

Е.А. Штокман
Ю.Н. Карагодин



ТЕПЛОГАЗОСНАБЖЕНИЕ И ВЕНТИЛЯЦИЯ



Е.А. Штокман, Ю.Н. Карагодин

ТЕПЛОГАЗОСНАБЖЕНИЕ И ВЕНТИЛЯЦИЯ



Издательство АСВ
Москва
2015

Рецензенты:

доктор технических наук, профессор кафедры отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха Санкт-Петербургского государственного архитектурно-строительного университета *Б.Н. Юрманов*;
доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой инженерно-строительных дисциплин Института архитектуры и искусств Южного федерального университета *А.И. Василенко*.

Штокман Е.А., Карагодин Ю.Н.

Теплогазоснабжение и вентиляция: Учебное пособие. – М.: Издательство Ассоциации строительных вузов, 2015. – 176 с.

ISBN 978-5-93093-737-4

В учебном пособии приведены основные сведения о тепловлажностном и воздушном режимах здания, системах теплоснабжения, отопления, вентиляции, кондиционирования воздуха и газоснабжения, а также методы их расчетов. Даны примеры теплотехнических расчетов наружных ограждающих конструкций, теплопотерь помещений, гидравлического расчета однотрубной системы водяного отопления.

Для студентов вузов, обучающихся по строительным специальностям.

ISBN 978-5-93093-737-4

© Штокман Е.А., Карагодин Ю.Н., 2015

© Издательство АСВ, 2015

Содержание

Введение	6
Глава 1. Тепловлажностный и воздушный режимы зданий.	
Методы и средства их обеспечения	11
1.1. Микроклимат помещений	11
1.2. Системы инженерного оборудования зданий для обеспечения заданного микроклимата помещений ..	13
1.3. Виды теплообмена, теплопередача	14
1.4. Теплопередача через наружные ограждения.....	18
1.5. Влияние основных характеристик наружных ограждений на величину теплопередачи	21
1.6. Зимние и летние расчетные характеристики наружного климата	23
1.7. Теплозащитные свойства наружных ограждений.....	23
1.8. Пример теплотехнического расчета наружного ограждения	30
Глава 2. Теплоснабжение	32
2.1. Системы теплоснабжения. Источники теплоты.....	32
2.2. Тепловые сети	36
2.2.1. Виды сетей, их прокладка	36
2.2.2. Конструктивные элементы тепловых сетей	37
2.3. Присоединение потребителей к тепловым сетям.....	42
2.3.1. Схемы присоединения.....	42
2.3.2. Тепловые пункты	43
2.4. Сведения о расчете тепловых сетей	46
2.5. Использование альтернативных источников теплоты.....	48
Глава 3. Отопление	54
3.1. Общая характеристика. Классификация систем	54
3.2. Местное отопление	55
3.3. Центральное отопление.....	56
3.3.1. Теплоносители. Преимущества и недостатки систем. Область применения	56
3.3.2. Трубопроводы	60
3.4. Тепловая мощность систем отопления	61
3.5. Тепловые потери через ограждающие конструкции помещения	62

3.6. Водяное отопление	66
3.6.1. Технические требования. Виды систем	66
3.6.2. Устройство и принцип действия систем водяного отопления	67
3.6.3. Расчет теплопроводов систем водяного отопления	72
3.6.4. Пример гидравлического расчета однотрубной системы водяного отопления с верхней разводкой.....	74
3.7. Паровое отопление	79
3.7.1. Свойство пара как теплоносителя, достоинства и недостатки систем парового отопления.....	79
3.7.2. Виды систем парового отопления, их устройство	80
3.8. Отопительные приборы систем водяного и парового отопления	82
3.8.1. Требования к приборам.....	82
3.8.2. Виды и конструктивные особенности отопительных приборов	83
3.8.3. Выбор и установка отопительных приборов, расчет их поверхности.....	87
3.9. Панельно-лучистое отопление.....	88
3.10. Воздушное отопление.....	94
3.11. Электрическое отопление	98

Глава 4. Вентиляция	99
4.1. Состав и физические свойства воздуха.....	99
4.2. Вредности, поступающие в помещения, их воздействие на человека и окружающую среду	100
4.3. Определение воздухообмена в вентилируемом помещении.....	103
4.4. Назначение вентиляции. Ее значение	105
4.5. Классификация систем вентиляции	105
4.6. Движение воздуха в вентилируемых помещениях	109
4.6.1. Струйные течения.....	109
4.6.2. Всасывающий факел.....	111
4.6.3. Схемы воздухообмена	112
4.7. Конструктивные решения систем вентиляции.....	113
4.8. Расчет воздуховодов	121
4.9. Вентиляторы.....	122
4.10. Нагревание воздуха	124

4.11. Очистка воздуха.....	126
4.11.1. Пыль и другие виды аэрозолей.....	126
4.11.2. Задачи и методы очистки воздуха от пыли. Виды пылеулавливающего оборудования.....	127
4.11.3. Очистка выбросов в атмосферу. Пылеуловители	129
4.11.4. Очистка приточного и рециркуляционного воздуха. Воздушные фильтры	135
4.11.5. Предварительная обработка пылегазовых потоков. Искусственная ионизация запыленного воздуха	138
4.11.6. Принципы очистки воздуха от вредных газов и паров, радиоактивных и бактериальных загрязнений	140
4.12. Системы местной вытяжной вентиляции	144
4.13. Системы местной приточной вентиляции	146
4.14. Общие сведения о пневматическом транспорте	147
4.15. Кондиционирование воздуха	148
4.15.1. Задачи кондиционирования. Виды систем кондиционирования (СКВ)	148
4.15.2. Типы кондиционеров.....	152
4.15.3. Обработка воздуха в системах кондиционирования.....	155
4.15.4. Примеры систем кондиционирования воздуха	157
4.15.5. Понятия об экономической эффективности кондиционирования.....	160
Глава 5. Газоснабжение	161
5.1. Природные и искусственные газы. Их свойства. Газопроводы и газораспределительные сети.....	161
5.2. Устройство внутренних газовых сетей	164
5.3. Снабжение сжиженным газом	167
5.4. Общие сведения о расчете газопроводов.....	169
Литература	171

Введение

Системы теплогасоснабжения и вентиляции в настоящее время являются непрменными элементами жилых, общественных и производственных зданий. Эти системы прошли долгий путь развития от костра, который первобытные люди применяли для обогрева жилищ и приготовления пищи, до современных систем кондиционирования, которые автоматически поддерживают заданный микроклимат (температуру, влажность, чистоту воздуха) в помещениях различного назначения.

Еще несколько столетий назад появились эффективные отопительные печи. Они достигли высокого совершенства для своего времени в отношении рационального использования топлива, а также по своему внешнему оформлению. Печи, устанавливаемые во дворцах и богатых домах, обложенные художественно выполненными изразцами, часто являлись подлинными произведениями искусства.

В России из-за довольно сурового климата на большей части страны вопросам отопления всегда приходилось уделять большое внимание.

Сравним средние температуры января, наиболее холодного месяца в Северном полушарии:

Москва $-10,2$ °С, Стокгольм $-3,0$ °С, Нью-Йорк $-0,8$ °С, Берлин $-3,0$ °С, Вашингтон $+1,0$ °С, Париж $+3,4$ °С, Лондон $+5,3$ °С.

Расчетные температуры соответствующих отапливаемых помещений в названных городах примерно одинаковы, но средняя наружная температура в Москве существенно ниже, чем в этих городах. Большей является и разность внутренней и наружной температур (температурный перепад). Поэтому расход теплоты на отопление и вентиляцию зданий в Москве больше: по сравнению с Лондоном – в 2,2 раза, Парижем – в 1,8 раза, Нью-Йорком, Берлином и Вашингтоном – в 1,6–1,65 раза, Стокгольмом – в 1,35 раза.

В Москве продолжительность отопительного периода больше. Следовательно, годовой расход теплоты в Москве будет значительно выше, чем в городах Западной Европы и США.

В странах Южной Европы, Африки, Южной Америки, Южной Азии климат еще теплее. В ряде стран здания не отапливаются. Лишь в большей части Канады климатические условия близки к российским. Однако население Канады в несколько раз меньше населения России и ее крупные города расположены в южной части страны.

Из приведенных данных видно, какую важную роль в России играют отопление и теплоснабжение. На теплоснабжение в России расходуется около 30% добываемого топлива.

Большая часть территории России находится в зоне континентального климата. Летом наблюдаются высокие температуры наружного воздуха. Воздух помещений приходится охлаждать для поддержания комфортных условий. Это требует значительного расхода электрической энергии.

На основании многолетнего народного опыта была создана русская печь. Она сочетает в себе эффективное отопительное устройство, очаг для приготовления пищи и теплую постель (лежанку). Еще совсем недавно в стране были десятки миллионов русских печей.

Системы водяного и парового отопления появились в конце XVIII – начале XIX в. В 1816 г. в Петербурге была применена система парового отопления теплиц. Первые установки водяного отопления в России осуществил в 1834 г. член-корреспондент Академии наук П.Г. Соболевский. В конце XIX в. в Петербурге и Москве многие крупные здания строились с системами центрального водяного отопления.

Следует отметить систему водяного отопления квартиры от кухонного очага, которую выполнил в 1875 г. инженер К.А. Лешевич.

Системы водяного отопления с насосным побуждением стали применять с начала XX в. Впервые такая система была осуществлена в России в 1909 г. инженером Н.П. Мельниковым.

В 1905 г. русский инженер В.К. Яхимович осуществил первые системы лучисто-панельного отопления. Трубы, по которым проходил теплоноситель – пар или вода, заделывались в строительные ограждения – потолок, стены или пол.

Первые установки для комбинированной выработки тепловой и электрической энергии (теплофикация) были осуществлены в Одесской окружной и Петербургской детской больницах. Первая городская система теплофикации была построена по проекту и под руководством профессора В.В. Дмитриева и инженера Л.Л. Гинтера в Ленинграде в 1924 г., на 3-й Ленинградской электростанции. В дальнейшем теплоснабжение на основе теплофикации или с использованием районных (или групповых) котельных получило широкое распространение.

По имеющимся данным, в нашей стране проложено около 260 тыс. км тепловых сетей.

В 1944–1946 гг. в СССР были открыты богатые месторождения газа. Началось интенсивное развитие газоснабжения. Природный газ стал широко применяться в быту и на производстве. Ранее в крупных городах в ограниченных масштабах использовали лишь газ, полученный путем переработки твердого топлива.

В последующие десятилетия в городах были газифицированы тысячи домов. Природный газ от места добычи передается по трубам на сотни и тысячи километров. Газификация жилых домов создает значительные удобства.

Сейчас большая часть металла, цемента, минеральных удобрений производится с применением газа. В стране газифицировано 30 млн квартир, газом пользуются жители 85 тыс. сельских населенных пунктов. До Великой Отечественной войны в Москве было газифицировано лишь 62,3 тыс. квартир, в Ленинграде – 25 тыс.

Вентиляционная техника зарождается во второй половине XVIII в. – со времени появления первых отраслей промышленности, предприятия которых нуждались в проветривании (горячие цеха, горные разработки и др.).

К проблемам вентиляции прямое отношение имела работа М.В. Ломоносова «О вольном движении воздуха, в рудниках примеченном».

В настоящее время без систем вентиляции не может работать ни одно предприятие. Широко применяются эти системы также в общественных и жилых зданиях. Согласно действующему законодательству устройство эффективной вентиляции обязательно на всех вновь сооружаемых фабриках и заводах.

В наше время применением систем отопления и вентиляции нельзя ограничиться во многих производственных зданиях. Появляется все больше технологических процессов, требующих для своего проведения строго определенного микроклимата (температуры, влажности, а также чистоты воздуха), который обеспечивают системы кондиционирования (технологическое кондиционирование). Кондиционирование воздуха осуществляют также в общественных зданиях для улучшения самочувствия людей, лучшей сохранности исторических и культурных ценностей (комфортное кондиционирование).

Во многих случаях требования к обеспечению параметров воздуха весьма жесткие и требуют применения автоматического регулирования работы систем. Область применения кондиционирования воздуха постоянно расширяется. Кондиционирование воздуха впервые стали применять в США на текстильных фабриках в 1906 г. В том же году была предложена камера для орошения воздуха.

В России первые системы, предусматривающие регулирование параметров воздуха, появились в начале XX в. Одной из них было оснащено здание архива Государственного Совета, другой – здание Эрмитажа.

Производство кондиционеров и другого оборудования для систем кондиционирования было организовано у нас в начале 50-х гг. XX в. Тогда же появилась возможность широко применять системы кондиционирования.

В недалеком будущем для снабжения теплотой и электроэнергией систем теплогасоснабжения и вентиляции будут широко использоваться альтернативные источники. К ним относятся геотермальные воды, теплота твердого подземного массива (уже применяется в Японии), солнечная энергия, энергия ветра, биоэнергетические ресурсы, водородная энергетика. Использование этих источников в отличие от сжигания твердого топлива не влечет за собой загрязнения атмосферы.

По вопросам теплогасоснабжения (ТГС) и вентиляции (В) сейчас имеется обширная литература. Создавалась она сравнительно недавно – со второй половины XIX в., со времени широкого развития систем.

Первый учебник по отоплению и вентиляции был написан С.Я. Лукашевичем в 1880 г. Он предназначался для строительных училищ. В послеволюционный период, в 1924 г., вышел в свет курс «Отопление и вентиляция» в двух частях В.М. Чаплина, предназначенный в качестве учебника для высшей школы.

В последующий период были изданы курсы «Отопление и вентиляция» для специальности ТГС и В. Их авторами являются:

- Б.М. Аше, ч. 1, 1939; Б.М. Аше и Г.А. Максимов, ч. II, 1940;
- Г.А. Максимов и А.И. Орлов, ч. 1, 1948; Г.А. Максимов, ч. II, 1966;

– группа преподавателей МИСИ под руководством П.Н.Каменева, 1964, 1975;

– группа преподавателей МИСИ под руководством В.Н. Богословского, 1976.

Издана также учебная литература по теплоснабжению:

– Соколов Е.Я. Теплофикация и тепловые сети, 1982;

– Ионин А.А., Хлыбов Б.М. и др. Теплоснабжение, 1982.

Для студентов других строительных специальностей неоднократно издавался учебник: Тихомиров К.В., Сергеев Э.С. Теплотехника, теплоснабжение и вентиляция. Последнее издание вышло в 1991 г.

Существенный вклад в развитие отопления, теплоснабжения, газоснабжения и кондиционирования воздуха внесли отечественные ученые и инженеры.

В 60-х г. XIX в. в Петербурге были введены в действие установки precisely-вытяжной вентиляции в Зимнем дворце, а также в ряде общественных зданий.

Однако в целом современные системы отопления и вентиляции не получили в дореволюционной России широкого применения. В начале XX в. в России насчитывалось лишь около 200 вентиляционных установок на фабриках и заводах.

Большое значение в развитии вентиляционной техники имело изобретение вентилятора в начале XIX в. Его авторами являются английский инженер Вестингауз и русский инженер А.А. Саблуков.

Значительную роль в развитии вентиляционной науки и техники сыграли специализированные лаборатории промышленной вентиляции институтов охраны труда, организованных в конце 20-х – начале 30-х гг. прошлого века в городах: Москва, Ленинград, Свердловск, Тбилиси, Горький.

Создание этих институтов и лабораторий связано с индустриализацией страны, которая происходила в этот период, необходимостью расширения в связи с этим работ в области охраны труда, важнейшим элементом которой является промышленная вентиляция.

В 40-х гг. стали работать лаборатории отопления и вентиляции в Центральном научно-исследовательском институте промышленных сооружений (ЦНИИПС) и Институте строительной техники Академии архитектуры СССР. После войны был создан Всесоюзный научно-исследовательский институт санитарно-технического оборудования (ВНИИСТО). В середине 50-х гг. – Научно-исследовательский институт санитарной техники Академии строительства и архитектуры СССР. В него вошел ВНИИСТО.

Ряд ученых был упомянут выше в качестве авторов основных курсов по отоплению и вентиляции. Необходимо назвать имена и других ученых, известных своими исследованиями и разработками в области ТГС и В.

Теоретическими вопросами промышленной вентиляции, в частности исследованиями воздушных струй, занимались Г.Н. Абрамович, В.В. Батуринов, М.Ф. Бромлей, И.А. Шепелев. В.В. Батуринову принадлежит широко известный капитальный труд «Основы промышленной вентиляции». Книга впервые была издана в 1956 г., выдержала ряд изданий, последнее – в 1990 г.

Известен своими работами в области централизованного теплоснабжения проф. С.Ф.Копьев, его столетний юбилей был отмечен в 2003 г. В системах вентиляции важная роль принадлежит устройствам для очистки воздуха от пыли и других вредных примесей. За последние десятилетия техника очистки воздуха прошла большой путь развития. Современные устройства позволяют очищать воздух практически от любых загрязнений. Большой вклад в совершенствование очистки, в разработку этих вопросов в специальной литературе внесли П.Н. Смухнин, П.А. Коузов, Л.С. Клячко, В.В. Кучерук, А.И. Пирумов и др.

В наше время область применения печного отопления сократилась. Однако оно не потеряло своего значения для малоэтажных зданий. Для совершенствования печей много сделал проф. Л.А. Семенов. Им разработан ряд конструкций отопительных печей, в частности повышенного прогрета.

Значительный вклад в развитие кондиционирования воздуха внесли многие специалисты и ученые. Среди них следует отметить Е.Е. Карписа, О.Я. Кокорина.

Проф. И.Ф. Ливчаку принадлежат актуальные работы: «Квартирное отопление», 1984 г.; «Вентиляция многоэтажных жилых домов», 1951 г. и др.

Теоретической базой для развития отопительной науки и техники явились труды О.Е. Власова и В.Д. Мачинского в области строительной теплотехники. Рядом зарубежных ученых и инженеров обеспечен важный вклад в развитие науки и техники ТГС и В. Следует отметить немецкого ученого Г. Ритшеля, автора широко известного курса «Руководство по отоплению и вентиляции». Учебник выдержал большое число изданий и был переведен на русский язык.

Первую систему кондиционирования в США осуществил В. Кэрьер.

Французский ученый Ф.А. Миссенар известен своими работами в области лучистого отопления. В 1936 г. он издал книгу «Лучистое отопление и охлаждение», переведенную на русский язык.

Цель изучения курса «Теплогасоснабжение» – дать студентам строительных специальностей необходимые сведения о системах отопления, теплоснабжения, вентиляции и газоснабжения.

Строительные конструкции и санитарно-технические системы неразрывно между собой связаны. Для того чтобы правильно возвести элементы здания, проложить коммуникации и оборудование для снабжения теплотой, для подачи и удаления воздуха, будущие специалисты должны знать принцип работы и устройство систем теплоснабжения.

В процессе проектирования зданий и при производстве строительно-монтажных работ необходимо согласовать расположение оборудования. Для того чтобы правильно решать эти задачи, будущие специалисты должны обладать необходимыми знаниями основ смежных специальностей.

Авторы выражают благодарность студентке Института инженерно-экологических систем РГСУ О. Бесполудневой за помощь при печатании рукописи.

ГЛАВА 1. ТЕПЛОВЛАЖНОСТНЫЙ И ВОЗДУШНЫЙ РЕЖИМЫ ЗДАНИЙ. МЕТОДЫ И СРЕДСТВА ИХ ОБЕСПЕЧЕНИЯ

1.1. Микроклимат помещений

В помещениях любого назначения, в которых находятся люди, а также в помещениях, где ведутся технологические процессы, необходимо обеспечить определенные метеорологические условия. Наружные ограждающие конструкции зданий защищают помещения от непосредственного воздействия атмосферных условий. Однако зачастую этого оказывается недостаточно. Системы отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха поддерживают в помещениях в течение всего года определенные параметры внутренней среды.

Комплекс инженерных средств и устройств по обеспечению требуемых метеоусловий в помещениях называется системой кондиционирования микроклимата (СКМ) здания. Этот комплекс инженерных средств должен обеспечивать требуемый тепловой режим здания. Тепловым режимом здания называют совокупность факторов и процессов, которые под влиянием внешних, внутренних воздействий и инженерных устройств формируют тепловую обстановку в его помещениях.

Здоровье, самочувствие и работоспособность человека в значительной степени зависят от санитарно-гигиенической обстановки в помещении, которая должна удовлетворять его физиологическим требованиям. Санитарно-гигиеническая обстановка в помещении определяется ее микроклиматом. Микроклимат помещения создается совокупностью теплового, воздушного и влажностного режимов в их взаимодействии и должен обеспечивать благоприятные условия для людей, находящихся в помещении, и требования технологического процесса.

В процессе жизнедеятельности в организме человека вырабатывается теплота, которая путем конвекции, излучения, теплопроводности и испарения пота с поверхности тела должна быть передана окружающей среде. Организм человека обладает системой терморегуляции. Эта система стремится поддерживать постоянную температуру (36,6 °С) тела человека. Для нормальной жизнедеятельности и хорошего самочувствия человека должен сохраняться баланс между теплотой, вырабатываемой организмом, и теплотой, отдаваемой в окружающую среду. В противном случае происходит переохлаждение или перегрев тела человека, ведущие к ухудшению самочувствия, к потере работоспособности. При продолжительном тепловом дисбалансе в организме человека возникают различные заболевания, а в отдельных случаях может быть летальный исход.

Количество теплоты, вырабатываемой организмом человека и отдаваемой в окружающую среду, зависит от его возраста, индивидуальных особенностей, эмоционального состояния и тяжести выполняемой работы.

В спокойном состоянии взрослый человек отдает окружающей среде до ~120 Вт, при легкой работе – до ~ 250, при тяжелой – до ~ 500, а при максимальных кратковременных нагрузках – до ~ 1000 Вт. Отдача теплоты, вырабатываемой взрослым человеком в спокойном состоянии при обычных условиях – более 90% (приблизительно половина – излучением, по четверти – конвекцией и испарением пота и менее 10% – в результате естественного обмена веществ). При тяжелой работе основная доля теряемой теплоты приходится на испарение пота. Способность организма к терморегуляции ограничена, а интенсивность теплоотдачи человеком зависит от тепловой обстановки в помещении, поэтому микроклимат помещения должен поддерживаться на заданном уровне.

Микроклимат помещения характеризуется температурой воздуха t_{int} , осредненной радиационной температурой поверхностей t_R (внутренних поверхностей наружных ограждений, пола, потолка, перегородок и поверхностей мебели, технологического оборудования и др. предметов), скоростью (подвижностью) v_{int} и относительной влажностью воздуха φ_{int} . Так как значения τ_n для различных поверхностей неодинаковы, то

$$t_R = \Sigma(\tau_n \cdot f_n) / \Sigma f_n, \quad (1.1)$$

где f_n – площади этих поверхностей, м², τ_n – их температура, °С.

Совокупность этих показателей микроклимата, при которых сохраняется тепловое равновесие в организме человека и отсутствует напряжение в его системе терморегуляции, называют зонами комфорта. Они могут быть оптимальными и допустимыми. Допустимыми являются такие метеословия, при которых возникает некоторая напряженность в системе терморегуляции и имеет место допустимая дискомфортность тепловой обстановки в помещении для человека.

Еще в 1884 г. российский ученый И.Д. Флавицкий указывал, что только требуемое совокупное воздействие параметров микроклимата помещений обеспечивает комфортность среды.

Наиболее важно поддерживать в помещении в первую очередь благоприятные температурные условия, так как подвижность и относительная влажность воздуха чаще всего имеют незначительные колебания. Деятельность человека обычно связана с частью объема помещения (обслуживаемой или рабочей зоной). Комфорт должен быть обеспечен прежде всего в этой зоне.

Зоны комфортных сочетаний t_{int} и t_R для гражданских зданий представлены на *рис. 1.1*.

Оптимальные и допустимые метеословия в обслуживаемой зоне жилых помещений, общественных и административно-бытовых зданий устанавливаются санитарными нормами ГОСТ 30494-96, в рабочей зоне помещений промышленных зданий – по СанПиН 2.2.4.548-96, а также другими нормативными документами.

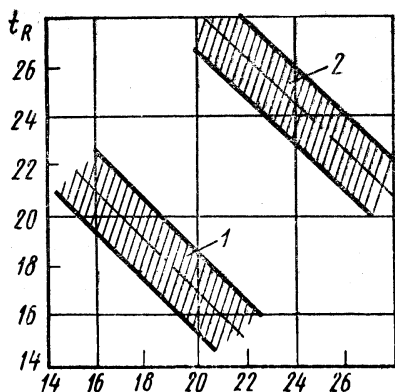


Рис. 1.1. Зоны комфортных сочетаний температур

t_{int} и t_R в жилых помещениях:
 1 – для холодного периода года;
 2 – для теплого периода года

В холодный период года оптимальная температура воздуха составляет: для легкой работы 20–23, для работы средней тяжести 17–20 и для тяжелой работы 16–18 °С. Для теплого периода года оптимальные температуры воздуха для вышеуказанных работ соответственно составляют 22–25, 21–23 и 18–21 °С. Максимально допустимая температура воздуха в рабочей зоне производственных помещений равна 28 °С, а при расчетной температуре наружного воздуха больше 25 °С допускается до 33 °С. Вследствие большой чувствительности ног человека к температурным условиям температура поверхности холодного пола в холодный период года может быть лишь на 2–2,5 °С ниже температуры воздуха в помещении. Температура теплых полов не должна быть выше 22–34 °С в зависимости от назначения помещения.

Оптимальные значения относительной влажности воздуха для помещений различного назначения устанавливаются в пределах 40–60%, а оптимальная подвижность воздуха для холодного периода года 0,2–0,3 м/с, для теплого периода 0,2–0,5 м/с. В теплый период года параметры микроклимата не нормируются в помещениях жилых зданий, а также в общественных, административно-бытовых и производственных помещениях, когда они не используются в нерабочее время.

1.2. Системы инженерного оборудования зданий для обеспечения заданного микроклимата помещений

Заданный микроклимат помещений создается системой кондиционирования микроклимата (СКМ). Наружные ограждения зданий защищают помещения от внешних климатических воздействий, а системы инженерного оборудования зданий обеспечивают заданные параметры микроклимата в любое время года. К ним относятся системы отопления, охлаждения, вентиляции и кондиционирования воздуха.

Системы отопления создают и поддерживают в помещениях в зимнее время нормируемые температуру воздуха t_{int} и среднюю радиационную

температуру помещения t_R . Они решают одну из задач СКМ – создают и поддерживают требуемый тепловой режим помещений.

В тесной связи с тепловым режимом находится воздушный режим помещений. Системы вентиляции предназначены для удаления из помещений загрязненного различными вредностями воздуха и подачи в них чистого специально обработанного наружного воздуха, при этом количества удаляемого и приточного поступающего воздуха между собой равны, а требуемая температура внутреннего воздуха не должна меняться. Приточный воздух в специальных устройствах перед подачей в помещения предварительно подвергается обработке: нагревается или охлаждается, увлажняется или осушивается и очищается от пыли, находящейся в приземном слое атмосферы.

Кондиционирование воздуха решает задачу создания и поддержания состояния воздушной среды в помещениях для комфортного самочувствия людей (бытовое кондиционирование) или требований технологического процесса (промышленное кондиционирование). В определенной мере эту же задачу решают системы вентиляции, однако они не могут обеспечить поддержания заданного режима помещения при меняющихся параметрах наружного воздуха и режимах выделения вредностей в помещениях. Таким образом, под кондиционированием воздуха понимают автоматическое создание и поддержание параметров микроклимата в помещениях. Приточный воздух автоматически в определенном количестве (объеме) в специальных устройствах кондиционера подвергается термовлажностной обработке (нагреву-охлаждению, увлажнению-осушке) и очищается от пыли. При наличии специальных требований, например, в лечебно-оздоровительных учреждениях системы кондиционирования могут очищать воздух от запахов, придавать специальные запахи, ионизировать воздух и т.д. В типовых кондиционерах, выпускаемых промышленностью, осуществляются очистка от пыли и регулируемая термовлажностная обработка воздуха. Современные бытовые сплит-системы в теплое время года охлаждают и осушают воздух помещений, очищают его от пыли, а в холодное время года могут частично решать задачу отопления, нагревая воздух помещения при незначительных для климатической зоны России понижениях температуры наружного воздуха до минус 5–15 °С. Более подробно системы инженерного оборудования зданий будут рассмотрены в следующих разделах.

1.3. Виды теплообмена, теплопередача

В природе, технике, строительстве многие явления связаны с переносом теплоты от более нагретого тела или среды менее нагретому. При проектировании, строительстве и эксплуатации инженерного оборудования зданий многие задачи решаются на основе теории теплообмена. Потери теплоты помещениями в холодное время года и поступление теплоты в них летом через наружные ограждения происходят по законам теории теплообмена. Как излагалось выше, создать и поддерживать микроклимат помещений в требуемых

пределах возможно только правильным выбором конструкции наружных ограждений и экономически обоснованным решением задач при проектировании и строительстве систем инженерного оборудования зданий. Решение этих задач излагается в специальных дисциплинах, таких как отопление, вентиляция, кондиционирование, тепло- и газоснабжение, изучение которых невозможно без знаний общеобразовательных и общетехнических дисциплин: физики, термодинамики и теплопередачи, строительной теплофизики и др. Поэтому достаточная профессиональная подготовка инженеро-строителей по специальности «Теплогазоснабжение и вентиляция» возможна при хорошем знании всех вышеприведенных дисциплин.

Теплопередача является сложным физическим процессом перехода теплоты через разделяющую стенку от среды с более высокой к среде с меньшей температурой.

Этот процесс теплопередачи складывается из трех элементарных видов теплообмена: теплопроводности, конвекции и излучения.

При изучении отдельных видов теплообмена используют следующие общие понятия и определения:

1. Перенос теплоты от одного тела к другому, а также между их частицами происходит только при разности температур и всегда направлен в сторону более низкой температуры.
2. Количество теплоты, переносимой в единицу времени, называют тепловым потоком Q , Вт, а отношение Q к единице площади A , м², – поверхностной плотностью теплового потока q , Вт/м²:

$$q = \frac{Q}{A}. \quad (1.2)$$

3. Температурное состояние тела или системы тел характеризуется температурным полем, под которым понимается совокупность мгновенных значений температур во всех точках изучаемого пространства.

Температурное поле, изменяющееся с течением времени, называется нестационарным. Примером нестационарного температурного поля может служить температурное поле поверхности остывающего или нагреваемого тела. В этом случае тепловой режим и тепловой поток будут тоже нестационарными.

Если температура в любой точке тела с течением времени не изменяется, то температурное поле называется стационарным. В этом случае тепловой режим и тепловой поток будут тоже стационарными.

Простейшим температурным полем является одномерное стационарное поле, которое характеризуется изменением температуры в одном направлении. Примером такого поля может служить распределение температуры в наружных ограждениях (наружные стены, чердачные перекрытия и др.), толщина которых по сравнению с их площадью невелика.

При решении практических задач теплопередачи в строительстве чаще всего ограничиваются рассмотрением одномерных и стационарных полей как наиболее простых.

Теплопроводность – это передача теплоты от одной частицы вещества к другой без их перемещения. Когда передача теплоты происходит через плоскую однородную стенку (при неизменности температур сред во времени) в направлении, перпендикулярном к ее поверхности (одномерное температурное поле), уравнение теплопроводности, согласно закону Фурье, имеет вид:

$$Q_T = \frac{\lambda}{\delta}(t_1 - t_2) \cdot A, \quad (1.3)$$

где Q_T – тепловой поток, Вт; λ – коэффициент теплопроводности, $\frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot ^\circ\text{C}}$; δ – толщина стенки, м; t_1 и t_2 – температуры на ее поверхностях, $^\circ\text{C}$; A – площадь поверхности стенки, м^2 .

Такой процесс теплообмена происходит в любых телах и зависит от их агрегатного состояния. Теплопроводность жидких и в особенности газообразных тел незначительна. Твердые тела обладают различной теплопроводностью, и с увеличением их плотности теплопроводность растет. Тела с малой теплопроводностью называют теплоизоляционными.

Конвективный теплообмен – это перенос теплоты в жидкостях или газах. Этот теплообмен описывается уравнением Ньютона:

$$Q_K = \alpha_K \cdot (t_n - t_{cp}) \cdot A, \quad (1.4)$$

где Q_K – тепловой поток, Вт; α_K – коэффициент конвективного теплообмена, $\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}}$; t_n и t_{cp} – соответственно температуры поверхности и среды, $^\circ\text{C}$; A – площадь поверхности, м^2 .

Процесс конвекции – это перенос теплоты в результате перемещения и перемешивания частиц жидкости или газа. Конвекция всегда сопровождается теплопроводностью.

Если перемещение частиц жидкости или газа происходит за счет разности их плотностей, такое перемещение называют естественной конвекцией. Например, воздух помещения соприкасается с нагретой поверхностью отопительного прибора, повышает свою температуру и поднимается вверх, уступая место более холодному воздуху. В результате этого теплота, полученная воздухом, передается от отопительного прибора в другие части помещения.

Если жидкость или газ перемещаются с помощью механического устройства (насос, вентилятор и др.), такое перемещение называют вынужденной конвекцией. Теплообмен в этом случае происходит значительно интенсивнее, чем при естественной конвекции.

Теплообмен излучением происходит между телами, разделенными лучепрозрачной средой, электромагнитными волнами.

Учебное пособие

Евгений Александрович **Штокман**
Юрий Николаевич **Карагодин**

ТЕПЛОГАЗОСНАБЖЕНИЕ И ВЕНТИЛЯЦИЯ

Компьютерная верстка: *Т.А. Кузьмина*
Редактор: *Г.М. Мубаракшина*
Дизайн обложки: *Н.С. Романова*

Лицензия ЛР № 0716188 от 01.04.98.
Подписано к печати 21.03.15. Формат 60х90/16.
Бумага офсетная. Гарнитура Таймс.

Усл. 11 п.л. Тираж 500 экз. Заказ №

Издательство Ассоциации строительных вузов (АСВ)
129337, Москва, Ярославское шоссе, 26, отдел реализации – оф. 511
тел., факс: (499)183-56-83, e-mail: iasv@mgsu.ru, <http://www.iasv.ru/>