

# ОТОПЛЕНИЕ ВЕНТИЛЯЦИЯ КОНДИЦИОНИРОВАНИЕ

Учебно-практическая книга

«Отопление, вентиляция, кондиционирование. Теория и практика»

© Jolanta Čiuprinskienė, Kęstutis Čiuprinskas, Violeta Motuzienė

© UAB „Super namai“

Координатор проекта – Darius Jokubauskas

2020 г., Vilnius

ВСЕ ПРАВА ЗАЩИЩЕНЫ.

Ни одна из частей этой книги не может быть воспроизведена, храниться в системах поиска или передаваться в какой-либо форме и каким-либо образом без предварительного согласия собственника авторских прав.

ISBN 978-609-8270-00-6



Издатель UAB „Super namai“

www.supernamai.lt

Тираж – 2000 экз.

Отпечатано в UAB Standartų spaustuvė

Перевод UAB TOFT International

## АННОТАЦИЯ

Одна из главных причин, по которым люди строят здания, – стремление к обеспечению необходимого микроклимата. Погодные условия только на небольшой части Земли создают для людей возможности жить без какого-либо жилья. Построив здание и тем самым отделив себе часть среды, человек уже может обеспечить определенный уровень безопасности для себя, своих потомков, своего имущества, достаточный для выживания или даже для хорошего самочувствия.

Когда здание всего лишь построено, условия внутри него уже будут другими и, чаще всего, более благоприятными, чем снаружи – не будет осадков, ветра, прямых палящих солнечных лучей. Однако только этого чаще всего недостаточно – в помещениях может быть слишком холодно или слишком жарко, слишком влажно или слишком сухо, воздух может быть едким или загрязненным, поэтому подходящий микроклимат необходимо создавать активными средствами – отапливать или охлаждать здание, обеспечивать надлежащую вентиляцию. Для этого необходима энергия, и – в зависимости от предназначения, свойств здания и климатических условий – ее может потребоваться очень много. В Европе на эти цели расходуется около 40 % всей первичной энергии, поэтому, говоря о микроклимате помещений, неизбежно приходится говорить и о потребностях зданий в энергии, энергетической эффективности и воздействии на окружающую среду.

Необходимый микроклимат помещений обеспечивают специально для этой цели проектируемые системы – отопления, вентиляции, охлаждения или кондиционирования воздуха. С учетом предназначения здания и предъявляемых к нему требований микроклимат в здании может обеспечиваться различными способами, с помощью разных систем и их сочетаний. Решения также зависят от характерных для определенного региона традиций проектирования, климатических условий и источников потребляемой энергии.

Эта книга знакомит читателей с существенными параметрами микроклимата помещений, требованиями к нему и принципами их обеспечения. Она состоит из пяти основных разделов: «Микроклимат помещений», «Отопление», «Вентиляция», «Кондиционеры воздуха», «Управление системами отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха». В разделах дается краткое представление принципов проектирования систем, основных применяемых на практике типов и оборудования систем, акцентируются новейшие решения и технологии. Хотя книга предназначена для людей, которые приобрели образование в других областях, она также может использоваться в качестве учебного пособия для тех, кто изучает энергетику зданий и учится по другим университетским программам, связанным с инженерным оборудованием зданий.

Авторы книги, преподаватели кафедры энергетики зданий Вильнюсского технического университета им. Гедиминаса, благодарят мецената и спонсоров за возможность издать эту книгу, а также Ассоциацию Литвы по тепловым насосам и системам вентиляции, поддержавшую эту инициативу.

*Kęstutis Čiuprinskas  
Jolanta Čiuprinskienė  
Violeta Motuzienė*

# СОДЕРЖАНИЕ

## 1. МИКРОКЛИМАТ ПОМЕЩЕНИЙ

1.1	Воздействие микроклиматических условий.....	13
1.1.1	Комфорт.....	13
1.1.2	Здоровье.....	14
1.1.3	Работоспособность.....	15
1.1.4	Технологические процессы.....	16
1.2	Физические параметры микроклимата помещений.....	18
1.2.1	Тепловая среда.....	18
1.2.2	Качество воздуха.....	24

## 2. ОТОПЛЕНИЕ

2	Отопление.....	32
2.1	Классификация систем отопления.....	34
2.1.1	Классификация по теплоносителям.....	34
2.1.2	Классификация по положению основных элементов.....	38
2.1.3	Классификация по температурам теплоносителя.....	39
2.1.4	Классификация по способу распространения тепла.....	39
2.2	Применение систем отопления.....	39
2.3	Водяные системы отопления (ВСО).....	41
2.3.1	Классификация ВСО.....	42
2.3.2	Основы гидравлики.....	49
2.3.3	Оборудование водяной системы отопления.....	61
2.3.4	Водяные напольные системы отопления.....	130
2.4	Электрические системы отопления.....	153
2.4.1	Местные электрические отопительные приборы.....	156
2.4.2	Электрические воздушные завесы.....	164
2.4.3	Электрические напольные системы отопления.....	167
2.5	Источники тепла.....	171
2.5.1	Централизованное теплоснабжение.....	172
2.5.2	Тепловые насосы.....	176
2.5.3	Котлы.....	191

## 3. ВЕНТИЛЯЦИЯ

3.1	Вентиляция и способы вентиляции.....	202
3.1.1	Что такое вентиляция?.....	202
3.1.2	Способы вентиляции.....	203
3.1.2.1	Естественная вентиляция.....	204
3.1.2.2	Механическая вентиляция.....	207
3.1.2.3	Гибридная вентиляция.....	207
3.1.2.4	Выбор системы вентиляции.....	209
3.2	Расчет количества вентиляционного воздуха.....	211
3.2.1	Кратность обмена воздуха.....	215
3.2.2	Вентиляция помещений при отсутствии в них людей.....	215
3.2.3	Количество воздуха для удаления избыточного тепла.....	216
3.2.4	Количество воздуха для удаления влаги.....	216
3.2.5	Количество воздуха для удаления вредных газов.....	217
3.2.6	Количество воздуха для воздушного отопления.....	217
3.2.7	Управление расходом приточно-вытяжного воздуха системы вентиляции.....	218
3.3	Оборудование систем вентиляции.....	220
3.3.1	Вентиляторы.....	220
3.3.1.1	Осевые вентиляторы.....	221
3.3.1.2	Центробежные вентиляторы.....	223
3.3.1.3	Основные характеристики и проверка вентиляторов.....	225
3.3.2	Воздуховоды и фасонные части.....	228
3.3.3	Распределители воздуха.....	238
3.3.4	Устройства для контроля потока воздуха.....	247
3.3.5	Шумоглушители.....	254
3.3.6	Фильтры очистки приточного воздуха.....	260
3.3.6.1	Конструкции фильтров.....	260
3.3.6.2	Воздушные фильтры общеобменной системы вентиляции.....	262
3.3.6.3	Фильтры абсолютной очистки.....	266
3.3.6.4	Энергоэффективность фильтров.....	267

3.3.7	Нагреватели воздуха.....	269
3.3.8	Рекуперация тепла в системе вентиляции.....	271
3.3.8.1	Эффективность утилизации тепла.....	272
3.3.8.2	Пластинчатые теплоутилизаторы.....	272
3.3.8.3	Ротационные теплоутилизаторы.....	273
3.3.8.4	Утилизация тепла с промежуточным теплоносителем.....	274
3.3.8.5	Защита теплоутилизаторов от замерзания и способы его предотвращения.....	275
3.3.9	Вентиляционные установки.....	277
3.4	Принципы проектирования и расчета системы вентиляции.....	284
3.4.1	Расположение оборудования в здании.....	284
3.4.2	Проектирование системы вентиляции.....	287
3.4.3	Аэродинамический расчет.....	288
3.5	Решения вентиляции реновируемых и энергоэффективных домов.....	291
3.5.1	Безвоздуховодная система.....	292
3.5.2	Воздуховодная система.....	293
3.5.3	Система вентиляции с гибкими воздуховодами.....	297
3.5.4	Система вентиляции, адаптирующаяся к потребностям.....	299
3.5.5	Центральные пылесосы.....	304

## 4. КОНДИЦИОНИРОВАНИЕ ВОЗДУХА

4	Кондиционирование воздуха.....	308
4.1	Влажный воздух.....	309
4.1.1	Диаграмма влажного воздуха.....	309
4.1.2	Параметры влажного воздуха.....	310
4.1.3	Основные процессы изменения параметров воздуха.....	316
4.2	Выработка прохлады.....	327
4.2.1	Использование естественной прохлады.....	327
4.2.2	Способы выработки прохлады.....	328

4.2.3	Цикл паровой компрессии.....	329
4.2.4	Элементы паровой компрессионной цикловой охлаждающей установки.....	332
4.3	Обзор систем кондиционирования воздуха (СКВ).....	343
4.3.1	Индивидуальные устройства.....	344
4.3.2	Местные СКВ.....	355
4.3.3	Центральные СКВ.....	360
4.3.4	Системы со своеобразными характеристиками.....	383

## 5. УПРАВЛЕНИЕ СИСТЕМАМИ ОВКВ

5.1	Управление системами ОВКВ.....	391
-----	--------------------------------	-----

## 6. ПРИЛОЖЕНИЯ

Основные единицы измерения.....	400
---------------------------------	-----