65	49
$-5 \leq t < -0,1$	-2,5	55	52	46
$-10 \leq t < -5,1$	-7,5	45	32	24
$-16 \leq t < -10,1$	-13	47	23	12
$-26 \leq t < -16$	-21	51	14	6
$-30 \leq t < -26,1$	-28	11	1	-
$-30,1 \leq t$	-38	15	-	-

Воркута – город с продолжительным отопительным периодом – 298 суток при низкой – 9,5 °С средней температуре. Причем система отопления работает в этот период круглосуточно. Система охлаждения помещения работала только в рабочее время. Температура наружного воздуха выше +5 °С, то есть период машинного охлаждения, длится около 84 суток. Причем, температура выше поддерживаемой в помещении при машинном охлаждении 22 °С, то есть когда для сокращения теплопоступлений нужна усиленная теплозащита, бывает крайне редко – 3 суток.

Москва – город с промежуточным между двумя остальными климатом: отопительный период длится в нем 205 суток и имеет среднюю температуру -2,2 °С. Период температуры наружного воздуха выше +5 °С стоит около 178 суток, а выше 22 °С – 12 суток.

Астрахань – город с коротким относительно остальных рассмотренных городов 165 суток и теплым – средняя температура -0,7 °С отопительным периодом. В Астрахани продолжительный теплый период года. Температура наружного воздуха выше +5 °С длится около 228 суток. Причем, температура выше поддерживаемой в помещении при машинном охлаждении 22 °С наблюдается порядка 75 суток.

В работе рассматриваются три варианта сопротивлений теплопередаче наружной стены и покрытия, рассчитанные по СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий»: 1 вариант рассчитан по формуле (5.4) СП 50.13330.2012, 2 вариант рассчитан по формуле (5.1) того же СП с применением понижающего коэффициента 0,63 для стен и 0,8 для покрытия по отношению к варианту 3, 3 вариант тепловой защиты соответствует базовым нормам, исходя



из энергосбережения по табл. 3 того же СП. Величины сопротивлений теплопередаче,  $\text{м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$ , приведены в таблице 2.

**Таблица 2.** Сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций,  $\text{м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$

Город	Наименование ограждающей	Вариант теплозащиты	Вариант теплозащиты	Вариант теплозащиты
Воркута	Наружная стена	1,558/1,558	2,401/2, 439	3,811/3,871
	Покрытие	1,753/1,753	4,065/4,130	5,080/5,162
	Окно	0,759	0,759	0,759
Москва	Наружная стена	1,226/1,224	1,619/1,621	2,57/2,576
	Покрытие	1,379/1,371	2,74/2,748	3,42/3,423
	Окно	0,66	0,66	0,66
Астрахань	Наружная стена	1,05/1,057	1,40/1,400	2,22/2,224
	Покрытие	1,18	2,37/2,371	2,96/2,967
	Окно	0,59	0,59	0,59

Примечание: Над чертой показаны значения требуемых нормами сопротивлений теплопередаче, под чертой – расчетных.

Отдельные характеристики некоторых зданий приведены в таблице 3.

Удельные тепловые поступления в помещения (без учета солнечной радиации) приняты в рабочее время с 9 часов до 18 часов на 3-х уровнях:  $0 \text{ Вт}/\text{м}^2$ ,  $40 \text{ Вт}/\text{м}^2$ ,  $80 \text{ Вт}/\text{м}^2$ .

**Таблица 3.** Основные геометрические характеристики зданий

Параметр здания	Вариант здания					
	1	2	3	4	5	6
Длина. м	13,6	20,4	61,2	88,4	115,6	115,6
Этажность	2	1	15	24	22	40
Площадь здания. $\text{м}^2$	549	412	18 544	42 856	51 373	93 405
Площадь наружных ограждающих конструкций. $\text{м}^2$	802	729	10 760	22 116	25 638	44 705
Объем здания. $\text{м}^3$	2 143	1 607	72 320	167 140	200 353	364 279

## **Результаты**

При расчете годовых затрат теплоты и холода учитывались удельные технологические теплопоступления в помещения на 1 м<sup>2</sup> площади пола в рабочее время, а также проникающая через светопрозрачные ограждающие конструкции солнечная радиация. Понятно, что чем ниже теплозащита, тем больше потребность здания в тепловой энергии. Величина внутренних теплопоступлений снижает нагрузку на систему отопления в рабочее время. Однако избытки теплопоступлений увеличивают нагрузку на систему кондиционирования воздуха, и чем выше теплозащита, тем больше эта нагрузка. Поскольку более низкая теплозащита способствует лучшему оттоку теплоты через наружные ограждающие конструкции здания.

Оценку энергетически целесообразного уровня теплозащиты необходимо вести по общему показателю между теплотой и холодом. Такой величиной является первичная энергия, необходимая для получения в дальнейшем теплоты и холода.

## **Заключение**

В рассматриваемых городах по результатам исследования получено, что наиболее выгодный вариант теплозащиты зданий с энергетической точки зрения является наибольший уровень теплозащиты.

Полученный результат подтверждает экономические расчеты, в которых сравниваются затраты на утеплитель с затратами на энергию на поддержание заданного режима здания. Однако влияние теплозащиты на экономическую составляющую не ограничивается только этими двумя показателями затрат. Окончательное решение должно быть за подробным экономическим расчетом.

## **Библиография**

1. Дерина М.А., Семина Г.А. Влияние климатических характеристик на энергетическую эффективность в многоквартирных жилых домах на примере г.Пензы // Образование и наука в современном мире. Инновации. 2021. № 2 (33). С. 106-112.
2. Иванова Л.В. Развитие нормативных требований к тепловой защите зданий // Архитектура и дизайн. 2020. № 1. С. 33-44.
3. Малявина Е.Г., Фролова А.А. Экономическое обоснование выбора теплозащиты офисных зданий / Известия высших учебных заведений. Строительство. 2018. № 9 (717). С. 56-65.

4. Малявина Е.Г., Фролова А.А. Влияние климатических особенностей района строительства на экономически выгодный уровень тепловой защиты офисных зданий / Известия высших учебных заведений. Строительство. 2020. № 11 (743). С. 89-99.
5. Фролова А.А., Петров Г.А. Требуемый уровень теплозащиты ограждающих конструкций для общественных зданий в России и европейских странах // Энергосбережение и водоподготовка. 2021. № 3 (131). С. 27-32.
6. Шокиров Р.М. Повышение энергоэффективности зданий в Республике Таджикистан // Инженерный вестник Дона. 2022. № 3 (87). С. 286-297.
7. António M. Raimundo, A. Virgílio M. Oliveira. Analyzing thermal comfort and related costs in buildings under Portuguese temperate climate // Building and Environment. Volume 219. 2022. №109238. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2022.109238>
8. Yujing Deng, Zhonghua Gou, Xuechen Gui, Bin Cheng. Energy consumption characteristics and influential use behaviors in university dormitory buildings in China's hot summer-cold winter climate region // Journal of Building Engineering. 2021. №101870. DOI:10.1016/j.jobe.2020.101870

## РАЗРАБОТКА МОДЕЛЕЙ ИНЖЕНЕРНЫХ СИСТЕМ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ BIM-ТЕХНОЛОГИЙ

**Мелехин А.А.**<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Национальный исследовательский университет «Московский государственный строительный университет», Москва, Россия.

**Аннотация** Актуальность темы обусловлена развитием цифровых и сквозных технологий для решения различных задач, в том числе в теплогазоснабжении и вентиляции. При проектировании систем ТГВ, а также в учебном процессе уже используются передовые технологии: BIM–моделирование внутренних систем теплогазоснабжения и вентиляции зданий на основе Autodesk Revit; BIM–моделирование ландшафта в Autodesk InfraWorks; моделирование и визуализация наружных сетей теплогазоснабжения с помощью программы Zulu Thermo, Zulu Gaz; инженерные калькуляторы расчета теплового потока на отопление здания, технико-экономического обоснования строительства, прогнозного учёта энергетических ресурсов ntcseis.ru.

**Ключевые слова** инженерные системы, BIM-технологии, технико-экономические алгоритмы

## DEVELOPMENT OF MODELS OF ENGINEERING SYSTEMS OF BUILDINGS AND STRUCTURES USING BIM TECHNOLOGIES

**Melekhin A.A.**<sup>1</sup>

<sup>1</sup>National Research University "Moscow State University of Civil Engineering", Moscow, Russia

**Annotation** The relevance of the topic is due to the development of digital and end-to-end technologies for solving various tasks, including in heat and gas supply and ventilation. Advanced technologies are already used in the design of HVAC systems, as well as in the educational process: BIM–modeling of internal heat and gas supply and ventilation systems of buildings based on Autodesk Revit; BIM–modeling of the landscape in Autodesk InfraWorks; modeling and visualization of outdoor heat and gas supply networks using the Zulu Thermo, Zulu Gaz program; engineering calculators for calculating the heat flow for building heating, feasibility studies of construction, predictive accounting of energy resources ntcseis.ru.

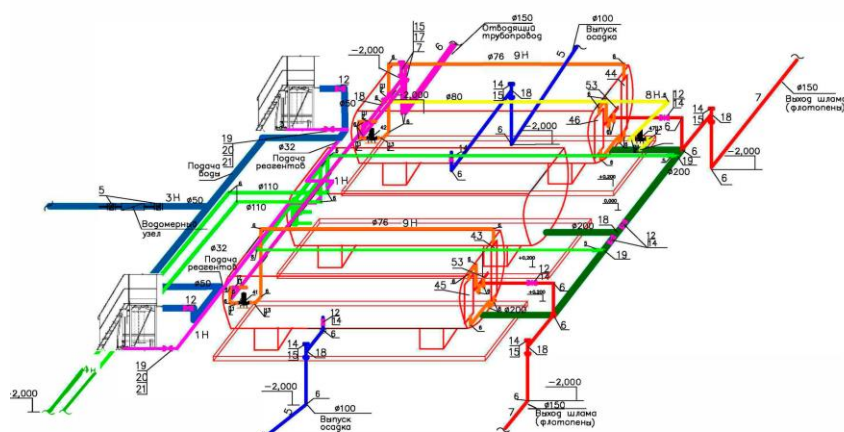
**Keywords** engineering systems, BIM technologies, technical and economic algorithms

## Введение

Разработкой моделей инженерных систем зданий и сооружений с применением BIM-технологий занимаются многие авторы, проектировщики и разные ученые [1]. Уникальность данных исследований с применением BIM-технологий является сложность природных условий для размещения очистных сооружений, а также разработанная технология очистки с размещением в здании технологического оборудования. В частности, размещение биологических прудов нужно было максимально вписать в существующий сложной конфигурации земельный участок заказчика с перепадом высот более 50 метров, различными площадями каждого каскадных прудов. Биологическая очистка воды осуществляется с постепенными прохождением каскада прудов. Для физико-химической очистки предусматривается здание с размещением в нем технологического оборудования и подземных коммуникаций.

## Материалы и методы

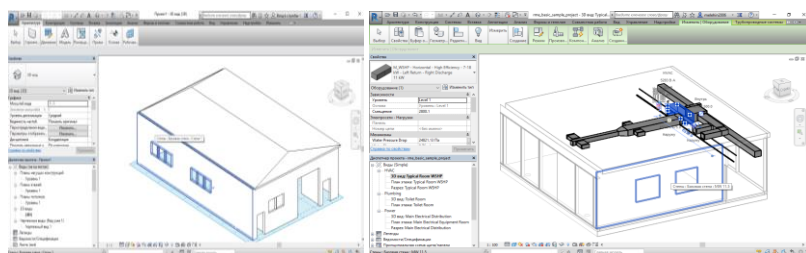
В процессе исследований решена прикладная задача моделирования очистных сооружений, состоящих из здания физико-химической очистки, подземными коммуникаций и биологических прудов с использованием BIM технологий проектирования. В качестве основы для BIM-моделирования принят проект здания физико-химической очистки. На рис.1 показана, разработанная модель инженерных коммуникаций и оборудования здания.



**Рисунок. 1.** Модель технологических инженерных систем

С помощью Autodesk Revit проведено комплексное решение, которое позволило вести проектирование всех внутренних инженерных сетей в едином стандарте, сокращая время на

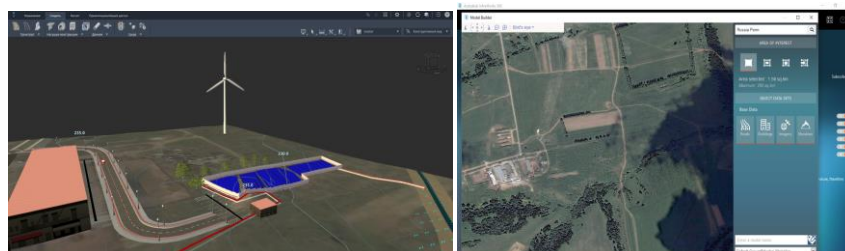
увязку различных систем. Современные технологии трехмерного проектирования, гибкость и качество программы позволили в кратчайшие сроки выполнить проект. С помощью Autodesk Revit спроектировано производственное здание физико-химической очистки с системой приточно-вытяжной вентиляции. На рис.2 показано проектируемое производственное здание с размещением в нем технологического оборудования и инженерных коммуникаций в Autodesk Revit.



**Рисунок 2.** Трехмерная модель здания в Autodesk Revit

Для привязки производственного здания к существующему ландшафту был применен программный комплекс Autodesk InfraWorks 360. Данный программный комплекс мощный инструмент для эскизного проектирования и визуализации различных проектов. В данной программе создана 3D модель существующей инфраструктуры на основе данных из открытых источников и на основе инженерно-геодезических изысканий. В нем проработаны несколько вариантов проектов, проанализированы и сравнены их и, как следствие, принято решение о принятии в дальнейшую работу данного варианта для проектирования и строительства.

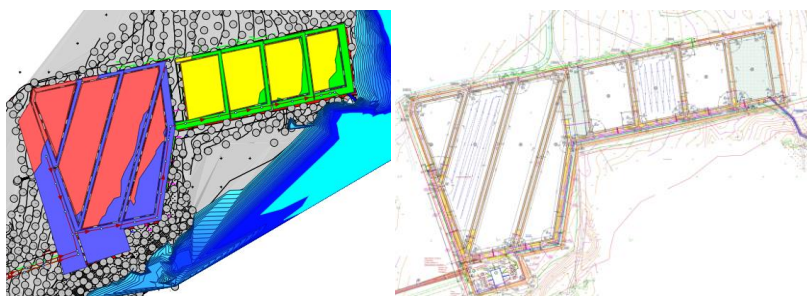
Для решения нашей задачи моделирования здания физико-химической очистки в данной программе загружен слой местности с нанесением и привязкой к проектируемому зданию (рис.3).



**Рисунок 3.** Модель привязки здания Autodesk InfraWorks 360.

Проведено моделирование территории очистных сооружений в программном комплексе Zulu. В результате построена электронно-математическая модель площадки

очистных сооружений при поднятии высотного уровня воды на 2 метра при максимальных характеристиках (рис.4). Построение данной модели позволили запроектировать площадку очистных сооружений с учетом возможных зон подтопления.



**Рисунок 4.** Модель возможного подтопления территории очистных сооружений в программном комплексе в Zulu

Актуальность темы обусловлена развитием цифровых технологий для решения инженерных задач, в том числе в ТГВ. Проблемой является отсутствие теплогидравлических и технико-экономических расчетов в Revit и в других BIM-комплексах. Для решения данной проблемы могут быть разработанные технико-экономические алгоритмы. Кроме того, данные алгоритмы уже реализованы в инженерных калькуляторах, web-приложениях с помощью DHTML программирования [https:// ntcseis.ru](https://ntcseis.ru) [2].



**Рисунок 5.** Фрагмент инженерного калькулятора ntcseis.ru

## Заключение

Использование BIM-технологий позволило: разработать модель промышленного здания с размещением в нем технологического оборудования и инженерных коммуникаций, в программном комплексе Autodesk Revit; оценить несколько вариантов проектов зданий с использованием программного комплекса Autodesk InfraWorks; произвести моделирование площадки с учетом возможных зон затопления в программном комплексе Zulu; в инженерных калькуляторах ntcseis.ru предварительно рассчитать тепловые нагрузки, рентабельность проекта, прогноз по потреблению энергетических ресурсов.

### **Библиография**

1. BIM-моделирование в задачах строительства и архитектуры: материалы III Международной научно-практической конференции Санкт-Петербургский архитектурно-строительный университет. Санкт-Петербург. 2020. 446 с. ISBN 978-5-9227-1039-8 DOI: 10.23968/VIMAS.2020.
2. Мелехин А.А. Разработка технико-экономических алгоритмов расчета для калькуляторов инженерных систем (монография). Москва. Издательство МИСИ – МГСУ, 2021. ISBN 978-5-7264-2920-5.



## СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ И ГАЗОВЫХ ТЕПЛОГЕНЕРАТОРОВ

Парамонов Н.И.<sup>1</sup>, Бусахин А.В.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Национальный исследовательский университет «Московский государственный строительный университет», Москва, Россия.

**Аннотация.** В статье рассмотрена и проанализирована эффективность работы газовых и электрических теплогенераторов в зданиях сельскохозяйственного назначения. Проведён экономический расчёт эффективности применения электрических котлов. Предложен способ максимально эффективного использования электрических котлов в зданиях сельскохозяйственного назначения.

**Ключевые слова.** электрические и газовые теплогенераторы, экономия электроэнергии, двухтарифный учёт, отопление, теплоаккумулятор

## COMPARATIVE ANALYSIS OF THE ECONOMIC EFFICIENCY OF ELECTRIC AND GAS HEAT GENERATORS

Paramonov N.I.<sup>1</sup>, Busakhin A.V.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>National Research University "Moscow State University of Civil Engineering", Moscow, Russia

**Annotation.** The article considers and analyzes the efficiency of gas and electric heat generators in agricultural buildings. An economic calculation of the efficiency of the use of electric boilers has been carried out. A method for the most efficient use of electric boilers in agricultural buildings is proposed.

**Keywords.** electric and gas heat generators, energy saving, two-tariff accounting, heating, heat accumulator

### **Введение.**

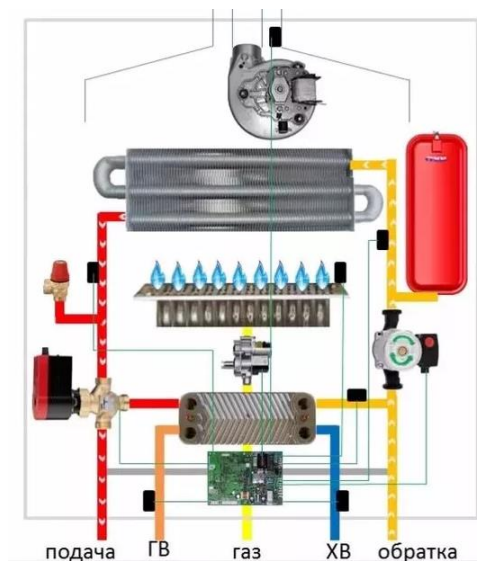
За последнее время на территории России наблюдается значительный рост объемов коттеджного строительства, что приводит к увеличению объемов децентрализованного теплоснабжения с использованием котлов малой мощности.

Топливом для таких теплогенераторов могут служить: газ, уголь, древесина и ее производные, дизельное топливо, электричество. Наиболее распространенным топливом на

территории РФ является природный газ, именно поэтому котельные на этом горючем встречаются повсеместно (рис.1).

Помимо отопления дома и приготовления воды для нужд горячего водоснабжения, подведенный к строению газ может быть использован для приготовления пищи.

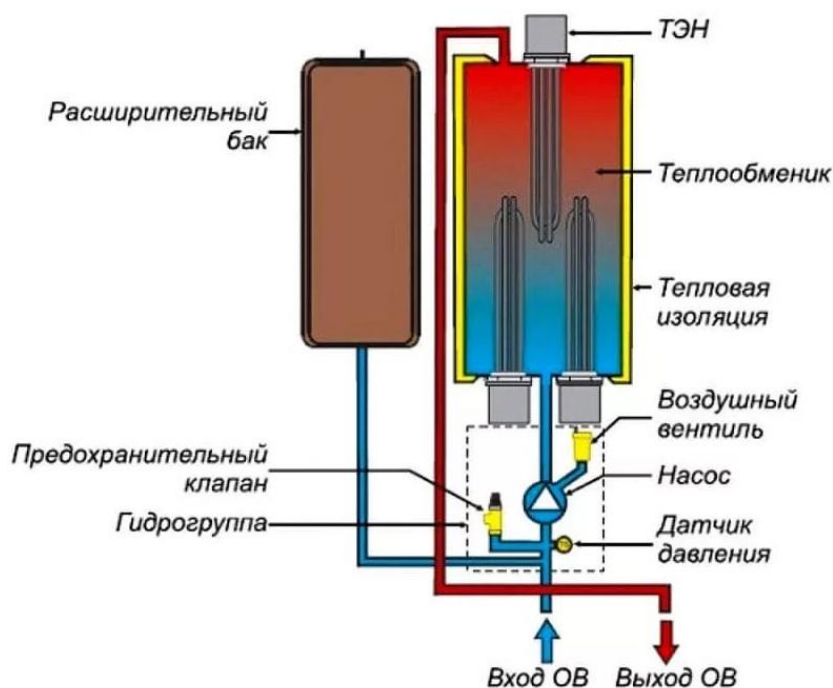
Но у природного газа, как топлива существует ряд недостатков: высокая стоимость подключения поселков и отдельных зданий к системе газоснабжения, относительная дороговизна котельного оборудования, повышенная пожароопасность.



**Рисунок 1.** Принципиальная схема газового котла

Достойной альтернативой теплогенераторам на газовом топливе является электрический котел (рис.2), так как на территории Российской Федерации электрифицированы практически все населенные пункты, в том числе деревни и сельскохозяйственные постройки. Это значительно упрощает процесс монтажа котельной. В отличие от других видов топлива оборудование относительно пожаробезопасно.

Существенными недостатками этой системы являются высокая стоимость электроэнергии и ограниченная мощность, отведенная на один коттеджный участок.



**Рисунок 2.** Принципиальная схема электрического котла

Однако есть возможность существенного сокращения затрат системы отопления с электрическим теплогенератором. Она основана на двухтарифном плане при оплате электроэнергии. Из-за значительной разности в стоимости электричества (4,87 руб/кВт против 1,93 руб/кВт) хорошим вариантом будет записать эту энергию, для последующего использования её в качестве теплоносителя.

Для решения этой задачи мы можем применить схему электрической котельной с применением теплового аккумулятора.

#### **Методика исследований.**

Расчёт нагрузки на систему отопления производится по формуле:

$$Q_o = \frac{TNQ_{op}(t_{вн} - t_{н.ср})}{t_{вн} - t_{нр}}$$

где Т-количество часов работы отопления в сутки (принимается 24 ч); N-число суток в расчетном периоде или продолжительность отопительного сезона (принимается 216 сут.);  $Q_{op}$  – расчётная тепловая нагрузка (максимальный часовой расход) на отопление, кВт\*ч;  $t_{вн}$  – средняя температура воздуха в здании, °С;  $t_{н.ср}$  – средняя температура наружного воздуха за рассматриваемый период (отопительный сезон или конкретный месяц), °С;  $t_{нр}$  – расчётная

температура наружного воздуха для проектирования отопления (температура наиболее холодной пятидневки обеспеченностью 0,92).

Последовательность технико-экономического обоснования при выборе типа устанавливаемого котла рассмотрим на примере.

Для этого условно возьмём для расчёта средний по размерам дом в городе Клине Московской области площадью 100 м<sup>2</sup> и с теплопотерями 6 кВт\*ч.

Продолжительность отопительного периода - 216 суток. Средняя температура воздуха отопительного периода -3,1 °С. Средняя температура воздуха в отапливаемом здании 20 °С.

Приведем теплотехнические характеристики здания:

- общие тепловые потери здания - 6 кВт;
- годовая нагрузка на отопление Q, - 14968 кВт;
- годовой расход на горячее водоснабжение Q, - 4912 кВт;
- годовое потребление дома на отопление и горячее водоснабжение Q, - 19881 кВт.

Стоимость электроэнергии для данного района приведена в табл. 1.

**Таблица 1.** Стоимость электроэнергии в городе Клине [3]

Тариф	01.01.2022 – 31.06.2022, руб./(кВт*ч)	01.07.2022 – 31.12.2022, руб./(кВт*ч)	Усреднённые значения, руб./(кВт*ч)
Ночной	1,85	2,00	1,93
Дневной	4,77	4,97	4,87
Среднесуточный	3,80	3,98	3,40

Стоимость газа для данного района 5,54 руб./м<sup>3</sup>.

КПД газового котла = 0,86,

КПД электрического = 0,98.

Стоимость газификации в нашем случае составляет 500 тыс. руб.

Под эксплуатационными затратами понимается годовая стоимость электроэнергии или газа, потребляемая на нужды системы отопления и горячего водоснабжения.

Проведём расчёт нагрузки на отопление, используя сводные данные по климатологии (рис.3).

Регион строительства	г. Клине
Температура воздуха наиболее	-28

холодной пятидневки, °С, обеспеченностью 0,92	
Продолжительность отопительного перио- да, суток	216
Средняя температура воздуха отопитель- ного периода, °С	-3,1
Абсолютная минимальная температура воз- духа, °С	-43
Усредненная температура по зданию, °С	20
Теплопотери на инфильтрацию	7%

**Результаты расчета нагрузки на систему отопления:**

Площадь здания, м <sup>2</sup>	100
Общие теплопотери здания, Вт	6000
Удельные теплопотери здания, Вт/м <sup>2</sup>	60
<b>Годовая нагрузка на отопление Q<sub>о</sub>:</b>	<b>14968,8</b>
водоснабжение, кВт*ч	

**Рисунок 3.** Расчёт нагрузки на отопление в городе Клин [2]

Затраты на организацию системы отопления индивидуального дома сведены в таблице 2.

**Таблица 2.** Затраты на организацию системы отопления индивидуального дома

	Электрокотел	Электрокотел с тепловым аккумулятором	Газовый котел
Эксплуатационные затраты	65476,26012	40066,80518	14278,3273
Капитальные затраты:	100000	200000	550000
Котельная	100000	100000	100000
Доп затраты	0	100000	400000

Также затраты на организацию теплоснабжения коттеджа представим в виде графика на рис 3. Линия синего цвета соответствует затратам при использовании электрического котла, серого цвета газового, а оранжевая при использовании электрического котла с тепловым аккумулятором.

Из графика видно, что первоначальная стоимость монтажа системы с газовым котлом в разы больше электрического аналога. На восьмой год эксплуатации себестоимость проектов уравнивается, а в последующие года электрическая система становится все более нерентабельной.

Однако существует возможность существенного удешевления системы отопления с электрическим теплогенератором. Она основана на двухтарифном плане при оплате электроэнергии. Для этого предусматривается система отопления с тепловым аккумулятором, который помогает существенно сэкономить денежные средства, что можно увидеть на графике (рис.4).

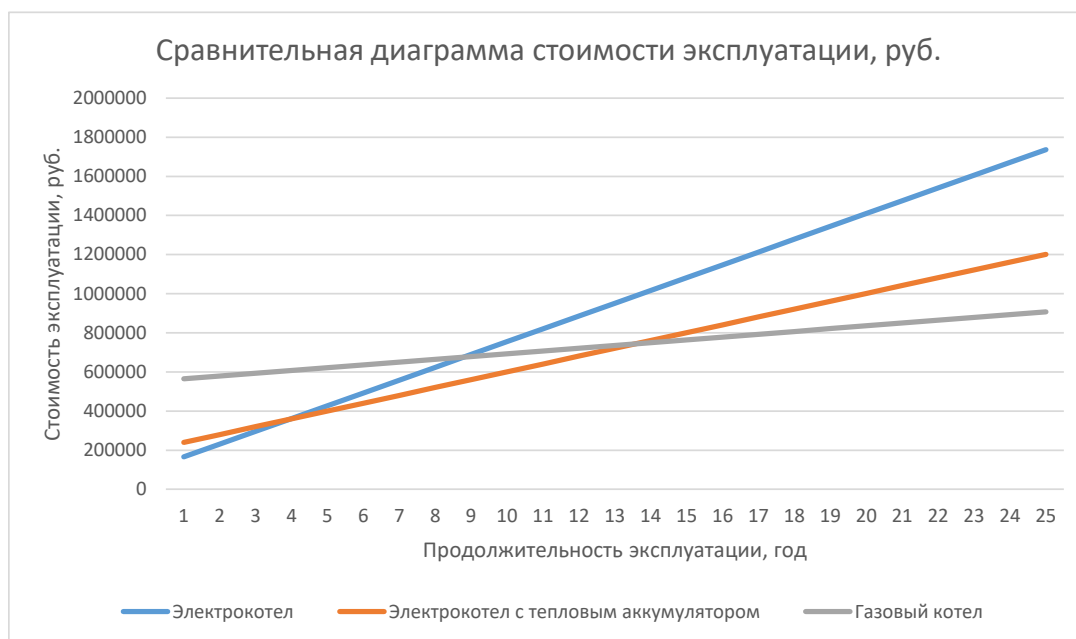


Рисунок 4. Сравнительная диаграмма стоимости эксплуатации, руб.

### Заключение.

В заключение хочется добавить, что нет единого варианта решения задачи теплоснабжения дома. И приходится рассматривать данный вопрос в комплексе. Подходя к нему с разных сторон.

### Библиография

1. Махов Л.М. Отопление - 2-е изд, испр. и доп. - М. Издательство АСВ, 2015. 40с.

2. СП 131.13330.2018 "СНиП 23-01-99\*. Строительная климатология. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/554402860>

3. Тарифы на электроснабжение в Клину 2022 год. Режим доступа: <https://energoseti.ru/rate/klin>

4. Хаванов П.А., Чуленев А.С. Системы дымоудаления – ключевая проблема применения конденсационных котлов // АВОК. – 2019. - №8. – С.58-61.

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ СЕТЕЙ ГАЗОРАСПРЕДЕЛЕНИЯ И  
ГАЗОПОТРЕБЛЕНИЯ В РАМКАХ ПОСТАНОВЛЕНИЯ ПРАВИТЕЛЬСТВА РФ  
№ 1547 ОТ 13.09.2021Г. ВЫЗОВЫ И ЗАДАЧИ, СТОЯЩИЕ ПЕРЕД  
ГАЗОРАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫМИ И ПОДРЯДНЫМИ ОРГАНИЗАЦИЯМИ**

**Романова Е.С.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Директор ООО «СПМК МАГИСТРАЛЬ»

**Аннотация** предпринята попытка обратить внимание на необходимость обеспечения стабильности, надежности и безопасности при проектировании сетей газораспределения и газопотребления в рамках догазификации населенных пунктов. Предложено ввести проведение предварительных изыскательских работ, направленных на обследование и анализ существующих сетей газораспределения, с целью предложения оптимальной концепции догазификации конкретного населенного пункта.

**Ключевые слова:** стабильность, долговечность, безопасность, газовые сети, газификация.

**DESIGNING GAS DISTRIBUTION AND CONSUMPTION NETWORKS FOR  
THE RF № 1547 13.09.2021 GOVERNMENT RESOLUTION. TASKS AND  
CHALLENGES GAS DISTRIBUTION ORGANISATIONS AND VENDORS ARE FACING  
IN THIS REGARD.**

**Romanova E.S.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>CEO «SPMK MAGISTRAL»

**Annotation** an attempt to discuss security, stability and durability issues when designing gas distribution and consumption networks. A number of additional research tasks are proposed aiming at analysing current gasification networks to propose optimal solution when performing additional gasification of inhabited localities.

**Keywords:** stability, durability, security, gas networks, gasification.

Газоснабжение имеет важное значение для экономики и социально-экономического развития регионов РФ. Поставку газа потребителям обеспечивает Единая система газоснабжения региона, развитие которой является задачей газораспределительной организации (ГРО).



Основной объем реализации газа приходится на объекты энергетики – 36%, остальное потребление распределяется между химической промышленностью, населением, металлургией и пр.

**Объем реализации потребителям РФ – 70% или 517 млрд. куб. м**  
**Объем реализации на экспорт – 30% или 221 млрд. куб. м**

#### Структура потребления в России



**Рисунок 1.** Реализация природного газа в 2021г. (данные Академии отраслевых рынков)

Дадим некоторые основные определения терминов отрасли газоснабжение:

Система Газораспределения – это то, с чем мы непосредственно сталкиваемся при использовании газа в быту.

Газораспределительные системы - это имущественно-производственный комплекс, который состоит из организационных экономически связанных объектов, предназначенных для транспортировки и непосредственной подачи газа потребителю.

Газораспределительная сеть – это технологический комплекс газораспределительной системы, состоящий из наружных газопроводов поселений, городских, сельских и пр. населенных пунктов, включая межпоселковые газопроводы, также в газораспределительную сеть входят сооружения на газопроводах, средства электро-химической защиты, регуляторные пункты, автоматизированные системы управления технологическим процессом реализации, распределения газа (АСУ ТП РГ). Виды распределительных газопроводов: наружные газопроводы: подземные, надземные, проложены вне здания до отключающего устройства перед входным газопроводом или до футляра при вводе в здание в подземной исполнении.

Распределительный газопровод – это газопровод, обеспечивающий подачу газа от источника газоснабжения до газопроводов вводов потребителям газа.

Межпоселковый газопровод – это газопровод газораспределительной сети, проложенный вне поселения.

Внутрипоселковый газопровод – это газопровод, проложенный внутри поселения. Внеплощадочный газопровод – распределительный газопровод, который обеспечивает подачу газа от источника газоснабжения до пром потребителя и находится вне производственной территории предприятия, соответственно внутрипроизводственный газопровод – это газопровод проложенный внутрипредприятия, до газоиспользующего оборудования.



Рисунок 2. Данные по общей протяженности сетей газораспределения в РФ на 2019г.

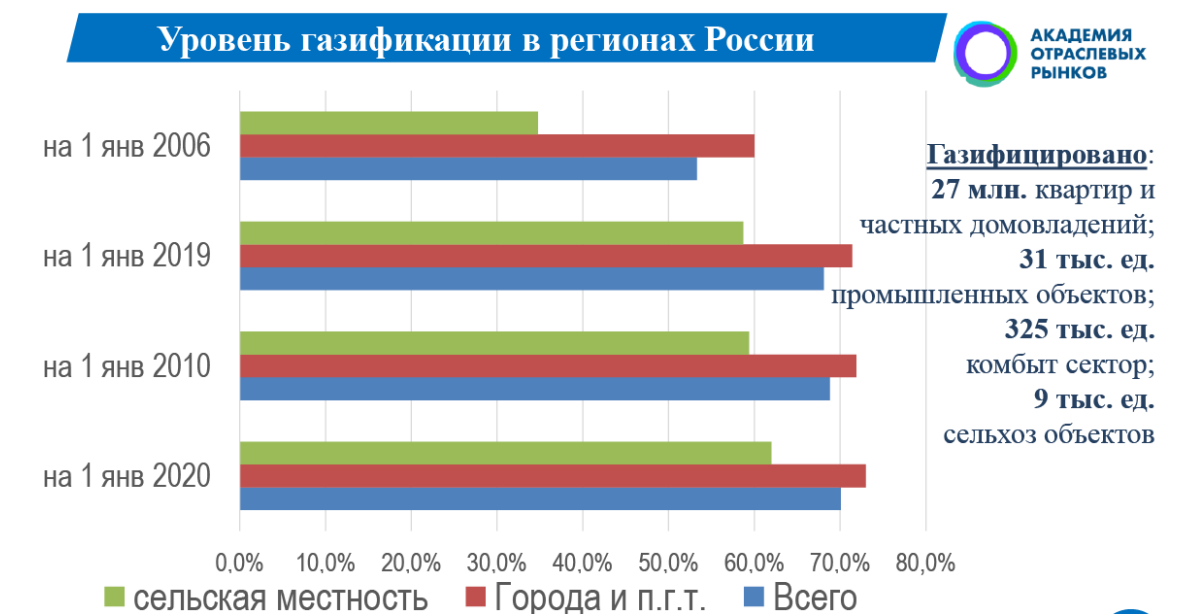


Рисунок 3. Уровень газификации в регионах России

С 2005 года по 2020г. усилиями Правительства, Глав регионов, ПАО ГАЗПРОМ удалось на 17% повысить степень газификации на территории РФ.

30 мая 2020г. вышли поручения Президента Пр-907 по подготовке дорожной карты развития газификации регионов РФ, следует отметить, правительство утвердило концепцию газификации регионов РФ до 2030г. , где заложены принципы: поэтапное завершение газификации к 2024г. и к 2030г., формирование источников финансирования без привлечения средств граждан, использование «единого окна» для получения услуги по подключению. Все меры направлены на ускоренную газификацию.



**Рисунок 4.** Выдержка из поручения Президента РФ

После анализа инструментов стимулирования процесса газификации на пилотных регионах было сформулировано и утверждено постановление 1547 от 2021г.

Правила подключения (технологического присоединения) газоиспользующего оборудования и объектов капитального строительства к сетям газораспределения регламентируются Постановлением правительства РФ № 1547 от 13 сентября 2021г.

Правила определяют порядок действий Исполнителя и Заявителя, от момента подачи заявки на подключение Заявителем, до пуска газа. Также даются рекомендации по подготовке технических условий на присоединение Исполнителем. Рекомендации указаны в пункте 41, и содержат в себе пункты, на основании которых Исполнитель формулирует технические условия:

- а) на основе анализа пропускной способности сети газораспределения

б) с учетом оценки альтернативных вариантов подключения (технологического присоединения) объектов капитального строительства к существующим сетям газораспределения

в) с учетом принятых исполнителем в соответствии с ранее выданными техническими условиями обязательств по обеспечению подключения (технологического присоединения) объектов капитального строительства к сетям газораспределения.

УТВЕРЖДЕНЫ постановлением Правительства Российской Федерации от 13 сентября 2021 г. № 1547

**ПРАВИЛА подключения (технологического присоединения) газоиспользующего оборудования и объектов капитального строительства к сетям газораспределения**

**I. Общие положения**

1. Настоящие Правила определяют порядок подключения (технологического присоединения) газоиспользующего оборудования, проектируемых, строящихся, реконструируемых или построенных, но не подключенных к сетям газораспределения объектов капитального строительства, в том числе сети газораспределения к другим сетям газораспределения (далее - объект капитального строительства).  
На территории субъектов Российской Федерации - г. Москвы, Санкт-Петербурга и Севастополя высшим должностным лицом субъекта Российской Федерации (руководителем высшего исполнительного органа государственной власти субъекта Российской Федерации) могут быть установлены дополнительные критерии осуществления мероприятий по подключению (технологическому присоединению) газоиспользующего оборудования и объектов капитального строительства к сетям

2. В настоящих Правилах используются следующие понятия:

"догазификация" - осуществление подключения (технологического присоединения), в том числе фактического присоединения к газораспределительным сетям газоиспользующего оборудования, расположенного в домовладениях, принадлежащих физическим лицам на праве собственности или на ином предусмотренном законом праве, намеревающимся использовать газ для удовлетворения личных, семейных, домашних и иных нужд, не связанных с осуществлением предпринимательской (профессиональной) деятельности, с учетом выполнения мероприятий в рамках такого подключения (технологического присоединения) до границ земельных участков, принадлежащих указанным физическим лицам на праве собственности или на ином предусмотренном законом праве, без взимания платы с физических лиц при условии, что в населенном пункте, в котором располагаются домовладения физических лиц, проложены газораспределительные сети и осуществляется транспортировка газа;  
"домовладение" - объект индивидуального жилищного строительства или жилой дом блокированной застройки и примыкающие к ним и (или) отдельно стоящие на общем с объектом индивидуального жилищного строительства или жилым домом блокированной застройки земельном участке надворные постройки (гараж, баня (сауна, бассейн), теплица (зимний сад), помещения для содержания домашнего скота и птицы, иные объекты);

**Рисунок 5. Выдержки из постановления 1547 от 13.09.21г.**

Известно, что проектирование сетей газораспределения и газопотребления осуществляется на основе нормативной документации (постановления, ТУ, ПБ, СП, ГОСТ и

пр.) и результатов изысканий (геодезических, геологических, экологических и пр.). Следует отметить, что в некоторых случаях нормативная документация и изыскания не дают возможности самостоятельно принять проектировщику то или иное решение для получения положительного результата при проектировании, так как не учитывают совокупность факторов, влияющих на стабильную, надежную, безопасную работу сетей газораспределения и газопотребления. Однако, имея практический опыт, зная теоретические основы создания сетей газораспределения и газопотребления, разработчику чаще всего удается систематизировать исходную информацию, определить концепцию создания сети газораспределения и газопотребления и оформить техническое решение в Проектную документацию .

При этом важно, что проанализировать и оценить, предложенную проектантом концепцию, необходимо на предпроектной стадии. Предполагается, что предложенный в статье подход к проектной работе по созданию сети газораспределения и газопотребления в рамках Президентской социальной программы догазификации населенных пунктов, поможет выполнять проектирование качественно и оперативно. Автор статьи ставит своей задачей формулировку проблематики при проектировании сетей газораспределения и газопотребления при догазификации и предлагает использовать предпроектное проектирование как один из инструментов решения проблем, возникающих при разработке сметной документации на основе проектной документации, при строительстве и эксплуатации сетей газораспределения и газопотребления.

На сегодня задачи, которые стоят перед газораспределительными организациями при выполнении постановления 1547 от 13.09.21г. можно сформулировать следующим образом, специалистам ГРО необходимо:

1. Проанализировать пропускную способность существующей газораспределительной сети
2. Систематизировать поданные заявки, объединить по группам в соответствии с расположением в населенном пункте, учесть перспективные заявки
3. Построить схему догазификации в границах населенного пункта
4. Сформулировать технические условия (ТУ) с указанием источника газификации и оформить схему для проведения инженерных изысканий (ИИ) с последующей разработкой проектной документации
5. Выполнить строительно-монтажные работы (СМР) по устройству сети догазификации и пуск газа

При этом необходимо учитывать, что для выполнения поставленных выше задач, газораспределительной организации и подрядным организациям приходится сталкиваться со следующими вызовами:

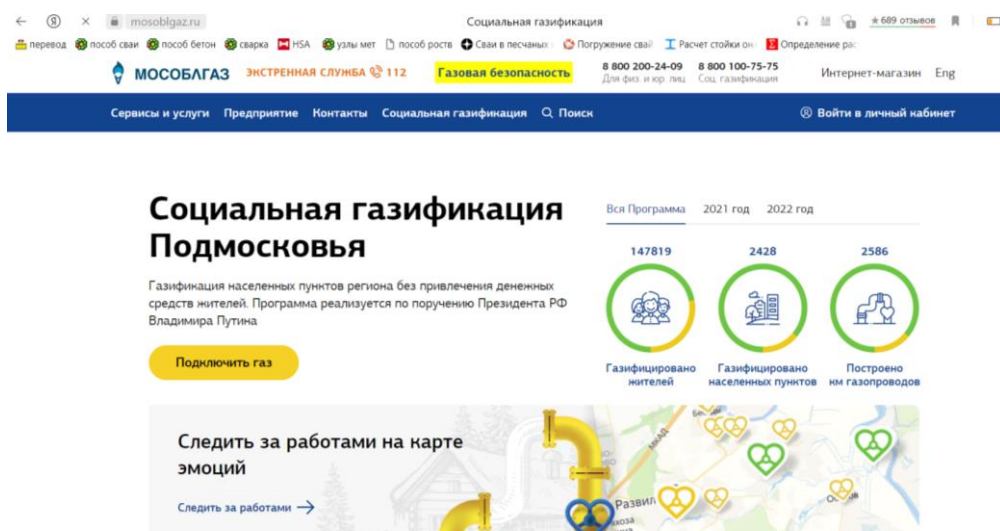
1. Дефицит пропускной способности
2. Отсутствие полной информации о количестве домовладений в населенных пунктах и их готовности к газификации (заявки подаются в большей степени не коллективно и без системно)
3. Отсутствие актуальных топографических съемок и карт-планов населенных пунктов не позволяет корректно оформить схему
4. Жестко лимитированный бюджет
5. Сжатые сроки плановой догазификации

Учитывая задачи и вызовы, перечисленные выше, предлагается формулировка некоторых мер, способных оказать содействие в достижении нужного результата при выполнении плана догазификации:

1. Не учитывая конкретно поданные заявки рассматривать населенный пункт в комплексе, получая актуальную информацию о количестве домовладений у администрации населенного пункта
2. Предусматривать ликвидацию дефицита пропускной способности на этапе выдачи технических условий
3. Разрабатывать схему газификации, учитывая ситуацию «на земле»: существующие коммуникации, охранные зоны, благоустроенные участки общего пользования
4. Передавать подрядчику исчерпывающий перечень исходных данных и подробно и четко сформулированные технические условия догазификации
5. Предложено ввести проведение предварительных изыскательских работ, направленных на обследование и анализ существующих сетей газораспределения, с целью предложения оптимальной концепции догазификации конкретного населенного пункта

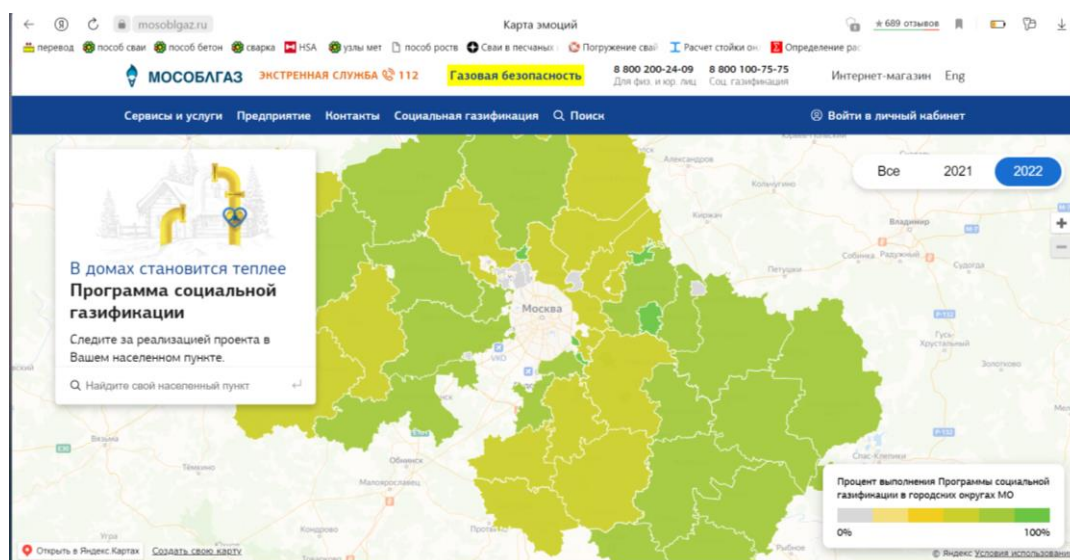
Для обзора и формирования видения процесса исполнения постановления газораспределительными организациями рассмотрим публичную информацию, представленную на официальных интернет ресурсах газораспределительных организаций. Для примера, представлены сайты двух ГРО, а именно АО «Мособлгаз» и ПАО «Газпроммежрегионгаз Волгоград».

Анализируя представленную информацию, можно сделать выводы, что планируемый объем вводимых в эксплуатацию газораспределительных сетей значителен, при этом сроки сжаты.



**Рисунок 7.** Страницы о соцгазификации Официального сайта АО «Мособлгаз»

На территории Московской области программе догазификации отведена приоритетность, в связи с чем, представлено исчерпывающее количество информации, а сайт интуитивно понятен и насыщен деталями, позволяющими легко заявляться и отслеживать статус газификации того или иного объекта.



**Рисунок 8.** Страница-карта о соцгазификации Официального сайта АО «Мособлгаз»

Рассматривая, интернет ресурс ПАО «Газпроммежрегионгаз Волгоград», можно говорить о том, что программа догазификации освещена в основном текстовой информацией, интерактивные возможности не представлены, а чтобы найти нужную информацию о догазификации, необходимо переходить по нескольким ссылкам. Такое отличие от АО

«Мособлгаз» вызвано скорее всего общими объемами необходимой догазификации, на территории Московской области Заявителей гораздо больше. Следует также обратить внимание на то, что подход ГРО к выполнению постановления 1547 одинаков.

Отмечено, что на сегодняшний день потребители заключили с Единым оператором газификации (ЕОГ, ООО «Газпром газификация») и региональными операторами 655 тыс. договоров. 58% из них уже исполнено — газовые сети подведены к границам 380 тыс. домовладений.

Основной объем договоров — около 80% — выполнен силами газораспределительных организаций (ГРО) Группы «Газпром». Они поддерживают набранный высокий темп работ. Только в октябре они выполнили 43,5 тыс. договоров — в 1,6 раза больше, чем в среднем в летние месяцы.

ЕОГ обеспечивает своевременное финансирование экономически обоснованных затрат ГРО, включая независимых, и региональных операторов газификации.

Прием заявок на догазификацию продолжается. Жителям России доступны несколько удобных способов обращения за услугой: дистанционно — на портале ЕОГ (<https://connectgas.ru/>) или сайте Госуслуги, или лично — в многофункциональных центрах и клиентских центрах Группы «Газпром межрегионгаз». Операторы контактного центра ЕОГ ежедневно консультируют граждан по номеру 8-800-101-00-04.

Особое внимание было уделено исполнению новых поручений Президента Российской Федерации Владимира Путина по догазификации. Отмечено, что компания уже направила в Правительство РФ предложения по организации технической возможности подключения к газовым сетям котельных медицинских и образовательных учреждений в уже газифицированных населенных пунктах.

## **Рисунок 9. Страницы о соцгазификации с Официального сайта ПАО «Газпроммежрегионгаз Волгоград»**

Кроме того, одинаковы и принципы безопасной эксплуатации, принципы обеспечения стабильной подачи газа в газораспределительные сети и обеспечение надежности.

Нормативные требования к безопасной эксплуатации объектов газораспределительной системы соблюдаются большей частью за счет ее капитального ремонта и реконструкции. С учетом физического и морального старения объектов объема и протяженности газовых сетей, нуждающихся в капитальном ремонте и реконструкции постоянно нарастают. В целом система газоснабжения населенных пунктов характеризуется многочисленными «закольцовками», что позволяет обеспечить высокую надежность подачи газа потребителям даже при аварийных ситуациях. В целях обеспечения надежной и безопасной эксплуатации газораспределительной системы, а также поддержания стабильного давления газа, газораспределительные организации ежегодно разрабатывают план мероприятий по повышению надежности, устойчивости и бесперебойного газоснабжения, включающий мероприятия по закольцовке действующих газовых сетей, увеличения пропускной способности газопроводов, строительству (перекладке) участков газопровода, монтажу (замене) МРП, ШРП, строительству и замене станций ЭХЗ (станций катодной защиты).



Не часто используемое решение для повышения надежности подачи газа потребителям, это выполнение мероприятий по переводу газопровода с н.д.  $P=300$  мм.вод.ст. на н.д.  $P=500$  мм.вод.ст. с установкой стабилизаторов давления и установкой отключающих устройств, без отключения абонентов. При этом с программой догазификации, такое решение становится более актуальным и оправданным в применении.

При этом на сегодня ГРО важно учитывать и стремительно выросшее количество потребителей, подключаемых в рамках догазификации, зачастую план мероприятий на год необходимо корректировать в соответствии с актуальными данными по планируемым подключениям, иначе есть риск возникновения ситуаций, когда для догазификации населенного пункта необходимы мероприятия по реконструкции подводящей газораспределительной сети к населенному пункту, но в планах на текущий год необходимые мероприятия не предусмотрены, таким образом может возникнуть срыв срока догазификации или создание не надежной газораспределительной сети.

Учитывая, что причиной инцидентов, связанных с механическими повреждениями и отключением ГРП, является нарушение установленных нормативных требований, т.е. человеческий фактор, то число коррозионных повреждений связано в основном с длительной эксплуатацией подземных газопроводов, в том числе без ЭХЗ, низким качеством изоляционных покрытий газопровода. В основном ГРО эксплуатирует газопроводы, построенные в 1950-1960 годах. На сегодняшний день нормативный срок службы подземных стальных газопроводов – 40 лет. Для качественного поддержания газопроводов в работоспособном состоянии необходимо по результатам приборного обследования, коррозионного обследования и диагностирования перекладывать и переизолировать участки газопроводов, находящихся в неудовлетворительном состоянии. В связи с программой ускоренной догазификации, замена и ремонт участков газопровода со сроком эксплуатации более 40 лет, также становятся ускоренными, при этом конечно необходимо учитывать тот положительный факт, что в целях повышения эффективности, надежности и качества эксплуатации газопроводов, при новом строительстве или реконструкции существующих сетей ГРО чаще всего используют полиэтиленовые трубы (иногда полиэтиленовые трубы в изоляции протект) взамен стальных, что значительно продлевает срок службы газопровода и повышает его ремонтпригодность.

Приоритетными, решаемыми задачами для ГРО, предприятий газовой отрасли, подрядных проектных и строительных организаций являются:

- выполнение требований, содержащихся в ФЗ РФ, постановлениях правительства РФ, правилах безопасности, СП, ГОСТ, инструкциях по эксплуатации и др. нормативных документов

- надежная, бесперебойная, безопасная работа системы газоснабжения с учетом догазификации и развития населенных пунктов
- снижение капитальных и эксплуатационных затрат при строительстве, реконструкции объектов газового хозяйства
- необходимость обеспечения стабильности, надежности и безопасности при проектировании сетей газораспределения и газопотребления в рамках догазификации населенных пунктов.

### **Библиография**

1. Ионин А.А. Газоснабжение: Учебник. 5-е изд., стер. – СПб.: Издательство «Лань», 2012 – 448 с. Ил. (Учебники для вузов. Специальная литература)..
2. Колибаба О.Б., Никишов В.Ф., Ометова М.Ю.. Основы проектирования и эксплуатации систем газораспределения и газопотребления: Учебное пособие. – СПб.: Издательство «Лань» 2013 – 208 с. Ил. (Учебники для вузов. Специальная литература.
3. Теоретические основы теплогазоснабжения и вентиляции. Сборник докладов 5 Международной научно-технической конференции МГСУ 2013г.
4. Постановление правительства РФ от 13 сентября 2021г. 1547 Об утверждении Правил подключения (технологического присоединения) газоиспользующего оборудования и объектов капитального строительства к сетям газораспределения и о признании утратившими силу некоторых актов Правительства РФ

## ОЦЕНКА ЗНАЧИМОСТИ НАГРЕВА ПРИТОЧНОГО ВОЗДУХА ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ СИСТЕМ ОТОПЛЕНИЯ

**Бусахин А.В.<sup>1</sup>, Савенко Г.А.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Национальный исследовательский университет «Московский государственный строительный университет», Москва, Россия.

**Аннотация** тенденция обеспечения более комфортных условий проживания, работы и отдыха людей в здании растет с каждым годом. Страны Европы, Россия и Америка признаны наиболее конкурентными в этом вопросе. Нормативная документация, патенты на вентиляционное оборудование, методические пособия, форумы, выставки, проектные решения и многое другое являются действенным способом развития отрасли. Ввиду различных климатических особенностей на территории разных стран, требования к параметрам микроклимата и воздухообмена в здании могут отличаться.

**Ключевые слова** отопление, вентиляция, инфильтрация

## ASSESSMENT OF THE IMPORTANCE OF SUPPLY AIR HEATING IN THE DESIGN OF HEATING SYSTEMS

**Busakhin A.V.<sup>1</sup>, Savenko G.A.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>National Research University "Moscow State University of Civil Engineering", Moscow, Russia

**Annotation** the tendency to provide more comfortable living, working and recreation conditions for people in the building is growing every year. The countries of Europe, Russia and America are recognized as the most competitive in this matter. Regulatory documentation, patents for ventilation equipment, manuals, forums, exhibitions, design solutions and much more are an effective way to develop the industry. Due to the different climatic features on the territory of different countries, the requirements for the parameters of the microclimate and air exchange in the building may differ.

**Keywords** heating, ventilation, infiltration

<sup>1</sup>National Research University "Moscow State University of Civil Engineering", Moscow, Russia

## Введение

Согласно требованиям ФЗ от 30.12.2009 N 384-ФЗ (ред. от 02.07.2013) "Технический регламент о безопасности зданий и сооружений" [1] каждый человек должен получать свежий воздух в помещении. Это связано сразу с рядом проблем, которые возникают при отсутствии грамотного воздухообмена в помещении:

- повышается риск заболевания хроническими болезнями астматического происхождения;
- понижается качество сна и общий уровень жизни человека;
- выделение углекислого CO<sub>2</sub> в процессе жизнедеятельности человека без обновления воздуха в помещении увеличивает количество головных болей и снижает иммунитет организма.

Комплексным документом, который лег в основу нынешнего:

СП 60.13330.2020 «СНиП 41-01-2003 Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха» [2] стал СНиП II-33-75 «Отопление вентиляция и кондиционирование воздуха» [3], в котором уже в те годы был определен требуемый воздухообмен в помещениях различного назначения (например, в приложении 13).

Также известно, что при проектировании системы отопления в зданиях закладывается расход на нагрев инфильтрационного воздуха в размере 10% от общей мощности системы. И это полностью компенсируется запасом мощности, которая предусматривается на отопительные приборы, как правило, в размере 10-15% от рассчитанного значения.

Напрашивается вопрос о правильности такого подхода к смежному проектированию систем общеобменной вентиляции и отопления в рамках данного исследования.

## Материалы и методы

Для наглядности, возьмем за основу приложение «В» в СП60.13330.20 с требуемыми значениями воздухообмена на человека или удельную величину площади в помещении и посчитаем баланс воздуха в помещении, который должен быть обеспечен системой общеобменной вентиляции:

**Таблица 1.** Сравнительная таблица воздухообмена в квартирах

Наименование помещения	Вытяжка, м <sup>3</sup> /ч	Приток, м <sup>3</sup> /ч
С/У+душевая	50	110
Кухня с эл.плитой	60	
С/У+душевая	50	150

Кухня с газ.плитой	100	135
С/У	25	
С/У+душевая	50	
Кухня с эл.плитой	60	175
С/У	25	
С/У+душевая	50	
Кухня с газ.плитой	100	

Принимая во внимание расчеты системы отопления, в среднем, для Москвы, теплопотери в помещениях смежных с наружными стенами, для которых производится расчет и подбирается соответствующее оборудование, составляет порядка 50-60 Вт/м<sup>2</sup>. Сравним результаты требуемых мощностей на нагрев приточного воздуха, который принято брать для системы отопления, и которая в действительности требуется для системы вентиляции. Для этого используется следующая зависимость:

$$Q = 1,163 \cdot L \cdot c \cdot \gamma \cdot \Delta t, \quad (1)$$

где  $Q$  – требуемая мощность теплонагревателя на подогрев наружного воздуха, Вт;

$L$  – объемный часовой расход поступающего воздуха, м<sup>3</sup>/ч;

$c$  – удельная теплоемкость воздуха (принимается 0,24), ккал/кг·°С;

$\gamma$  – удельный вес воздуха (принимается 1,2), кг/м<sup>3</sup>;

$\Delta t$  – разница температуры между наружным и нагреваемым (принимается от -26 по СП 131 [4] до 18 по ГОСТ 30494 [5]), °С;

1,163 – переводной коэффициент ккал/ч в Дж/с (Вт).

**Таблица 2.** Требуемая мощность на нагрев приточного воздуха в Москве

Расход, м <sup>3</sup> /ч	Требуемая мощность, Вт
110	1621,13
135	1989,57
150	2210,63
175	2579,07

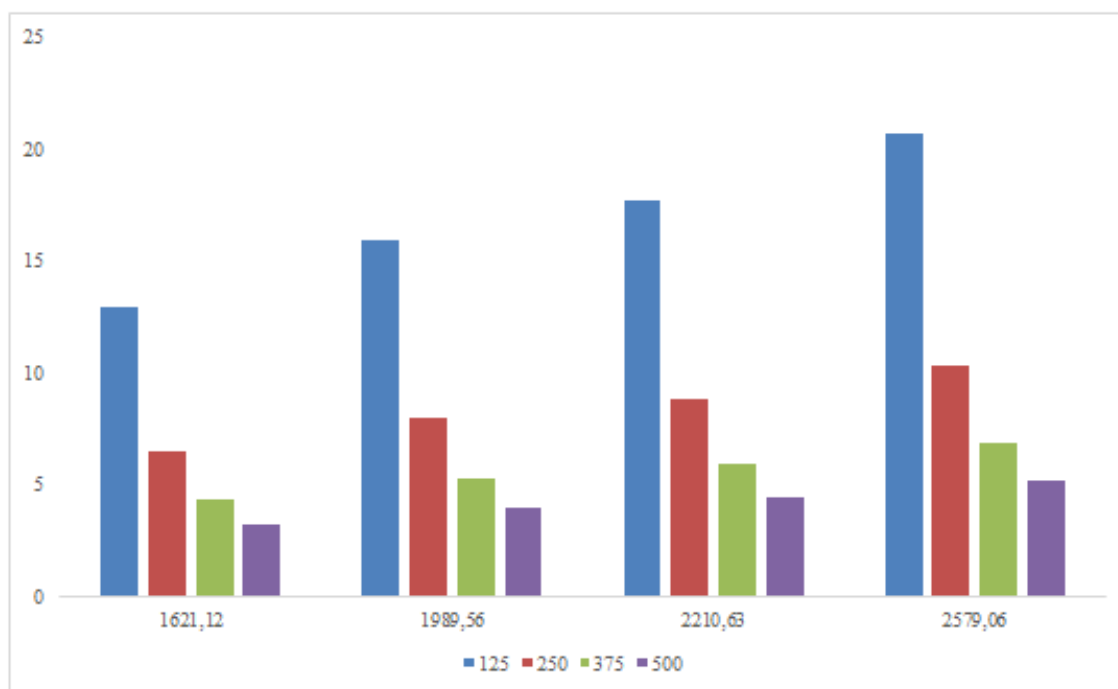
Выполняя укрупненный расчет мощности системы отопления при удельном значении 50-60 Вт/м<sup>2</sup> для квартир различной площади получаем следующие значения:

**Таблица 3.** Средняя мощность системы отопления в различных квартирах Москвы

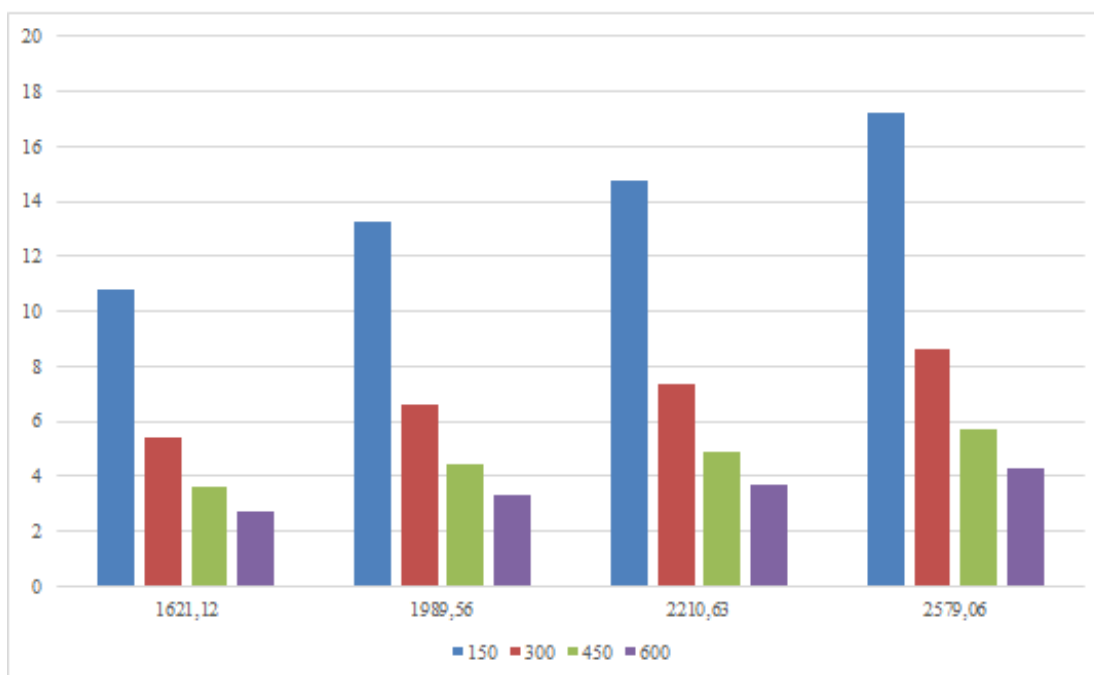
Площадь квартиры, м <sup>2</sup>	Мощность отопления при 50 Вт, Вт	Величина 10% запаса, Вт	Мощность отопления при 60 Вт, Вт	Величина 10% запаса, Вт
25	1250	125	1500	150
50	2500	250	3000	300
75	3750	375	4500	450
100	5000	500	6000	600

### Результаты

На основе результатов, полученных в таблице 2 и таблице 3 наглядно видно, что величина запаса, закладываемого на инфильтрацию воздуха, значительно меньше требуемой мощности, требуемой на нагрев приточного воздуха. Аппроксимируя данные, разброс идет от 3 до 20 и более раз в отношении рассматриваемых мощностей.



**Рисунок 1.** Степень отношения требуемой мощности на нагрев приточного воздуха и 10% запаса в системе отопления (50 Вт/м<sup>2</sup>)



**Рисунок 2.** Степень отношения требуемой мощности на нагрев приточного воздуха и 10% запаса в системе отопления ( $60 \text{ Вт/м}^2$ )

### Заключение

Оценивая полученные результаты, специфику проектированию инженерных коммуникаций и тенденцию развития нормативной документации в рамках данного исследования можно сделать следующие выводы:

- обособленное проектирование систем вентиляции и отопления ведет к неизбежным ошибкам в подборе оборудования и обеспечению дискомфортному проживанию владельцам квартир и их сожителям;
- пропорционально разнице, подобранной мощности систем отопления, относительно требуемой величины, представители застройщика значительно экономят на конечном потребителе, а служба ЖКХ фактически вынуждает переплачивать жильцов за отопление квартиры;
- установленный регулирующий термовентиль на каждый отопительный прибор, в период отопительного сезона, неизбежно будет выкручен в предельно открытое положение, что создаст максимальную нагрузку на систему отопления и, как следствие, работая в таком режиме, все устройства в ИТП/ЦТП выйдут из строя порядком раньше ожидаемого срока эксплуатации;
- постоянный перепад температур и следующая из этого зависимость увеличение болезней вынудит потребителей перекрывать и заклеивать приточные устройства воздуха, чтобы создать комфортную температуру в помещении и в области нахождения окна, что ограничит подачу свежего воздуха и вызовет ряд указанных проблем со здоровьем человека.

## **Библиография**

1. ФЗ от 30.12.2009 N 384-ФЗ (ред. от 02.07.2013) «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений».
2. СП 60.13330.2020 «СНиП 41-01-2003 Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха».
3. СНиП II-33-75 «Отопление вентиляция и кондиционирование воздуха».
4. СП 131.13330.2018 «СНиП 23-01-99\* «Строительная климатология».
5. ГОСТ 30494-2011 «Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях».



# ПРИМЕНЕНИЕ НЕЧЕТКОЙ ЭКСПЕРТНОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ КОНФИГУРАЦИИ ЗДАНИЙ И СИСТЕМ ТЕПЛОГАЗОСНАБЖЕНИЯ И ВЕНТИЛЯЦИИ

Аббасипаям С.<sup>1</sup>, Гордеев-Бургвиц М.А.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Национальный исследовательский университет «Московский государственный строительный университет», Москва, Россия.

**Аннотация** подбор строительных элементов и систем теплогазоснабжения и вентиляции – это процесс, который под силу только узкоспециализированным специалистам из-за множества критериев и сложных правил. Поскольку знания таких экспертов не всегда доступны, использование средств искусственного интеллекта и экспертных систем может оказать ценную помощь в улучшении процесса проектирования конструкций. Неопределенность в процессе проектирования подтверждает необходимость применения нечеткости экспертной системы. Экспертные системы отвечают за сбор, хранение и обработку информации экспертов и помогают менеджерам в принятии решений. В этой статье используется система нечеткого вывода Мамдани для анализа информации, необходимой при проектировании зданий и систем теплогазоснабжения и вентиляции. Учитывая, что информация, полученная от людей, в большинстве случаев является неточной, нечеткая логика и нечеткие экспертные системы являются подходящими инструментами для анализа и обработки такого рода информации. Целью исследования является выработка управляющих решений для реализации нечетких правил на основе лингвистических переменных, чтобы можно было в любое время сформулировать соответствующий ответ системы в соответствии с условиями окружающей среды. Для этой цели использование нечеткой математики в расчетах или создание экспертной системы, информация из базы знаний которой собирается от экспертов и менеджеров программных проектов, является лучшим подспорьем для менеджеров программных проектов в оценке проектов. Кроме того, система нечеткого вывода дает возможность извлекать пользу, исправлять и обновлять информацию с течением времени.

**Ключевые слова:** нечеткие системы, Оптимальный выбор конфигурации здания и систем ТГВ, Неопределенность, Нечеткая система вывода, Осуществимость, Вывод Мамдани.

# APPLICATION OF A FUZZY EXPERT SYSTEM FOR THE CONFIGURATION OF BUILDINGS AND SYSTEMS OF HEAT AND GAS SUPPLY AND VENTILATION

Abbasipayam S.<sup>1</sup>, Gordeev-Burgwitz M. A.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>National Research University "Moscow State University of Civil Engineering", Moscow, Russia

**Annotation** selection of building elements and systems of heat and gas supply and ventilation is a process that only highly specialized specialists can do because of the many criteria and complex rules. Since the knowledge of such experts is not always available, the use of artificial intelligence tools and expert systems can provide valuable assistance in improving the structural design process. uncertainty in the design process confirms the need to use the fuzziness of the expert system. expert systems are responsible for the collection, storage and processing of expert information and help managers in making decisions. This article uses the Mamdani fuzzy inference system to analyze the information needed in the design of buildings and systems for heat, gas supply and ventilation. Considering that information received from people is in most cases inaccurate, fuzzy logic and fuzzy expert systems are suitable tools for analyzing and processing this kind of information. The aim of the study is to develop control decisions for the implementation of fuzzy rules based on linguistic variables, so that it is possible to formulate the appropriate response of the system at any time in accordance with environmental conditions. For this purpose, the use of fuzzy mathematics in calculations or the creation of an expert system whose knowledge base information is collected from experts and software project managers is the best help for software project managers in project evaluation. In addition, the fuzzy inference system makes it possible to benefit from, correct and update information over time.

**Keywords:** fuzzy systems, Optimal choice of building configuration and HVAC systems, Uncertainty, Fuzzy inference system, Feasibility, Mamdani's inference.

## Введение

Выбор строительных систем — это процесс, который под силу только специалистам из-за множества критериев и сложных правил. Поскольку знания таких экспертов не всегда доступны, использование средств искусственного интеллекта и экспертных систем может оказать ценную помощь в улучшении процесса проектирования конструкций. Также для реконструкции разоблачительного поведения.

Люди (при принятии решений, интерпретации, проектировании или планировании) с помощью экспертной системы должны ввести правила, принятые экспертным человеческим разумом, в экспертную систему, чтобы система могла

реализовать правила и представить результат пользователю. Таким образом, первым шагом к разработке экспертной системы является сбор правил, относящихся к этой области знаний. Разработка правил экспертом осуществляется посредством интервью с экспертами или путем чтения научных текстов. По этой причине использование нечеткой математики в расчетах или создание экспертной системы, которая собирает информацию базы знаний от экспертов и других руководителей проектов, является лучшей помощью для руководителей проектов [1].

### **Эффективные критерии при выборе системы здания и определении конфигурации**

Целью выбора строительной системы являются два важных аспекта: один — выбор между тремя вариантами стали, бетона и строительных материалов, а другой — выбор несущей системы (типы рам и конструктивных решений). Одним из наиболее важных вариантов выбора типа каркаса является экономическое обсуждение проекта, а каждый из других факторов в той или иной степени ведет к экономическому обсуждению проекта. С точки зрения правильного и быстрого доступа к требуемым материалам (сталь, песок, цемент и др.) место исполнения является одним из влиятельных факторов при выборе типа каркаса. Погодные условия места казни также могут влиять на выбор типа скелета [2]. При выполнении каждого из стальных и бетонных каркасов необходимо учитывать особые соображения, чтобы качество исполнения каркаса было приемлемым и, как следствие, поведение и характеристики каркасной конструкции были ближе к моделированию инженера-конструктора.

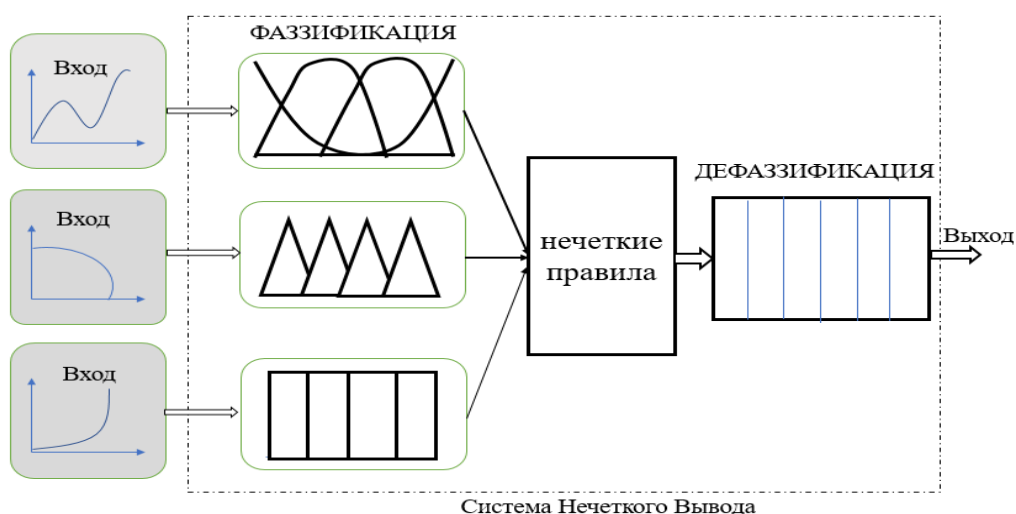
### **Нечеткая логика и экспертная система**

Во многих науках, таких как математика и классическая логика, предполагается, что существуют точно определенные границы и пределы, и тот или иной предмет либо попадает в эти границы, либо нет. Согласно принципам и основам этой логики, все подчиняется только одному фиксированному правилу, согласно которому рассматриваемое утверждение либо истинно, либо ложно. В мире, в котором мы живем, большинство вещей, которые кажутся правдой, являются «относительно» правдой, и всегда существует определенная степень «неопределенности» относительно точности реальных явлений [3].

Лингвистические переменные - одно из основных понятий неточной математики. Эти переменные представляют собой слова или предложения, которые существуют в естественном языке. Например, для переменной «правильность» могут рассматриваться такие значения, как «совершенно правильно», «правильно», «почти правильно» и «неверно». Можно сказать, что не существует общепринятого всеми экспертами определения экспертных систем.

Процесс создания нечеткой экспертной системы, доступной в наборе нечетких инструментов программного обеспечения MATLAB, включает пять шагов (рис,1).

1. Разработка правил «если-то»
2. Фаззификация входов и выходов
3. Построение нечетких правил
4. Взвешивание и приоритизация правил
5. Дефаззификация и отображение результатов



**Рисунок 1.** Показаны этапы реализации нечеткой системы [4]

### **Этапы разработки нечеткой экспертной системы при определении системы построения**

Применение экспертной системы предоставляет подходящий инструмент для облегчения процесса выбора в таком расплывчатом и неструктурированном вопросе.

Экспертная система позволяет проектировщику определять функциональные требования, критерии и ограничения. Затем экспертная система вводит оптимальные варианты и решения, используя свой метод вывода, и, наконец,

наиболее подходящий вариант. Существует множество экспертных систем, которые используются для различных аспектов концептуального проектирования, анализа средств предварительного проектирования и инструментов проектирования. Конечно, в области выбора подходящего скелета проделано не так много работ. Причину этого можно увидеть в эвристическом характере дизайна, который сильно зависит от таких факторов, как суждения, опыт и наличие базовых знаний в области подобных дизайнов. Целью создания подходящей экспертной системы для выбора оптимальной структуры является создание инструмента, помогающего инженерам и архитекторам обнаруживать возможные варианты и выбирать наилучшие путем предоставления интеллектуальных предложений, производства, разработки, оценки и ранжирования логических и приемлемых решений [5]. В этом исследовании был использован наиболее распространенный метод создания системы нечеткого вывода, которым является метод Мамдани. Далее представлены шаги, необходимые для построения системы нечеткого вывода Мамдани [6].

**На первом этапе** эксперт пишет условные правила «если-то». Эти правила основаны на специальных принципах и опыт эксперта складывается по эффективным критериям выбора системы здания и определения конфигурации. Исходя из этого, количество правил определяется экспертом по критериям и мнению отдельного человека или группы экспертов, и чем больше количество этих правил, тем точнее и оптимальнее будет выход системы. Например, Закон № 10 формулируется так:

Если потребность в использовании широкого открытого пространства и минимальных колонн в архитектуре интерьера высока, то предпочтительнее стальная система.

If (Internal\_arch is high) then (structure is steel) (1)

**На втором этапе** способ установки этих входов, следующий: после открытия панели нечетких инструментов системные входы определяются из меню `edite / add variable... /output` (Рис,2). Для системных входов и выходов диапазон изменений определяется треугольными функциями принадлежности с непрерывным числовым значением от 0 до 10. Чем ближе мы приближаемся к 0, выходные данные представляют систему стального каркаса, а чем ближе мы приближаемся к 10, выходные данные представляют систему бетонного каркаса (рис,3).

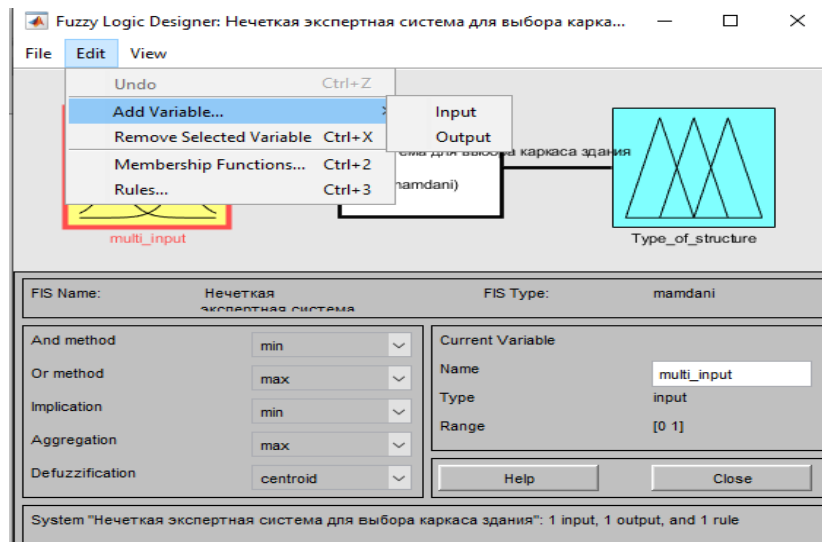


Рисунок 2. Фаззификация входных данных

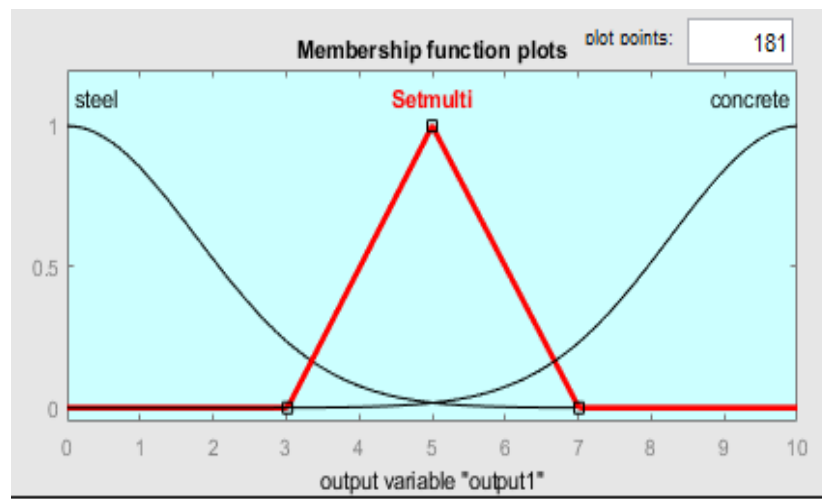


Рисунок 3. Выходные функции принадлежности

На третьем этапе используя входные данные, созданные на предыдущем шаге, начинается создание нечетких правил. Эти нечеткие функции имеют определенный эффективный уровень на выходе, который изменяется с помощью весового коэффициента, который по умолчанию принимается равным единице для всех правил. Чтобы создать каждое нечеткое правило, сначала заходим в меню *Edit / Rules* и там создаем правила, которые были скомпилированы на первом этапе.

На четвертом этапе выполняется приоритизация и взвешивание каждого из сформулированных правил. Вес, присвоенный каждому закону, определяется экспертом на основе важности и деликатности реализации этого закона [7].

**На пятом этапе** чтобы облегчить использование экспертной системы и создать сравнение, чтобы показать эффект каждого ввода и вывода, предоставляется графический вывод с возможностью выбора ввода и выполнения его и отображения соответствующего вывода.

### **Результаты**

В этом исследовании, чтобы свести к минимуму проблему неопределенности и возможной неоднозначности данных, использовалась нечеткая логика, которая имеет возможность принимать неоднозначные и нелогичные данные. Нечеткая экспертная система имеет возможность принимать нечеткую и неточную информацию, а после нечеткой работы по правилам дает совершенно нелинейные выходные результаты, и по сути, нечеткая система является методом легализации анализа и вывода из нечетких данных.

Конечными пользователями и целевым сообществом этого программного обеспечения являются архитекторы и руководители проектов, от которых не ожидается подробного знания деталей проектирования конструкций. Концепции в этой экспертной системе таковы, что ее можно использовать в качестве интеллектуального помощника при проведении предпроектных технико-экономических обоснований и рабочего проектирования. Эта система способна предоставить оптимальное предложение с максимальной точностью и в кратчайшие сроки, используя набор информации, которую она получает от экспертов или справочников.

### **Библиография**

1. Tarighat A., and Elyasi M.. Fuzzy expert system for diagnosis of mechanical deterioration o concert structures / International Conference on Water Resources Management and Engineering, Zhengzhou, China. 2011.
2. Tanilidizi H.. Fuzzy logic model for the prediction of bond strength of high-strength lightweight concrete / Advances in Engineering Software, pp 162-169. 2009.
3. Zadeh L. A.. A fuzzy-algorithmic approach to the definition of complex or imprecise concepts // International Journal of Man–Machine Studies 8. pp. 249–291.2009.
4. Аббасипаям. С, Мокрова Н.В. / Нечеткая логика и интеллектуальное управление инженерными системами зданий” Управление, вычислительная техника и информатика. с 22 по 32, 2073-5529-2022-1-22-32, № 1, 2022.

5. Daviducci V.E., A. Sa'ed Sami. The effect of form on the stability of structure // Publication No. 3 of the Building and Housing Research Center. pp. 1-10.2020.

6. Wan L., Tashnelab M.. Fuzzy systems and fuzzy control / K.N.T University Publications. pp. 5-25. 2021.

7. Аббасипаям С., Мокрова Н.В. / Использование нейронной сети перцептрона для определения параметров промышленной системы” Информатика вычислительная техника и управление. гаоу ао во «АГАСУ», № 4 (34). С. 106–111. УДК 004.032.26. 2020.



# ОСОБЕННОСТИ КЛИМАТИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ В ТЕПЛЫЙ ПЕРИОД ГОДА

Титков Д. Г.<sup>1</sup>, Рымаров А. Г.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Национальный исследовательский университет «Московский государственный строительный университет», Москва, Россия.

**Аннотация** потепление климата отражается на состоянии микроклимата в зданиях, на системе терморегуляции человека, на работе инженерных систем, создающих микроклимат в помещениях. Нормативные документы могут не отражать или не успевать отразить параметры климата, изменяющиеся в связи с потеплением.

**Ключевые слова** потепление климата, температура наружного воздуха, температура внутреннего воздуха, вентиляция, кондиционирование воздуха

## FEATURES OF CLIMATIC CHANGES IN THE WARM SEASON

Titkov D. G.<sup>1</sup>, Rymarov A. G.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>National Research University "Moscow State University of Civil Engineering", Moscow, Russia

**Annotation** climate warming is reflected in the state of microclimate in buildings, on the human thermoregulation system, on the work of engineering systems that create microclimate in premises. Regulations may not reflect or fail to reflect climate parameters changing due to warming.

**Keywords** climate warming, outdoor air temperature, indoor air temperature, ventilation, air conditioning

### Введение

Теплый период года и особенно его летние месяцы для г. Москвы за последние годы характеризуются повышением температуры наружного воздуха. Проведен анализ изменения температуры наружного воздуха в летние месяцы теплого периода года в 2022 году. Температура наружного воздуха совместно с тепловыми поступлениями от солнечной радиации и другими тепловыми потоками в помещениях определяют величину температуры внутреннего воздуха в помещениях зданий, определяют нагрузку на системы охлаждения воздуха, влияют на работу систем кондиционирования воздуха, определяют самочувствие человека и работу его систем терморегуляции.

## **Материалы и методы**

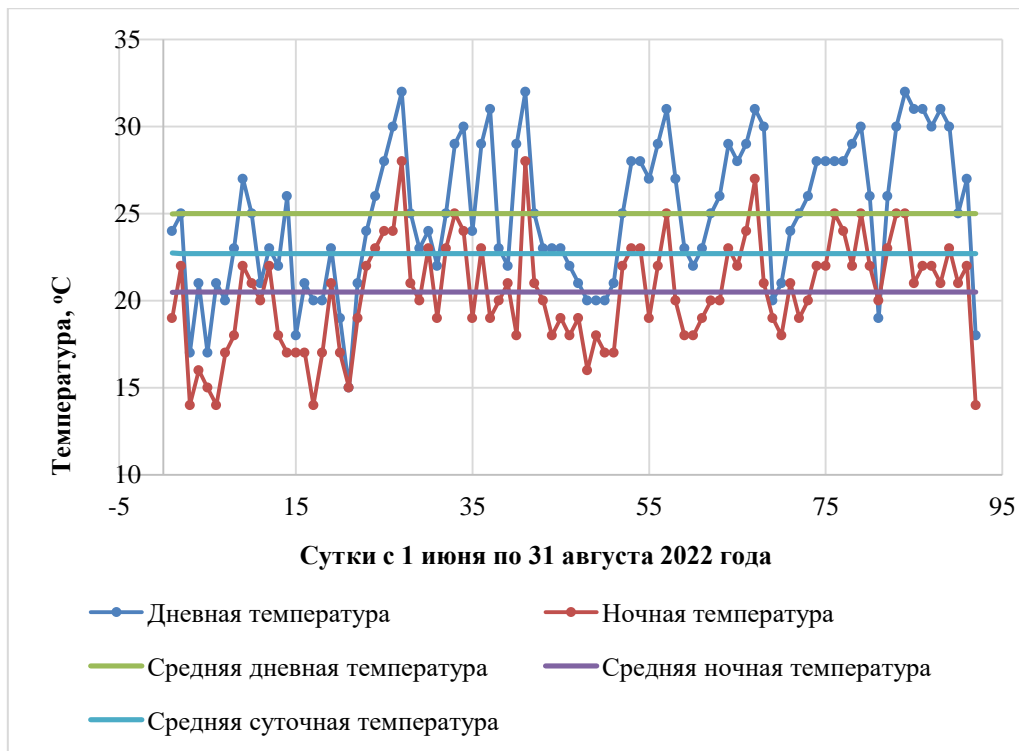
Исследование проводилось на основе открытых метеоданных для г. Москвы. Проведен анализ температуры в дневное и ночное время за летние месяцы 2022 года. Для сравнения взяты справочные значения температурного режима наружного воздуха, приведенные в СП 131.13330.2020 [1]. Так как наружный климат влияет на внутренний микроклимат, то необходимы данные приведенные в ГОСТ 30494-2011 [2].

## **Результаты**

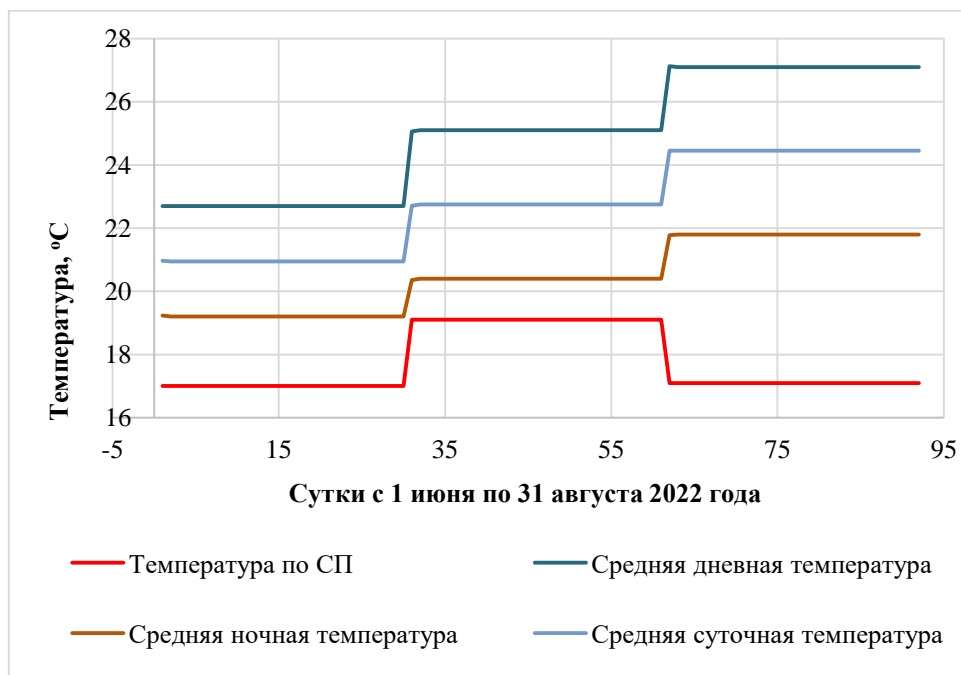
Результаты исследования приведены на рисунках 1-3. На рисунке 1 показано как изменялось значение температуры наружного воздуха днем и ночью, а также приведены средние значения дневной, ночной и суточной температур за весь летний период. Из данных приведенных на рисунке видно, что колебания дневных и ночных температур наружного воздуха имеет широкий диапазон с максимальной амплитудой около 10 градусов. Средние значения температуры наружного воздуха за период с 1 июня по 31 августа следующие: днем 25 °С, ночью 20,5 °С, среднесуточная температура равна 22,7 °С.

На рисунке 2 показаны средние температуры за июнь, июль и август 2022 года и для сравнения показаны средние температуры за эти месяцы согласно СП131.13330.2020. Несмотря на то, что данные СП Строительная климатология пересматриваются, фактические средние за месяц температуры выше приведенных в СП, а самым теплым месяцем вместо июля стал август.

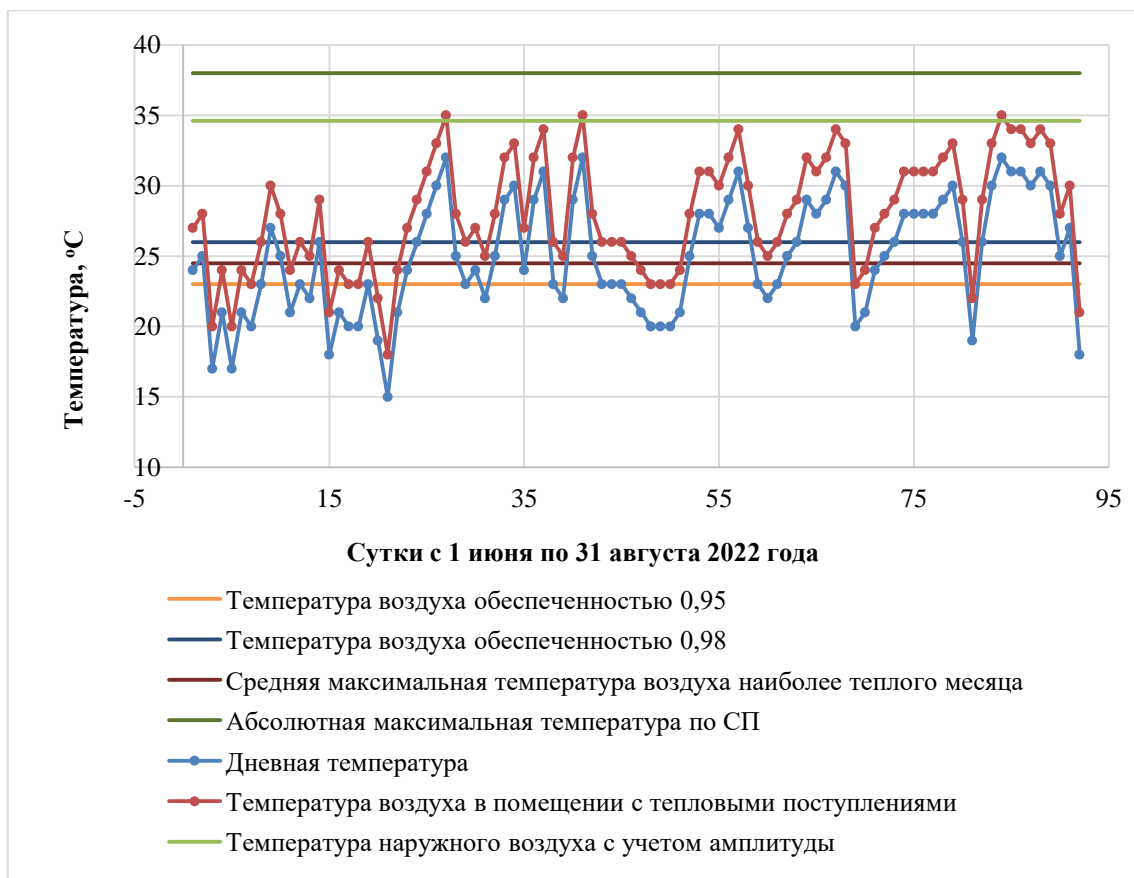
На рисунке 3 показаны изменение дневной температуры наружного воздуха и температуры внутреннего воздуха для помещения с тепловыми поступлениями, а также приведены следующие значения температуры согласно СП 131.13330.2020: температура воздуха обеспеченностью 0,95, температура воздуха обеспеченностью 0,98, средняя максимальная температура наиболее теплого месяца и абсолютная максимальная температура. Если сравнить данные по температуре наружного с данными температур по СП 131.13330.2020 (Температура воздуха обеспеченностью 0,95, Температура воздуха обеспеченностью 0,98, Средняя максимальная температура воздуха наиболее теплого месяца), то они все ниже значений фактической температуры, кроме абсолютной максимальной температуры воздуха и температуры с учетом амплитуды (рис. 3). Что означает возможность получить недостаточную мощность системы холодоснабжения для реализации поставленных задач. Применение обычной вентиляции приводит к разогреву помещений зданий.



**Рисунок 1.** Изменение температуры наружного воздуха в период с июня по август 2022 года.



**Рисунок 2.** Средние температуры за июнь, июль и август 2022 года и средние температуры за эти месяцы согласно СП131.13330.2020.



**Рисунок 3.** Дневная температура наружного воздуха и температура внутреннего воздуха помещения с тепловыми поступлениями, а также приведены значения температуры согласно СП131.13330.2020: температура воздуха обеспеченностью 0,95, температура воздуха обеспеченностью 0,98, средняя максимальная температура наиболее теплого месяца, абсолютная максимальная температура и температура наружного воздуха с учетом амплитуды.

### Заключения

1. Анализ температурного режима в летние месяцы 2022 года показал, что имеет место потепление климата.
2. Превышение фактических температур над нормативными приведет к не достаточной мощности холодильного оборудования в системах кондиционирования воздуха и необходимости увеличения запаса мощности.
3. Применение вентиляции без охлаждения воздуха приведет к разогреву помещений до температуры выше нормативных значений [3].
4. Потепление климата ведет к привыканию людей к более высоким температурам с перестройкой работы системы терморегуляции человека, при которой комфортными будут считаться более высокие значения температуры воздуха в помещениях [4].

## **Библиография**

1. СП 131.13330.2020 Строительная климатология СНиП 23-01-99\*. / Минрегион России – Издание официальное. – Москва, 2020.
2. ГОСТ 30494-2011 Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях. / Межгосударственная научно-техническая комиссия по стандартизации, техническому нормированию и оценке соответствия в строительстве (МНТКС) – Москва, 2011.
3. Рымаров А.Г. Прогнозирование параметров воздушного, теплового, газового и влажностного режимов помещений здания // Academia. 2009. № 5. С. 362.
4. Рымаров А.Г., Титков Д.Г. Энергосбережение в жилых зданиях при индивидуализации микроклимата // Приволжский научный журнал. 2021. № 1 (57). С. 64-71.

# СПОСОБЫ ТЕПЛОПЕРЕДАЧИ В РЕКУПЕРАТОРНОЙ УСТАНОВКЕ МЕЖДУ ВОЗДУШНЫМИ ПОТОКАМИ В СИСТЕМЕ МЕХАНИЧЕСКОЙ ВЕНТИЛЯЦИИ

Хлопицын Д.О.<sup>1</sup>, Рымаров А.Г.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Национальный исследовательский университет «Московский государственный строительный университет», Москва, Россия.

**Аннотация** в проектировании механической системы вентиляции, для современных и уникальных зданий, особое внимание уделяется двум главным аспектам – комфорт и энергосбережение. Усовершенствование и разработка новых технологий энергосбережения в данной сфере, дает положительные результаты в процессе эксплуатации. Именно увеличение коэффициента эффективности инженерного оборудования помогает в рациональном использовании энергетических ресурсов, которых с каждым годом становится все меньше.

**Ключевые слова** вентиляция, рекуператор, теплообменник, теплопередача, теплоноситель.

## METHODS OF HEAT TRANSFER IN A RECUPERATOR INSTALLATION BETWEEN AIR FLOWS IN A MECHANICAL VENTILATION SYSTEM

Khlopitsyn D.O.<sup>1</sup>, Rymarov A.G.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>National Research University "Moscow State University of Civil Engineering", Moscow, Russia

**Annotation** in designing a mechanical ventilation system for modern and unique buildings, special attention is paid to two main aspects – comfort and energy saving. The improvement and development of new energy saving technologies in this area gives positive results during operation. It is the increase in the efficiency coefficient of engineering equipment that helps in the rational use of energy resources, which are becoming less and less every year.

**Keywords** ventilation, recuperator, heat exchanger, heat transfer, heat carrier.

### Введение

Один из вариантов, применяемый для энергосбережения в системе механической вентиляции – использование рекуператора. Рекуператоры или в обобщенном виде

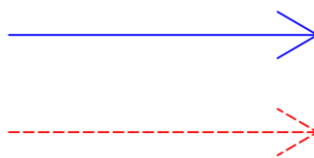
теплообменники позволяют передавать тепло от более нагретого к менее нагретым газам или жидкостям. Теплоносители, которые будут рассматриваться в данной статье – воздух/воздух. В процессе будет произведен анализ и даны рекомендации по использованию существующих способов теплопередачи, протекающих в рекуператорных установках в системе механической вентиляции.

### **Материалы и методы**

В качестве теоретической базы для выполнения данного анализа использованы фундаментальные знания в области тепломассообмена [1-5]. Существует многовариантные способы теплопередачи между теплоносителями, проанализируем их все и дадим характеристику:

1) Прямоточный способ теплопередачи - перенос осуществляется через перегородку, с высоким коэффициентом теплопередачи, при движении теплоносителя в одном направлении относительно поверхности теплообмена.

2)



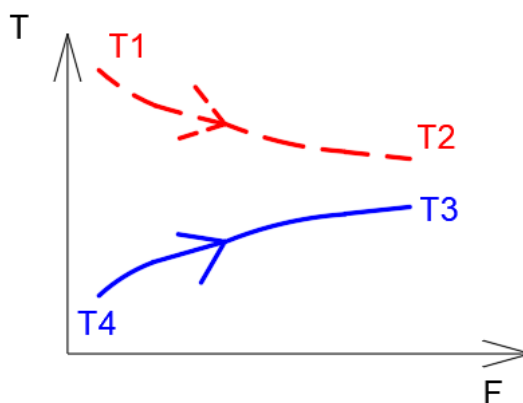
**Рисунок 1.** Прямоточный способ

Данный способ теплопередачи показывает:

- минимальная температура вытяжного воздуха ( $T_2$ ) всегда выше максимальной температуры приточного воздуха на выходе из рекуператора ( $T_3$ ) не может быть выше;

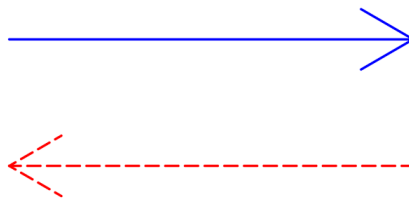
- при большей разности вытяжного и приточного воздуха при входе в рекуператор, разность температур на выходе оказывается минимальной, что приводит к росту необходимой поверхности теплообмена;

- меньшее значение максимальных температур на теплопередающей поверхности (которая лежит между температурами приточного и удаляемого воздуха) и меньший градиент температур по длине теплопередающей поверхности в конструкции рекуператора, приводит к меньшей величине температурных деформаций. Это преимущество используется при конструировании высокотемпературных теплообменников и улучшает условия эксплуатации материала металла с помощью увеличения габаритных размеров установки.



**Рисунок 2.** График распределения температур в прямоточном способе

3) Противоточный способ теплопередачи - перенос осуществляется через перегородку, с высоким коэффициентом теплопередачи, при движении теплоносителя в противоположном направлении относительно поверхности теплообмена.

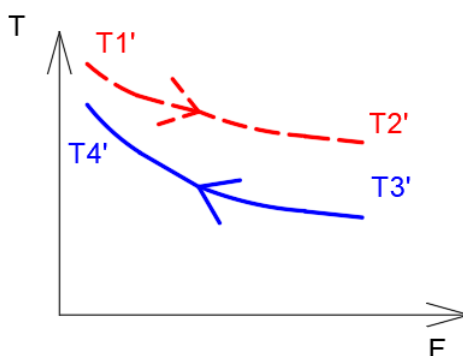


**Рисунок 3.** Противоточный способ

Данный способ теплопередачи показывает:

- минимальной температура вытяжного воздуха ( $T2'$ ) на выходе из рекуператора может быть ниже максимальной температуры приточного воздуха ( $T4'$ ) на выходе из рекуператора;

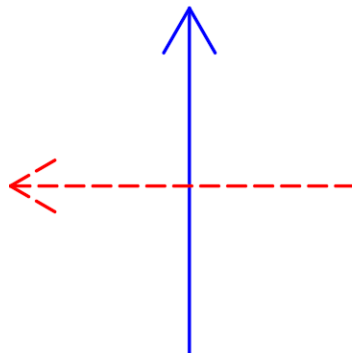
- при одних и тех же начальных и конечных температурах вытяжного и приточного воздуха средний температурный напор при противотоке больше, чем при прямотоке.





**Рисунок 4.** График распределения температур в противоточном способе

4) Перекрестный способ теплопередачи - перенос осуществляется через перегородку, с высоким коэффициентом теплопередачи, при движении теплоносителя в перекрестном направлении относительно поверхности теплообмена.



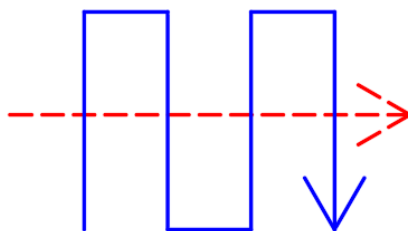
**Рисунок 5.** Перекрестный способ

Данный способ теплопередачи показывает:

- конструкция рекуператоров, при использовании данного способа, проще. Так как не нужны дополнительные отделения выводов потоков воздуха, а сами потоки движутся в перпендикулярном направлении;

- при своей эффективности занимает промежуточное положение между прямоточным и противоточным движением теплоносителей.

5) Сложный (комбинированный) прямоточный способ теплопередачи - перенос осуществляется через перегородку, с высоким коэффициентом теплопередачи, при движении теплоносителя, как в прямоточном, так и в перекрестном направлении относительно поверхности теплообмена.

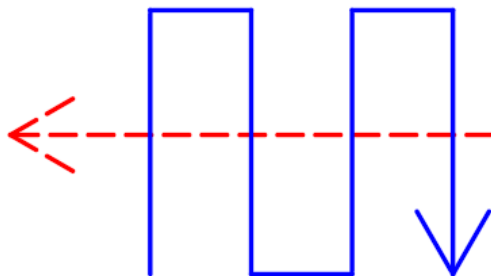


**Рисунок 6.** Сложный (комбинированный) прямоточный способ

Данный способ теплопередачи показывает:

- все плюсы и минусы прямоточного и перекрестного способов.

б) Сложный (комбинированный) противоточный способ теплопередачи - перенос осуществляется через перегородку, с высоким коэффициентом теплопередачи, при движении теплоносителя, как в противоточном, так и в перекрестном направлении относительно поверхности теплообмена.



**Рисунок 7.** Сложный (комбинированный) противоточный способ

Данный способ теплопередачи показывает:

- все плюсы и минусы противоточного и перекрестного способов.

### **Результаты**

По результатам нам становится видно, что самая лучшая конструкция и лучший коэффициент эффективности рекуператорной установки с позиции теплопереноса выходит при использовании сложного (комбинированного) противоточного способа, но использование других способов может быть выгоднее при определенных параметрах и критериях, таких как: теплоносителя, конструкции и материала теплообменных аппаратов, требований в технических заданиях.

### **Заключения**

Произведен анализ многовариантных способов теплопередачи, используемый в рекуператорных установка с теплоносителем – воздух. Для инженеров были выдвинуты анализы и описаны зависимости при использовании того или иного способа конструкции.

### **Библиография**

5. Коновалова Л.С., Загромов Ю.А. Теоретические основы теплотехники. Теплопередача: Учебное пособие. – Томск: Изд. ТПУ, 2001. – 118 с.

6. Н. Ю. Карапузова, В. М. Фокин. Расчет теплообменных аппаратов : методические указания к курсовому и дипломному проектированию / М-во образования и науки Рос. Федерации, Волгогр. гос. архит.-строит. ун-т ;— Волгоград: ВолгГАСУ, 2013. — 64, [3] с.

7. Виноградов С.Н., Таранцев К.В., Виноградов О.С. Выбор и расчет теплообменников: Учебное пособие. - Пенза: Изд-во ПГУ, 2001. - 100 с.
8. Ю. В. Видин, "Инженерные методы расчета задач теплообмена", Москва: Инфра-М СФУ, 2018
9. О. М. Алифанов, "Обратные задачи при исследовании сложного теплообмена", Москва: Янус-К, 300, 2009