

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение .....	5
Глава 1. ЗДАНИЕ КАК ОСНОВНОЙ ИНСТРУМЕНТ ЗАЩИТЫ ЧЕЛОВЕКА ОТ ВОЗДЕЙСТВИЯ НЕГАТИВНЫХ ФАКТОРОВ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ.....	5
Глава 2. ТЕПЛОГАЗОСНАБЖЕНИЕ И ВЕНТИЛЯЦИЯ КАК САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ ПРОФЕССИЯ И ОБЛАСТЬ НАУКИ .....	6
Глава 3. ЗАДАЧИ СОЗДАНИЯ КОМФОРТНОЙ И БЕЗОПАСНОЙ ИСКУССТВЕННОЙ СРЕДЫ ОБИТАНИЯ ЧЕЛОВЕКА .....	10
Глава 4. СТРОИТЕЛЬНАЯ ФИЗИКА И СТРОИТЕЛЬНАЯ КЛИМАТОЛОГИЯ.....	12
Глава 5. ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАГРУЗОК НА СИСТЕМЫ СОЗДАНИЯ МИКРОКЛИМАТА ЗДАНИЯ И ПОМЕЩЕНИЯ. ТЕПЛОВАЯ МОЩНОСТЬ СИСТЕМ ОТОПЛЕНИЯ .....	12
Глава 6. СИСТЕМЫ ОТОПЛЕНИЯ .....	15
Глава 7. СИСТЕМЫ ВОДЯНОГО ОТОПЛЕНИЯ .....	16
Глава 8. СИСТЕМЫ ВОЗДУШНОГО ОТОПЛЕНИЯ.....	19
Глава 9. СИСТЕМЫ ПАРОВОГО ОТОПЛЕНИЯ .....	19
Глава 10. ОТОПИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ И ОБОРУДОВАНИЕ СИСТЕМ ОТОПЛЕНИЯ .....	20
Глава 11. СИСТЕМЫ ВЕНТИЛЯЦИИ.....	23
Глава 12. ТЕПЛОСНАБЖЕНИЕ.....	30
Глава 13. ИСТОЧНИКИ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ.....	36
Глава 14. ТОПЛИВО ДЛЯ СИСТЕМ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ. ГАЗОСНАБЖЕНИЕ .....	38
Заключение .....	39
Библиографический список.....	40

## Введение

В настоящем учебном пособии приводятся теоретические основы обеспечения теплового комфорта и санитарно-гигиенической безопасности в помещениях гражданских и промышленных зданий. Рассмотрены основные системы, обеспечивающие благоприятный режим помещений зданий, показана взаимная связь между компонентами современного здания как единой технологической системы. В историческом аспекте анализируется развитие науки и техники теплогазоснабжения и вентиляции, отмечены современные особенности и возможные перспективы развития технологий.

### **Глава 1. ЗДАНИЕ КАК ОСНОВНОЙ ИНСТРУМЕНТ ЗАЩИТЫ ЧЕЛОВЕКА ОТ ВОЗДЕЙСТВИЯ НЕГАТИВНЫХ ФАКТОРОВ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ**

Современное здание — результат многих веков становления различных отраслей промышленности, развития науки и техники, результат труда сотен специалистов различных профессий, органичное соединение множества материалов и систем, предмет государственного и отраслевого контроля и регулирования. Современное технически совершенное здание — это единая технологическая система, которая объединяет как строительные конструкции, так и соответствующие назначению здания технологические и инженерные системы. Сейчас уже невозможно себе представить объект строительства, который бы не был оснащен системами вентиляции и кондиционирования воздуха, отопления, тепло- и холодоснабжения, теплоснабжения, водоснабжения и канализации, пожарной и охранной сигнализации, аварийной и противодымной вентиляции, электроснабжения, освещения, связи, системами вертикального транспорта — лифтами и траволаторами, системами тушения пожара. Очень сложно представить здание без системы удаления мусора. Причем это может быть не просто вертикальная шахта мусоропровода, по которой жильцы многоэтажного дома сбрасывают в стоящий внизу контейнер твердые бытовые отходы. В наши дни это может быть высокотехнологичная вакуумная система, которая способна сортировать мусор по фракциям и транспортировать его за пределы контура здания, в том числе и в горизонтальном направлении в единый квартальный центр сбора и сортировки отходов. Разумеется, такая система очень сложна и органически связана с работой других систем здания. Многие современные объекты оснащены системами газо-, топливоснабжения, а также местными, в том числе возобновляемыми, источниками всех видов энергии. На практике применяется всевозможное разнообразие современных технических решений. Некоторые из перечисленных систем действуют в здании обособленно, решая свои узкие задачи, а некоторые создают комплексный эффект за счет различных путей воздействия на параметры внутренней среды, обеспеченность потребителя современными и ставшими уже привычными сервисами. Одним из ярких примеров такой кооперации различных технических систем для достижения комплексного эффекта становится совместное действие систем отопления и вентиляции на параметры микроклимата помещения.

Однако наряду с постоянным совершенствованием технологических систем обеспечения параметров микроклимата следует уделять должное внимание изучению и постоянному улучшению характеристик оболочки здания, которая, в свою очередь, состоит из стен, дверей, окон, кровельного покрытия и других архитектурных элементов. Специалисты часто говорят, что оболочка здания со всеми ее свойствами представляет собой пассивную часть единой технологической системы обеспечения параметров внутренней среды, а системы отопления и вентиляции — активную. От характеристик, свойств и текущего состояния ограждающих конструкций здания будет напрямую зависеть то, насколько эффективно и быстро будут справляться с возложенными на них задачами системы климатизации. Например, при нарастании влажности утеплителя в толще наружной стены будет очевидным образом снижаться ее способность обеспечивать тепловую защиту внутреннего объема здания. Влага в строительных конструкциях собирается обычно из воздуха помещений. Особенно это актуально для комнат с мокрым производственным процессом. А вот управление влажностью воздуха внутри здания возлагается на систему вентиляции.

## ГЛАВА 2. ТЕПЛОГАЗОСНАБЖЕНИЕ И ВЕНТИЛЯЦИЯ КАК САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ ПРОФЕССИЯ И ОБЛАСТЬ НАУКИ

Как видим из приведенных выше соображений, дисциплина «Теплогазоснабжение и вентиляция» (ТГВ) является многоплановой. Часть ее относится к строительству и строительной индустрии, часть — к энергетике, часть — к машиностроению. Существенная часть специальности имеет прямое отношение к коммунальному хозяйству, а другая часть — к технологии промышленного производства. Это обстоятельство требует от специалиста в области ТГВ знаний по широкому кругу вопросов из многих отраслей науки и техники, что составляет его профессиональную особенность и ценность.

В НИУ МГСУ теплогазоснабжение и вентиляция как дисциплина изучается в разных формах на протяжении почти всей истории вуза. У студентов практически всех строительных специальностей и профилей подготовки курс ТГВ читался как один из базовых курсов, формирующих будущего квалифицированного работника строительной отрасли. У студентов специализированного факультета ТГВ круг вопросов, связанных с этой проблематикой, комбинировался из целого списка отдельных специальных дисциплин, глубоко изучающих как оборудование, так и системы отопления, вентиляции, кондиционирования, тепло- и газоснабжения в целом. Путь, пройденный коллективом кафедр бывшего факультета ТГВ, — это история развития отопительно-вентиляционной техники нашей страны за последнее столетие. Специалисты по теплогазоснабжению и вентиляции выполняют одну из важнейших функций — создают благоприятные условия для жизнедеятельности человека, а также обеспечивают необходимые условия для протекания технологических процессов в самых разных производствах.

Специальность «Теплогазоснабжение и вентиляция» занимает особое место в ряду строительных профессий. Инженер по ТГВ должен иметь глубокую подготовку по гидравлике, аэрогидродинамике, тепло- и массообмену, термодинамике, теплопередаче, тепловым двигателям, гидравлическим машинам.

Создание факультета теплоснабжения и вентиляции в МИСИ было объективной необходимостью, связанной с ростом и становлением производства в стране. Первые шаги в области индустриализации России повлекли за собой острую потребность в специалистах, которые должны были заниматься разработкой теоретических основ работы отопительно-вентиляционных систем, конструированием нового оборудования, созданием экономичных и эффективных установок, вопросами индустриализации монтажных работ. Появляются первые труды и учебники отечественных основоположников отопительно-вентиляционной техники: профессоров С.Б. Лукашевича, В.М. Чаплина, Б.М. Аше и др.

Начало оформления специальности и первые выпуски инженеров-строителей со специализацией по отоплению и вентиляции в Москве относятся к 1905 году. В это время в дипломных проектах студентов МВТУ решались вопросы отопления и вентиляции зданий. Организатором и первым руководителем был выдающийся инженер и педагог В.М. Чаплин. До 1922 г. специальность ТГВ развивалась на механическом факультете, а затем по инициативе профессора В.М. Чаплина была переведена на вновь организованный инженерно-строительный факультет училища. Впоследствии, в 1921 г., факультет преобразовался в Московский инженерно-строительный институт, в котором в 1928 г. был создан факультет отопления и вентиляции. Для преподавания на факультете были привлечены талантливые инженеры и педагоги: Н.С. Ермолаев, В.В. Батулин, С.В. Ульяновский, О.Е. Власов, П.И. Кудинов, Т.Ф. Максимов, В.Д. Мачинский, Б.Н. Ляхов, М.М. Щеголев, С.Н. Шорин, Б.Л. Шифринсон и др.

Первым деканом факультета ТГВ был проф. Н.С. Ермолаев. С 1934 по 1953 год факультет возглавлял проф., д-р техн. наук М.М. Щеголев. В последующем деканами факультета были: канд. техн. наук, доц. Владимир Порфирьевич Щеглов (1953–1958), д-р техн. наук, проф. Вячеслав Николаевич Богословский (1958–1964), канд. техн. наук, проф. Александр Григорьевич Егизаров (1964–1988), канд. техн. наук, доц. Вадим Владимирович Поляков (1988–1993),

д-р техн. наук, проф. Юрий Яковлевич Кувшинов (1993–2002), канд. техн. наук, проф. Виктор Андреевич Жила (2002–2011). Тогда же, в 2011 г., изменилась организационная структура НИУ МГСУ. Перестали существовать факультеты, а их функции были полностью возложены на недавно созданные структурные подразделения — институты. И факультет ТГВ вошел в состав Института инженерно-экологического строительства и механизации (ИИЭСМ). С 2011 по 2013 год ИИЭСМ возглавляет канд. техн. наук, проф. Елена Сергеевна Гогина. Затем, в короткий период до середины 2014 г., институтом руководил проф., канд. техн. наук Михаил Алексеевич Степанов. А уже с июля 2014 г. институт возглавил канд. техн. наук Кирилл Игоревич Лушин, который был выпускником факультета ТГВ и много лет до этого проработал на одной из его кафедр — на кафедре отопления и вентиляции.

В период с 1932 по 1937 год факультет ТГВ имел две кафедры: отопления и вентиляции; котельных установок (с 1932 г.). В этот период кафедрой отопления и вентиляции заведовал д-р техн. наук, проф. П.Н. Каменев, кафедрой котельных установок — канд. техн. наук М.М. Щеголев. В 1937 г. на факультете была создана новая кафедра — кафедра теплофикации (зав. кафедрой — проф. Б.Л. Шифринсон).

Весь довоенный период факультет занимался поисками направлений подготовки студентов — будущих инженеров в связи с тенденциями социального преобразования общества и развитием народного хозяйства. Большой вклад в становление факультета и правильную его ориентацию внесли профессора М.М. Щеголев, П.Н. Каменев, Л.Г. Скрицкий, С.Ф. Копьев. Благодаря их усилиям появляются новые учебные направления: отопительно-производственные котельные установки, теплофикация и теплоснабжение, т.е. направления техники, необходимые в тот период государству в первую очередь. В науке появились фундаментальные труды, которые позволили заявить о зарождающейся науке и технике за пределами родины.

Среди первых выпускников факультета много известных ученых, возглавивших важные научные направления в области отопления, вентиляции, кондиционирования воздуха, акустики и аэродинамики — М.П. Калинушкин, В.И. Ханжонков, И.А. Шепелев, лауреат Государственной премии проф. Г.Н. Абрамович, известный акустик проф. Е.Я. Юдин и др.

В предвоенные годы в ряды инженерной общественности Москвы влилась сравнительно большая группа выпускников факультета, среди которых были проф. А.Н. Сканави, М.А. Лапир, в течение многих десятилетий руководивший топливно-энергетическим комплексом Москвы, С.М. Бутусов, впоследствии министр жилищного и коммунального хозяйства РСФСР, главный специалист Госстроя СССР Ю.Б. Александрович, генерал-майор О.К. Агатов, доценты Б.М. Хлыбов, М.М. Баранов и др.

Во время Великой Отечественной войны, как и вся страна, факультет ТГВ встал на защиту нашей Родины. Работа факультета не прервалась в годы войны, она продолжалась в тяжелых условиях 1941–1943 гг. в филиале МИСИ в г. Новосибирске, где учились студенты младших курсов, и с сентября 1942 г. в г. Москве, где обучение продолжали студенты старших курсов. Одни преподаватели факультета продолжали заниматься подготовкой крайне необходимых в это время специалистов, а другие с оружием в руках громили фашистские войска.

Кончилась война, страна занялась восстановлением народного хозяйства. На факультет ТГВ пришли бывшие фронтовики. Это был особый период в жизни факультета, период, когда основная масса студентов, не успев снять гимнастерки, жадно взялась за учебу. Бывшие фронтовики и теперь знали хорошо свою задачу — страна ждала высококвалифицированные кадры. И страна их получила. Бывшие фронтовики В.Н. Богословский, Б.Д. Симаков, Я.И. Духовный, А.Ф. Кудряшев, И.С. Жариков, Я.Г. Кронфельд, А.А. Циганков, А.Г. Егиазаров, О.Я. Кокорин, В.И. Мыльцев, В.Н. Ульянов и многие другие успешно оканчивают институт и становятся ведущими преподавателями кафедр факультета, ведущими специалистами научно-исследовательских и проектных институтов, руководителями производства.

В послевоенные годы на факультете подготовка инженеров качественно еще более расширяется. Этому способствует бурное развитие газовой промышленности и, как следствие, — газоснабжение и газификация городов, населенных пунктов и промышленных объектов, тепло-

фикация и теплоснабжение районов от тепловых электростанций, районных и квартальных котельных. Одновременно с этим возникла необходимость в кондиционировании воздуха в отдельных цехах промышленных предприятий и в ряде общественных зданий. Специалистов в этой области в нашей стране было в то время недостаточно. Кафедры факультета начинают готовить инженеров, которые могли бы работать в области газоснабжения, теплоснабжения и кондиционирования воздуха. Кругозор инженеров значительно расширяется. В 1959 г. кафедра теплофикации получила новое название — кафедра теплофикации и газоснабжения, зав. кафедрой был назначен д-р техн. наук, проф. С.Ф. Копьев. Специальность, которую готовил тогда факультет, и, собственно, сам факультет, стали называться факультетом теплогазоснабжения и вентиляции.

В 50–60-е гг. прошлого века уровень профессорско-преподавательского состава факультета был исключительно высок. Наряду с педагогами старшего поколения, обладавших огромными профессиональными знаниями, опытом и высокой культурой, на кафедрах факультета работали талантливые молодые преподаватели. Они с энтузиазмом занимались научными исследованиями, привлекая к этому большое число студентов. На кафедрах факультета в те годы работали М.М. Щеголев, П.Н. Каменев, С.Н. Шорин, М.С. Иванова, М.М. Баранов, Л.Г. Скрицкий, В.П. Щеглов, М.И. Киссин, П.Ю. Гамбург. Позже на факультет пришли А.Н. Сканава, М.Ф. Бромлей, В.Н. Богословский, А.Г. Егиазаров, А.А. Ионин, Н.Н. Лариков, М.Л. Закс, П.А. Черемушкин, А.А. Киселев.

Большое значение в укреплении факультета имело его слияние в 1959 г. с родственным факультетом Московского института инженеров городского строительства Мосгорисполкома (МИИГС), из стен которого вышли такие известные специалисты, как Е.Е. Карпис, И.Ф. Ливчак, Л.Д. Богуславский, А.В. Нестеренко и др.

До 1959 г. на факультете существовало только лишь дневное отделение, на котором обучались студенты с отрывом от производства. Количество принимаемых студентов на первый курс не превышало 50 чел., т.е. две группы по 25 студентов. В 1959 г. количественно факультет значительно увеличился. Было создано вечернее отделение, где стали обучаться студенты без отрыва от производства. Прием на первый курс как дневного, так и вечернего отделений вырос до 75 человек. Это уже три группы. Деканом факультета в период с 1958 по 1964 год был В.Н. Богословский, доц. кафедры отопления и вентиляции.

Факультет, идя в ногу с развитием народного хозяйства страны, начинает подготовку специалистов по газоснабжению, кондиционированию воздуха, появляется новая отрасль науки — строительная теплофизика. В создании и развитии этих отраслей активно участвуют профессора А.В. Нестеренко и В.Н. Богословский.

На факультете формируется хороший педагогический коллектив, который наряду с подготовкой специалистов занимается научными исследованиями и оказывает помощь промышленности.

К началу 60-х гг. прошлого века в МИСИ был накоплен значительный опыт теоретических и экспериментальных исследований, правильно решался выбор проблем, отвечающих задачам народнохозяйственного развития. К этому же времени относится наибольшее число диссертаций, подготовленных в аспирантуре факультета. Выпускники тех лет работали на всех крупнейших стройках, во многих научных учреждениях и вузах, возглавляя кафедры и лаборатории. Это те, кто в разное время получил подготовку, обучаясь в аспирантуре факультета (Г.Н. Абрамович, О.Я. Кокорин, И.А. Шепелев, И.Ф. Ливчак, М.Г. Калинушкин, В.И. Прохоров, В.И. Бодров, Б.Д. Симаков, М.Х. Хатамов, В.Г. Чихладзе, О.Е. Хачикян, В.И. Колесников, С.М. Малыгин и др.). Созданные в эти годы книги и учебники В.В. Батурина, М.М. Щеголева, П.Н. Каменева, С.Ф. Копьева, Л.Г. Скрицкого и др. долгие годы являлись настольными пособиями для инженера и до сих пор доступны в научно-технической библиотеке НИУ МГСУ.

В 1964 г. факультет возглавил канд. техн. наук, проф. А.Г. Егиазаров. С 1968 г. в связи с сильно возросшим спросом на инженеров, работающих в области теплогазоснабжения и вентиля-

ции, увеличен набор студентов на первый курс до 100 чел. на дневное отделение и 75 чел. — на вечернее.

В 70-е гг. кафедра отопления и вентиляции начинает работы над проблемами утилизации теплоты в зданиях, применения вторичных энергетических ресурсов: низкопотенциальных источников теплоты и теплоты солнечной радиации, разрабатывает метод расчета нестационарного температурного режима зданий, составляет серию программ на ЭВМ, ведет работы по изучению теплового режима периодически отапливаемых зданий, создает научные основы воздушного режима зданий и т.д. Результаты этих и других работ включены в отдельные главы СНиП, справочники и другие многочисленные нормативные документы и пособия (авторы: В.И. Новожилов, Н.Н. Разумов, Б.Д. Симаков, В.Н. Братенков, Б.А. Крупнов, Ю.Я. Кувшинов, Е.Г. Малявина, В.П. Титов, В.С. Тишкин, Л.М. Махов и др.).

В 1980 г. образован сектор отраслевой лаборатории «Техника создания и охрана воздушного бассейна», в задачи которого входили поиск и оптимизация методов защиты воздушного бассейна от загрязнения вентиляционными и технологическими выбросами. В 1989 г. на факультете по инициативе избранного в 1988 г. деканом В.В. Полякова открыта специализация «Охрана воздушного бассейна от технологических и вентиляционных выбросов», направленная на подготовку специалистов по защите атмосферы от вредных выбросов промышленных предприятий.

В 80-е гг. приоритетными направлениями научной работы на факультете становятся энергосбережение в системах отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха зданий различного назначения, охрана окружающей среды, разработка новых решений по системам теплоснабжения и газоснабжения с учетом экологии и экономии энергии.

На факультете ТГВ МИСИ сложились и успешно поддерживались связи с родственными факультетами и кафедрами других стран. Факультет принимал участие в подготовке специалистов для ГДР, Чехословакии, Болгарии, Китая, Монголии, Вьетнама, Югославии, Египта и др. Кафедры вели работу по договорам с Техническим университетом Западного Берлина, Лейпцигской Высшей технической школой, Техническим университетом г. Дрездена, инженерно-строительными институтами Ханоя и Улан-Батора. Сегодня налажены и поддерживаются связи с Харбинским техническим университетом (НТУ, Китай), Университетом в г. Лунд (Швеция), Пекинским университетом строительства и архитектуры (ВУСЕА, Китай). Действует программа двойных дипломов с Северо-восточным университетом прикладных наук (ХАМК) в г. Миккели (Финляндия). На кафедре ТГВ работает в качестве приглашенного профессора специалист из Швеции Хенрик Дэвидссон. Регулярно на кафедрах факультета ТГВ проходили подготовку зарубежные специалисты, всегда велся обмен преподавателями. Студенты факультета принимали участие в работе интернациональных студенческих строительных отрядов, в зарубежных ознакомительных практиках.

На факультете долгие годы успешно работал диссертационный совет по присуждению ученых степеней. Бывшие студенты и аспиранты факультета ТГВ стали кандидатами и докторами наук и разъехались по всей стране, обеспечивая подготовку специалистов в регионах.

В 90-е гг. XX в., несмотря на сложности в связи с переходом экономики страны на рыночные отношения, на кафедрах факультета продолжались научные исследования, в том числе и связанные с насущными потребностями строительства и производства.

Несмотря на трудности 90-х гг., после перевода факультета в основное здание МГСУ на Ярославском шоссе в Москве, кафедрам и деканату факультета (с 1993 г. деканом избирался д-р техн. наук, проф. Ю.Я. Кувшинов) удалось наладить на новом месте учебный процесс, создать современные лаборатории и компьютерные классы. В сложных условиях того времени удалось сохранить высокий уровень подготовки специалистов, улучшить лабораторную и вычислительную базу кафедр факультета, оснастить их современной оргтехникой, модернизировать учебный процесс. Как мы отмечали, факультет перестал существовать в 2011 г., а кафедры отопления и вентиляции (ОиВ), теплотехники и теплогенерирующих установок (ТГУ), теплогазоснабжения (ТГС) вошли в состав созданного тогда же Института инженерно-эко-

логического строительства и механизации (ИИЭСМ). Последовательно, год за годом в рамках процессов оптимизации происходили слияния кафедр. ТГУ и ТГС объединились в 2011 г. с образованием кафедры теплотехники и теплогазоснабжения (ТТГС). В 2016 г. произошло объединение кафедр ОиВ и ТТГС с образованием большой комплексной кафедры — кафедры теплогазоснабжения и вентиляции (ТГВ). На сегодняшний день именно кафедра ТГВ наследует историю и славу факультета ТГВ в МИСИ – МГСУ и продолжает развивать научные школы и традиции специальности.

### **Глава 3. ЗАДАЧИ СОЗДАНИЯ КОМФОРТНОЙ И БЕЗОПАСНОЙ ИСКУССТВЕННОЙ СРЕДЫ ОБИТАНИЯ ЧЕЛОВЕКА**

Особое внимание к уровню комфорта и безопасности пребывания человека в здании является закономерным и очевидным индикатором уровня технологического развития общества. Кроме того, многие современные высокотехнологичные производства предъявляют совершенно особые требования к параметрам внутреннего микроклимата зданий. Среди факторов, обеспечивающих ощущение комфорта и объективно оценивающих параметры внутреннего микроклимата здания, принято выделять следующие показатели: температура воздуха помещения, относительная влажность воздуха помещения, температура поверхностей ограждающих конструкций, газовый и ионный состав воздуха, подвижность воздуха, освещенность, звуковой фон и шумозащитные свойства помещения, вид деятельности человека в помещении и характер его одежды [1; 2]. Кроме того, на восприятие человеком уровня комфорта помещения влияют и субъективные факторы: особенности восприятия, характерные для пола, возраста и физического состояния, сложившиеся привычки.

Интенсивность и направление обменных процессов, происходящих между человеком и окружающей его средой, являются основной мерой восприятия и оценки его самочувствия и уровня комфорта пребывания в помещении или на улице. Процесс теплообмена тела человека с окружающей средой происходит на основе общих теплофизических законов путем теплообмена, испарения с поверхности кожи и посредством дыхания.

При гигиенической оценке качества внутреннего микроклимата также следует уделять внимание характеру поддерживаемых в помещении тепловых режимов, которые могут быть как статическими (постоянными), так и динамическими (изменяющимися во времени). Последние исследования в этой области показывают, что динамический режим более благоприятен для человека, так как он соответствует ритмическому изменению активности человека и, кроме того, при изменяющихся условиях происходит закаливание организма. По данным гигиенистов в жилых помещениях рекомендуется изменять температуру в течение дня и понижать ее на 2–3 °С ночью. В общественных и административных зданиях в зимнее время рекомендуется поддерживать с утра температуру воздуха на уровне 19 °С, повышая ее к полудню до 21 °С и понижая во второй половине дня до 18 °С.

Для оценки параметров теплового комфорта в помещении в отечественной инженерной практике широко применяются два условия комфортности. Первое заключается в обеспечении температурного режима в помещении, при котором человек, находясь в середине помещения, не испытывает перегрева или переохлаждения. Второе определяет температурный режим для человека, находящегося в непосредственной близости от нагретых или охлажденных поверхностей в рабочей зоне.

Важной чертой современности становится все более внимательное отношение к расходам пользователя любого продукта или услуги. Все чаще анализируется не величина капитальных затрат или стоимость владения, а стоимость жизненного цикла любого изделия в целом. Не исключением является здание как сложный продукт промышленного производства, дополненный многими десятилетиями профессиональных услуг по эксплуатации. При этом чисто экономическое прогнозирование взаимоотношений инвестора, строителя, владельца или арендатора на долгосрочную перспективу оказывается несостоятельным. Достаточно вспом-

нить то, что колебания курсов на валютном рынке в течение нескольких недель создали практически заградительные условия для поступления на рынок нашей страны оборудования и комплектующих из-за рубежа. И если многие успели построить по прежним рублевым ценам, то тратить при эксплуатации придется кратно больше. Или искать альтернативные решения. В этой ситуации на первое место выходит не экономическая целесообразность или архитектурная привлекательность объекта, а техническое совершенство проектных решений, гармония сочетания систем здания с его строительными конструкциями, взаимозаменяемость узлов, доступность для размещения и монтажа оборудования с иными габаритами. Одновременно с этим произошел обвал цен на энергоносители, который поставил под вопрос именно экономическую целесообразность энерго- и ресурсосберегающих решений в строительстве. Если в условиях высоких цен на нефть инвестора приводили в уныние расчеты окупаемости в 10, 12, 20 лет, то теперь он не захочет и слышать о дополнительных капиталовложениях в энергоэффективность. И это ставит под угрозу развитие целого сектора высокотехнологичных решений в строительстве. Не секрет, что для специалистов сохранение энергии и экономия на эксплуатационных затратах были лишь побочным результатом популяризации энергоэффективности. Следует признать, что энергоэффективность стала драйвером развития высоких технологий в строительстве, совершенствования здания в целом и повышения качества повседневной жизни потребителя. Пока мы боролись за сохранение энергии, нам удалось достичь целого ряда заранее не декларируемых целей. Теперь пользователь привык регулировать температуру воздуха в помещении простым вращением регулятора на подводе отопительного прибора, многие стали жить в квартирах и домах, оборудованных системами поддержания параметров внутреннего микроклимата с подогревом, фильтрацией, увлажнением приточного воздуха, они теперь внимательно следят за концентрацией углекислого газа в своих комнатах. В погоне за экономией мы научились обеспечивать комфорт, когда жилое здание «общается» с человеком через Интернет, проветривает комнату и нагревает пол в ванной прямо перед возвращением с работы. Перевод фокуса внимания потребителей и специалистов со сбережения подешевевших энергоресурсов на решение других далеких от строительства проблем ставит под угрозу перспективы и темпы развития наших технологий.

Выходом из сложившейся ситуации может быть более полное понимание всеми участниками отрасли сформировавшегося несколько десятилетий назад представления о здании как о единой технологической системе (ЕТС) с органичным сочетанием требований к качеству параметров микроклимата, расхода энергии для его обеспечения, надежности работы систем и связанной с этим обеспеченности необходимых экологических, экономических и санитарно-гигиенических параметров. Значительную роль сыграет интенсификация взаимодействия ученых строительных вузов с представителями других школ и отраслей. Ведь мы не однократно становились свидетелями того, что источником многих инноваций в строительстве становились требования технологического процесса производств в разных отраслях промышленности, от текстильного и полиграфического производства до микроэлектроники и фармацевтики. Предстоящие запросы традиционных и новых отраслей формируют новые уровни требований к устройству зданий, параметрам работы систем и показателям эксплуатации объекта на протяжении текущего и ряда последующих этапов развития технологии. В этих условиях можно ожидать значительных колебаний спроса и предложения на рынке труда в строительстве. И к этому надо так же своевременно подготовиться самим и подготовить профессиональное сообщество. Все большее внимание в подготовке кадров будет уделяться повышению качества строительного проектирования, а также более глубокому пониманию исполнителями всех этапов жизненного цикла здания. На всей протяженности технологической цепочки от общей концепции здания до его эксплуатации и последующей ликвидации должны быть предусмотрены решения по повышению органичного сочетания здания с окружающей его средой. Единая технологическая система здания должна стать частью единой устойчивой среды обитания человека.



## Глава 4. СТРОИТЕЛЬНАЯ ФИЗИКА И СТРОИТЕЛЬНАЯ КЛИМАТОЛОГИЯ

При изучении проблемы создания комфортного микроклимата помещения обычно выделяют внутреннюю и внешнюю задачи. А также отдельно — пограничную или краевую. Внутренняя задача сводится к конструированию здания и его систем, задача на границе внутренней и внешней среды — к оценке качеств и совершенствованию характеристик оболочки здания. При этом факторы, обеспечивающие необходимые параметры, делят на пассивные (особенности конструкций и оболочки здания) и активные (мощность и принцип действия систем поддержания микроклимата). Внешняя задача создания комфортного микроклимата помещения заключается в адекватном учете воздействия факторов внешней среды на человека [3]. Обеспечение функции защиты от негативного действия окружающей среды возлагается на здание.

Наша страна является уникальной с точки зрения представленности различных свойств природы и окружающей среды, а современное строительство решает огромный спектр задач по возведению сооружений различной степени качества, долговечности и устойчивости к воздействию возмущающих факторов. Учитывая высокую стоимость возведения и эксплуатации объектов строительства, используется двухступенчатое нормирование параметров микроклимата для различных решаемых задач. Отдельно выделяют допустимые (обязательные) и оптимальные (рекомендуемые) параметры. Как правило, поддержание допустимых параметров обеспечивают системы вентиляции и отопления, оптимальных — системы кондиционирования воздуха.

Большое значение на параметры внутреннего микроклимата здания оказывают такие факторы взаимодействия с окружающей средой, как фильтрация воздуха и влаги через неплотности оболочки здания [4].

В эти случаях говорят, что наблюдается явление инфильтрации или явление эксфильтрации. *Инфильтрация* — это процесс проникновения наружного воздуха в объем здания через неплотности наружного ограждения под действием сил естественного гравитационного и ветрового давления. Процесс, обратный инфильтрации, называется *эксфильтрацией*.

Защитная функция оболочки здания оценивается величиной сопротивления теплопередаче  $R$ , которая измеряется в  $(\text{м}^2 \cdot \text{°C})/\text{Вт}$ . Чем выше величина  $R$  для ограждающих конструкций, тем более «теплым» считается здание [5; 6]. Величиной, обратной  $R$ , является величина коэффициента теплопередачи  $k$ . *Теплопередача* — сложный собирательный процесс передачи теплоты из одной точки пространства в другую, от одной среды к другой за счет разности температур. Теплопередача складывается из элементарных видов теплообмена: теплопроводности (кондукции), конвекции и излучения. Интенсивность теплопередачи оценивается коэффициентами теплопроводности материалов, коэффициентами теплообмена на их поверхностях, а также толщиной слоев материала.

## Глава 5. ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАГРУЗОК НА СИСТЕМЫ СОЗДАНИЯ МИКРОКЛИМАТА ЗДАНИЯ И ПОМЕЩЕНИЯ. ТЕПЛОВАЯ МОЩНОСТЬ СИСТЕМ ОТОПЛЕНИЯ

Определение тепловой мощности системы отопления производится после составления уравнения теплового баланса по каждому из помещений здания:

$$Q_{\text{расч}} = Q_{\text{тп}} + Q_{\text{инф(в)}} - Q_{\text{б}}, \quad (1)$$

где  $Q_{\text{тп}}$  — теплопотери через ограждающие конструкции помещений, Вт;  $Q_{\text{инф(в)}}$  — большее из значений: теплопотери на нагрев инфильтрующегося воздуха  $Q_{\text{инф}}$ , Вт, или теплотраты на нагревание наружного воздуха, проникающего в помещения за счет организованного притока через оконные клапаны, форточки, фрамуги и другие устройства для вентиляции помещений, т.е. теплотраты на подогрев воздуха, необходимого для компенсации естественной вытяжки из помещений,  $Q_{\text{в}}$ , Вт;  $Q_{\text{б}}$  — бытовые выделения теплоты в помещение, Вт.

*Тепловая мощность системы отопления* — это количество теплоты, Вт, необходимое для компенсации тепловых потерь во всех помещениях здания с учетом тепlopоступлений в этих помещениях, рассчитанное при условии соблюдения постоянства температуры воздуха внутри и снаружи здания. Такие температуры называются расчетными.

Ввиду высокой трудоемкости расчета мощности систем отопления для определения расчетных тепловых нагрузок составляется таблица тепловых потерь.

На этапе создания предпроектной документации, технико-экономического обоснования (ТЭО) проекта, для приблизительной быстрой оценки тепловой мощности систем отопления пользуются методом определения тепловых потерь здания по укрупненным показателям, Вт:

$$Q'_{\text{расч}} = q_{\text{зд}} V_{\text{зд}} (t_{\text{в}} - t_{\text{н}}), \quad (2)$$

где  $q_{\text{зд}}$  — удельная отопительная характеристика здания, Вт/(м<sup>3</sup>·°C).

Удельная отопительная характеристика определяется обычно путем анализа целого ряда проектов характерных зданий того или иного назначения. Например, отдельно жилые здания, школы, магазины и др.

Кроме того, удельную отопительную характеристику здания можно определить по формуле профессора Н.С. Ермолаева:

$$q_{\text{зд}} = P / A(k_{\text{ст}} + i_{\text{ост}}(k_{\text{ок}} - k_{\text{ст}})) + 1 / H(0,9k_{\text{пот}} + 0,6k_{\text{пол}}), \quad (3)$$

где  $P$  — периметр здания, м;  $A$  — площадь здания, м<sup>2</sup>;  $H$  — высота здания, м;  $i_{\text{ост}}$  — коэффициент остекления как отношение площади остекления к площади вертикальных наружных ограждений;  $k$  — коэффициент теплопередачи стен, окон, пола и потолка здания, Вт/(м<sup>2</sup>·°C).

Очевидно, что в течение почти всего отопительного периода системы отопления зданий работают с нагрузкой, заметно отличающейся от их расчетной тепловой мощности, поэтому системы отопления необходимо оснащать техническими средствами для их регулирования. Регулирование систем отопления бывает *качественным* и *количественным*.

При одномерном тепловом потоке в стационарных условиях процесс передачи теплоты через стенку описывается уравнением Фурье:

$$q = -\lambda \frac{dt}{dx}, \quad (4)$$

где  $\lambda$  — коэффициент теплопроводности или тепловой поток, проходящий по нормали к поверхности через единицу этой поверхности при градиенте температур 1 градус Цельсия, Вт/(м·°C).

Сопротивление слоя материала теплопередаче оценивается величиной  $R$ , (м<sup>2</sup>·°C)/Вт, которая называется сопротивлением теплопроводности и определяется следующим образом:

$$\frac{\delta}{\lambda} = R. \quad (5)$$

Физический смысл  $R$  — это та разность температур, которая сформируется по обе стороны стенки при тепловом потоке через нее в 1 Вт/м<sup>2</sup>:

$$q = \frac{\tau_1 - \tau_2}{R}. \quad (6)$$

*Конвекция* — процесс переноса теплоты в жидких и газообразных средах движущимися частицами.

Если  $t_{\text{среды}} > \tau_{\text{ст}}$ , то плотность теплового потока, Вт/м<sup>2</sup>, от среды к поверхности определяется следующим образом:

$$q_{\text{к}} = \alpha_{\text{к}} (t_{\text{среды}} - \tau_{\text{ст}}), \quad (7)$$

где  $\alpha_{\text{к}}$  — коэффициент конвективного теплообмена на поверхности материала, Вт/(м<sup>2</sup>·°C), зависящий от характера течения среды и множества ее свойств, например плотности, вязкости, соотношения температур. Сопротивление теплопередаче на поверхности — это всегда величина, обратная коэффициенту теплообмена:

Конец ознакомительного фрагмента.

Приобрести книгу можно

в интернет-магазине

«Электронный универс»

[e-Univers.ru](http://e-Univers.ru)