

УДК 697:721.011.25

**ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ, ГИГИЕНИЧЕСКИЕ И СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ НОРМАЛИЗАЦИИ МИКРОКЛИМАТА ГЕРМЕТИЗИРОВАННЫХ ЗДАНИЙ**

*канд. техн. наук, доц. В.И. ЛИПКО, А.Б. БАГЕЛЬ  
(Полоцкий государственный университет)*

*Представлены результаты исследований по реформированию систем воздухообмена герметичных зданий, совмещенных с отоплением и рекуперацией уходящей теплоты. Приведены негативные последствия несовершенства действующей технологии вентиляции, основанной на инфильтрации. Показаны новые пути решения нормализации микроклимата со значительно меньшими затратами материальных средств и энергоресурсов.*

**Введение.** В современных условиях обостряющегося мирового энергетического кризиса все цивилизованное человечество пришло к необходимости экономии энергетических и сырьевых ресурсов, особенно в импортирующих странах, к которым относится и Республика Беларусь, где энергоемкость валового национального продукта значительно выше, чем в развитых капиталистических странах мира (например, в США - в 2,76 раза, Японии - в 5,9 раза), что ложится тяжелым бременем на экономику страны.

В целях кардинального решения проблем энергоресурсосбережения в одном из основных секторов экономики - градостроительном, где расходуется 35 % потребляемых топливно-энергетических ресурсов, в данной работе отражены социально и экономически целесообразные способы и технические средства нормализации микроклимата со значительно меньшими затратами материальных средств на строительство и эксплуатацию объектов различного назначения.

**Постановка задачи.** Задачи исследования - актуальные вопросы реформирования технологии вентиляции герметизированных жилых зданий с заменой энергозатратной инфильтрации на организованную подачу свежего наружного воздуха комбинированными системами приточно-вытяжной вентиляции, совмещенной с отоплением, использованием унифицированного оборудования подогрева воздуха за счет солнечной энергии и рекуперации теплоты, трансмиссионной и содержащейся в уходящем воздухе.

**Методы исследований.** Обобщен передовой опыт достижений науки и техники, проведен сравнительный анализ технико-экономических характеристик конструктивных решений оптимизации процессов тепловоздухообмена зданий и отработаны эксплуатационные параметры на экспериментальных моделях и в реальных условиях действующих объектов [1].

Условия формирования микроклимата жилых зданий диктуются сложными физическими и тепло-массообменными процессами.

При естественной вентиляции жилых зданий, согласно действующей нормативной базе, организация воздухообмена в жилых и вспомогательных помещениях квартирного объема осуществляется за счет инфильтрации, основанной на создании перепада давлений внутри и снаружи здания под действием сил гравитации и ветрового давления. Внутри здания создаются восходящие конвективные потоки из-за разности температур наружного и внутреннего воздуха. В осенне-зимне-весенний отопительный период нагрев внутреннего воздуха осуществляется благодаря работе систем отопления зданий и бытовым тепловыделениям (приготовление пищи, электроосвещение, работа бытовой техники, действие системы горячего водоснабжения, тепловыделения от людей, солнечной радиации и т.п.), а в летний период помимо бытовых тепловыделений нагреву внутреннего воздуха способствует активная солнечная радиация и теплота, аккумулированная массивом здания.

Величина перепада давлений переменная, но так как внешнее (барометрическое) давление изменяется в незначительных пределах (от 740 до 770 мм рт. ст.), то величина внутреннего давления в здании колеблется в большей степени из-за суммарного воздействия температурного (гравитационного) перепада и ветрового давления, изменяющегося в широких пределах (при скоростях атмосферных воздушных потоков до 10 м/с и более) с образованием зон повышенного давления с наветренной стороны и пониженного давления с заветренной стороны здания. Причем на формирование воздушных потоков внутри здания существенное влияние оказывают не только количественные характеристики внешних отдельных факторов или их одновременных и суммарных воздействий, но и качественные показатели, такие как изменение направлений ветра, ночные и дневные колебания температуры, неравномерность солнечной активности, бытовых тепловыделений и т.п.

Величина перепада давлений изменяется не только от нестабильных внешних и внутренних факторов, но переменна и по высоте здания, т.е. зависит от высоты (этажности) здания и уровня расположения помещений от поверхности земли. Кроме того, на формирование теплового и воздушного режимов внутри зданий оказывают влияние ориентация помещений в здании по сторонам света, внутренняя плани-

ровна, принятые архитектурно-конструктивные решения, расположение лестнично-лифтового объема, наличие и конструктивное исполнение подвалов, чердаков, оформление фасадов и используемые материалы, теплозащитные свойства и воздухопроницаемость ограждающих конструкций, а также климатические условия географического расположения зданий.

Возведение зданий по ряду причин колеблется от нескольких месяцев до нескольких лет, что способствует накоплению атмосферной влаги в строительных элементах, которая впоследствии длительное время оказывает влияние не только на параметры влажности внутреннего воздуха жилых помещений, но и на эксплуатационные характеристики, так как переувлажненные наружные ограждения снижают их теплозащитные свойства. Поэтому для обеспечения режима сушки в процессе начальной эксплуатации вновь построенного жилого здания необходимы повышенные параметры по температуре и подвижности воздуха внутри помещений за счет повышения интенсивности работы отопительно-вентиляционных систем.



Рис. 1. Плесневые образования

В этот первоначальный период эксплуатации здания в течение двух лет система отопления должна поддерживать температуру внутреннего воздуха не ниже  $t_e = 20\text{ }^\circ\text{C}$ , что на  $2\text{ }^\circ\text{C}$  выше расчетной нормативной  $t_{H_e} = 18\text{ }^\circ\text{C}$ , а система вентиляции должна обеспечивать устойчивую циркуляцию воздуха, при которой вентиляционный воздух ассимилирует (воспринимает) не только бытовую влагу, но и избыточную влагу, выделяемую при сушке строительных конструкций здания, и удаляет через вытяжные каналы в атмосферу. Если технологически такой воздушно-тепловой режим не обеспечивается, то на внутренних поверхностях наружных ограждений избыточная влага конденсируется, способствуя появлению опасных для здоровья людей черных грибковых плесневых образований (рис. 1).

Ядовитые споры этой грибковой плесени, выделяемые в воздух жилых помещений, вызывают серьезные легочные кровотечения, бронхиты, пневмонии, астму, приводящие к летальным исходам для детей, особенно грудного возраста, а при длительном воздействии на организм взрослого человека вызывают хронические трудно излечимые инфекционные заболевания. Опасное для

людей действие спор грибковой плесени «стахиботрис» было впервые замечено американским санитарным доктором Диаборном из г. Кливленда лишь в 1996 году, который таким образом установил связь сырых помещений с легочными заболеваниями.

К сожалению, эта проблема существует не только для бедных жилых кварталов США, но также актуальна в Республике Беларусь, где имеет место дискомфорт микроклимата в жилых помещениях, связанный с повышенной влажностью и загазованностью внутреннего воздуха из-за неудовлетворительной работы отопительно-вентиляционных систем герметизированных зданий.

В градостроительном секторе экономики Республики Беларусь с 1993 года широко внедряются новейшие конструктивные решения ограждающих конструкций, которые практически более чем в два раза снижают теплопотребление при эксплуатации зданий. В этих новых условиях многотрубные системы водяного отопления, характеризующиеся повышенной энерго- и металлоемкостью и высокими эксплуатационными затратами, становятся непригодными из-за низкой эффективности. Поэтому возникает необходимость дальнейшего совершенствования систем тепловоздухоснабжения зданий с заменой теплоносителей на пар и воздух, которые позволяют избавиться от многочисленных дорогостоящих и энергозатратных насосных установок, используемых в низкочастотных водяных системах централизованного теплоснабжения для перекачки огромных масс воды в многотрубных магистральных и распределительных сетях и подъема на высоту многоэтажных зданий.

На рис. 2 представлен один из вариантов классической схемы воздушного отопления, совмещенного с воздухомоснабжением многоэтажного здания ячеистой структуры (жилые дома, общежития, гостиницы, спальные корпуса санаториев и т.п.), в котором приток наружного воздуха осуществляется через заборную шахту 1, нагревательный центр 2, воздухопроизводящий канал 3 и вертикальные каналы 4 приточной вентиляции, а вытяжка отработанного воздуха обеспечивается через каналы 5 вытяжной вентиляции и вытяжную шахту 6. В герметизированных зданиях достаточно установки одного вентилятора (предпочтительнее, по условиям шумозащиты) в вытяжном центре с целью обеспечения нормируемого воздухообмена в летний и переходный периоды года при снижении или отсутствии естественной тяги.

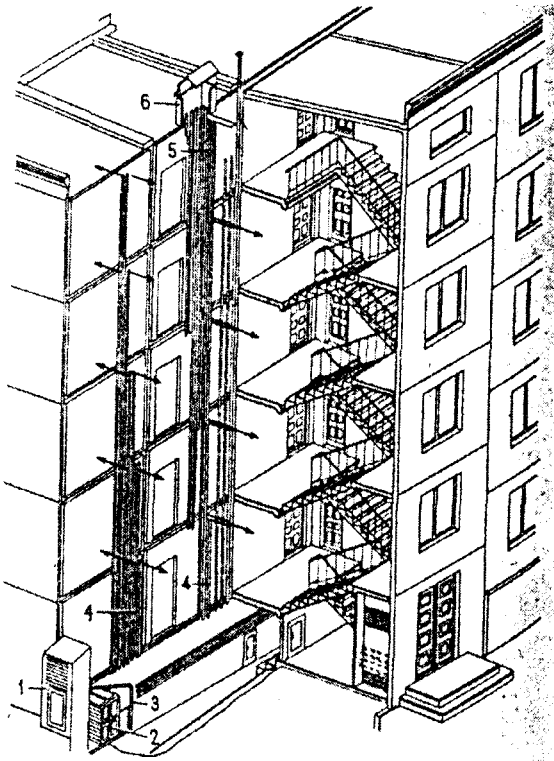


Рис. 2. Вариант воздушного отопления

по каналам вытяжных вентиляционных блоков и магистральным воздухопроводам через рекуператор 1 вентилятором 5 выбрасывается в атмосферу через шахту с дефлектором 6.

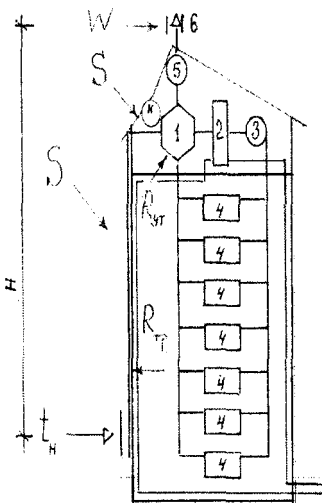


Рис. 3. Камера, объединяющая воздухозаборные каналы

Одним из наиболее эффективных технических решений при создании новой технологии вентиляции герметизированных зданий является дальнейшее совершенствование конструкций бытовых газовых плит с многофункциональным режимом эксплуатации, так как при существующей технологии нормы расхода вентиляционного приточного воздуха в газифицированных кухнях при установке четырехкомфорочных плит составляют  $90 \text{ м}^3/\text{ч}$ , что связано со значительными затратами тепловой энергии на эксплуатацию систем вентиляции.

Основные недостатки применяемых конструкций газовых плит - отсутствие локализации высокотоксичных продуктов сжигания газа, ухудшающих микроклимат жилых помещений и кухонь; необходимость подачи значительного количества свежего наружного воздуха при общеобменной вентиляции для разбавления вредностей до допустимых санитарными нормами пределов, что также связано с понижением

Результаты. На основе изучения литературных источников, передового опыта и патентных материалов разработаны конструктивные решения систем приточно-вытяжной вентиляции с использованием объема теплового чердака для размещения распределительных приточных и вытяжных воздухопроводов. Из рассмотренных вариантов наиболее эффективным является конструктивное решение нового устройства воздухозабора с южного фасада здания в целях использования солнечной радиации для предварительного подогрева приточного вентиляционного воздуха.

В камере K (рис. 3), объединяющей воздухозаборные каналы и расположенной с южной стороны верхнего чердака, также происходит прогрев наружного воздуха через поверхность южного ската кровли с возможной установкой гелиоприемников для аккумуляции теплоты солнечной радиации. Предварительно подогретый воздух поступает в объединенный приточно-вытяжной центр, где предусмотрен рекуперативный подогрев в теплообменнике 1 с использованием теплоты уходящего воздуха. Догрев до расчетных значений температур приточного воздуха осуществляется в воздухоподогревателе 2. Далее по распределительным магистральным воздухопроводам, расположенным в теплом чердаке, воздух подается через приточные блоки и регулируемые решетки в каждое вентилируемое помещение 4 здания в нормируемых объемах. Отработанный воздух

Такой унифицированный центр предполагается устанавливать единым и обособленным для одной жилой секции здания. В объеме теплового чердака нормативная температура воздуха составляет  $12 \text{ }^\circ\text{C}$ , поэтому приточные и вытяжные воздухопроводы теплоизолируются.

Так как применение комбинированных систем тепловоздухоснабжения в жилищном строительстве ограничивалось из-за отсутствия инженерных методов и рекомендаций по расчету и проектированию, в работе выполнен комплекс теоретических и экспериментальных исследований, которые позволили получить с помощью инструментальных измерений или расчетным путем значения необходимых параметров, характеризующих процессы теплообмена, интенсивность транзитных потерь теплоты с поверхностей тепловоздухопроводов различного конструктивного исполнения, характер изменения температур по длине и по времени, потери давления, коэффициенты теплообмена. Полученные в результате компьютерной обработки данные экспериментальных исследований, графические материалы математических зависимостей  $a_{\text{в}} = f(Re)$ ;  $t_{\text{в}} = f(l) \setminus t_{\text{в}} = f(T)$ ;  $AP = f(Re)$ , описывающих физические процессы тепломассопередачи, положены в основу теории расчета и проектирования беструбных систем тепловоздухоснабжения герметизированных зданий высотного и заглубленного исполнения (рис. 4).

температуры внутреннего воздуха, создающего дискомфорт для людей; отсутствие средств утилизации уходящей с отработанным воздухом теплоты через вытяжные системы вентиляции зданий.

Усовершенствованная конструкция бытовой газовой плиты, разработанная в Полоцком государственном университете, полностью лишена всех вышеуказанных недостатков. Помимо универсальности приготовления пищи, сушки и копчения в конструкции газовой плиты предусмотрена закрытая камера сжигания газа, исключающая попадание в зону дыхания вредных продуктов сгорания топлива, с отводом их через теплообменник в газодход вытяжной вентиляционной системы.

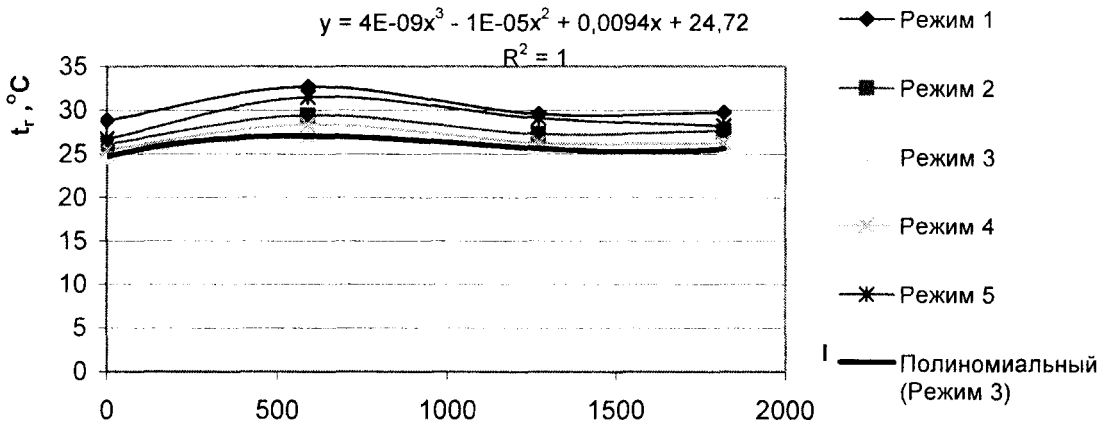


Рис. 4. Математические зависимости, характеризующие интенсивность изменения температуры воздушного теплоносителя по длине тепловоздухопровода при различных скоростях и начальных температурах

На рис. 5 газовая плита 1 показана условно в фрагменте разреза чердачного здания сбоку отдельно от теплообменника 2, к которому она присоединяется через верхний 3 и нижний 4 патрубки газодхода. Теплообменник также имеет решетки 5 для выпуска подогретого приточного воздуха в помещение кухни, патрубок 6 для забора наружного воздуха. Отработанные в теплообменнике высокотемпературные топочные газы через патрубок 7, присоединяемый к вытяжной системе, удаляются из помещения.

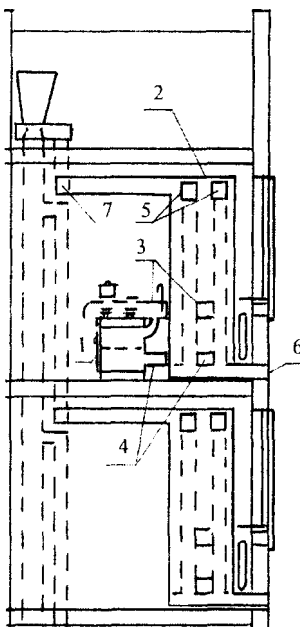


Рис. 5. Технологическая схема системы тепловоздухоснабжения газифицированных кухонь

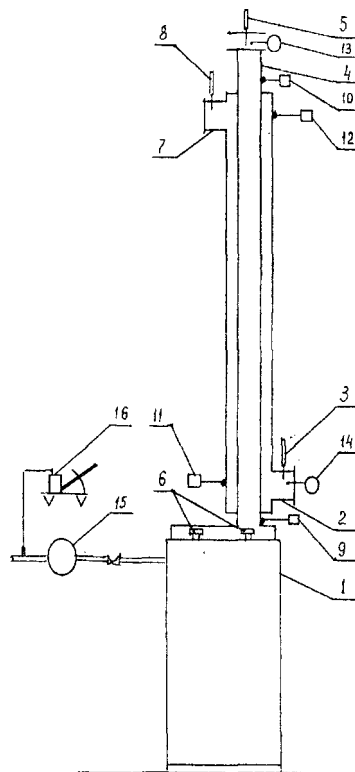


Рис. 6. Экспериментальный стенд

Преимущества такой конструкции бытовой газовой плиты очевидны, так как обеспечивают экономию газообразного топлива до 40 % по сравнению с обычными плитами, снижают нагрузку на систему отопления за счет рекуперации части теплоты уходящих высокотемпературных топочных газов и способствуют улучшению микроклимата вентилируемых помещений (кухонь) благодаря локализации вредных продуктов сжигания газа.

Комплексный подход в разработке комбинированной энергоэффективной технологической схемы тепловоздухоснабжения герметизированных зданий обеспечил создание новейших устройств инженерного оборудования зданий, основные из которых запатентованы, изготолвлены и прошли проверку функциональной эффективности на испытательных стендах в лабораторных и реальных условиях эксплуатации. Технологическая схема системы тепловоздухоснабжения газифицированных кухонь отработывалась на экспериментальном стенде в сочетании с теплообменником, схема которого представлена на рис. 6.

Установка состоит из газовой плиты 1 (с газовыми конфорками б), теплообменника, включающего греющий газоход 4 круглого сечения, диаметром  $d_p$ , нагревателя воздуха квадратного сечения с входным 2 и выходным 7 патрубками.

Для фиксации температур греющего и нагреваемого теплоносителя, а также температур поверхностей установлены термометры стеклянные 3, 5, 8 и контактные 9, 10, 11, 12.

Для фиксации скорости движения и расходов греющего и нагреваемого воздушных теплоносителей на установке применяются крыльчатые анемометры 13, 14. Для определения расхода сжигаемого газа в установке использован газовый бытовой счетчик 15, а для фиксации давления газа - микроманометр 16.

Теоретические основы расчета рекуперативного теплообменника газовой плиты разработаны на основе критериальных зависимостей теории подобия физических процессов теплообмена при нагреве наружного вентиляционного воздуха за счет уходящей теплоты продуктов сжигания газообразного топлива при переменных температурных и аэродинамических режимах эксплуатации. Результаты анализа комплексных теоретических и экспериментальных исследований положены в основу методики расчета и дальнейшего конструктивного совершенствования теплообменников рекуперативного действия с максимальной эффективностью использования теплоты уходящих топочных газов.

### Выводы

1. Теоретически и экспериментально обоснована необходимость перехода на энергоэффективные комбинированные системы тепловоздухоснабжения зданий с наружными ограждениями повышенной теплозащиты и герметичности в современных условиях сложившихся социальных и экономических критериев жизнеобеспечения, что позволило в настоящей работе на основе анализа результатов исследований по оптимизации режимов эксплуатации уточнить и дополнить методики теплотехнического и аэродинамического расчетов и разработать конкретные рекомендации по проектированию, строительству и эксплуатации объектов жилищнокультурного и спецсооружений [1, 3, 4, 5, 6].

2. Разработаны теоретические основы расчета прямоточного теплообменника универсальной бытовой газовой плиты, защищенной авторским свидетельством, обеспечивающие взаимосвязь динамических процессов воздухообмена газифицированных кухонь при переменных температурных и аэродинамических режимах тепломассообмена, снижающих до 40 % расход топлива при одновременной максимально эффективной рекуперации теплоты уходящих высокотемпературных газов для нагрева наружного приточного воздуха в режиме воздушного отопления по сбалансированной схеме естественной вентиляции без применения специальных средств автоматики [2, 6].

### ЛИТЕРАТУРА

1. Липко В.И. Энергосберегающая вентиляция жилых и общественных зданий с наружными герметичными ограждениями: Материалы междунар. 53-й науч. техн. конф. профессоров, преподавателей, научных работников и аспирантов Белорусской гос. политех. академии / Мин-во образования Республики Беларусь. Белорусская государственная политехническая академия: В 4-х ч. Ч. 3. - Мн., 1999. - С. 136.
2. Решение о выдаче патента от 30 августа 2001 г. F 24 C 3/00. Газовая плита / Липко В.И. - № а 19990297; Заявл. 30. 03. 1999.
3. Липко В.И. Основы теории расчета тепломассообменных процессов при вентиляции герметизированных зданий // Инженерные проблемы строительства и эксплуатации сооружений: Сб. науч. тр. / Под ред. Д.Н. Лазовского. - Мн.: Технопринт, 2001. - С. 252 - 260.
4. Липко В.И., Шакель А.А. Концепция энергосбережения в системах теплогазоснабжения и вентиляции жилых и общественных зданий с наружными ограждениями повышенной герметичности // Инженерные проблемы строительства и эксплуатации сооружений: Сб. науч. тр. / Под ред. Д.Н. Лазовского. - Мн.: Технопринт, 2001. - С. 270 - 273.
5. Липко В.И. Резервы снижения энергоресурсопотребления на теплоснабжение и вентиляцию зданий // VI Белорусский энергетический и экологический конгресс / НАН Беларуси. Минпром. Мин-во жилищного и коммунального хоз-ва. Минэкономики. Минприроды. ГКНТ. Госкомэнергосбережения. Концерн «Белэнерго». Концерн «Белтопгаз». Мингорисполком. РОО «Информационное общество». ЗАО «Техника и коммуникации». - Мн., 2001. - С. 1 - 5;  
<http://www.tc.by> E-mail: [energia@t-and-c.com.by](mailto:energia@t-and-c.com.by)
6. Липко В.И., Багель А.Б. Совершенствование технологии воздушного обогрева гражданских зданий // Строительство и архитектура. Перспективы развития новых технологий в строительстве и подготовке инженерных кадров Республики Беларусь: Материалы науч.-метод. межвуз. семинара / БГТУ. - Брест, 2004. - С. 165 - 169.