

А.Н. Сканави, Л.М. Махов

ОТОПЛЕНИЕ

**Издательство АСВ
Москва**

ББК 38.762
УДК 697.1 (075.8)

С 42

Рецензенты: кафедра Теплогазоснабжения и вентиляции Московского института коммунального хозяйства и строительства (заведующий кафедрой, проф., к.т.н. Е. М. Авдолимов) и начальник отдела сантехоборудования ОАО «МОСПРОЕКТ» Ю. А. Эпштейн.

ISBN 5-93093-161-5

Сканави А. Н., Махов Л. М.
Отопление: Учебник для вузов. – М.: Издательство АСВ, 2006. - 576 с.: ил.

Федеральная программа книгоиздания России

Изложены устройство и принцип действия различных систем отопления зданий. Приведены методы расчета тепловой мощности системы отопления. Рассмотрены приемы конструирования, методы расчета и способы регулирования современных систем центрального и местного отопления. Проанализированы пути совершенствования систем и экономии тепловой энергии при отоплении зданий.

Для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению «Строительство», для специальности 290700 «Теплогазоснабжение и вентиляция».

ISBN 5-93093-161-5

© Сканави А.Н, Махов Л.М. 2006 г
© Издательство АСВ. 2006 г

ОГЛАВЛЕНИЕ

| | |
|---|-----|
| ПРЕДИСЛОВИЕ | 5 |
| ВВЕДЕНИЕ | 7 |
| РАЗДЕЛ 1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ ОБ ОТОПЛЕНИИ | 17 |
| <i>ГЛАВА 1. ХАРАКТЕРИСТИКА СИСТЕМ ОТОПЛЕНИЯ</i> | 17 |
| § 1.1. Система отопления..... | 17 |
| § 1.2. Классификация систем отопления..... | 19 |
| § 1.3. Теплоносители в системах отопления..... | 21 |
| § 1.4. Основные виды систем отопления..... | 25 |
| <i>ГЛАВА 2. ТЕПЛОВАЯ МОЩНОСТЬ СИСТЕМЫ ОТОПЛЕНИЯ</i> | 31 |
| § 2.1. Тепловой баланс помещения..... | 31 |
| § 2.2. Потери теплоты через ограждения помещения..... | 32 |
| § 2.3. Потери теплоты на нагревание инфильтрующегося наружного воздуха..... | 39 |
| § 2.4. Учет прочих источников поступления и затрат теплоты..... | 43 |
| § 2.5. Определение расчетной тепловой мощности системы отопления..... | 44 |
| § 2.6. Удельная тепловая характеристика здания и расчет теплопотребности на отопление по укрупненным показателям..... | 46 |
| § 2.7. Годовые затраты теплоты на отопление зданий..... | 49 |
| РАЗДЕЛ 2. ЭЛЕМЕНТЫ СИСТЕМ ОТОПЛЕНИЯ | 52 |
| <i>ГЛАВА 3. ТЕПЛОВЫЕ ПУНКТЫ И ИХ ОБОРУДОВАНИЕ</i> | 52 |
| § 3.1. Теплоснабжение системы водяного отопления..... | 52 |
| § 3.2. Тепловой пункт системы водяного отопления..... | 55 |
| § 3.3. Теплогенераторы для местной системы водяного отопления..... | 59 |
| § 3.4. Циркуляционный насос системы водяного отопления..... | 65 |
| § 3.5. Смесительная установка системы водяного отопления..... | 72 |
| § 3.6. Расширительный бак системы водяного отопления..... | 78 |
| <i>ГЛАВА 4. ОТОПИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ</i> | 85 |
| § 4.1. Требования, предъявляемые к отопительным приборам..... | 85 |
| § 4.2. Классификация отопительных приборов..... | 87 |
| § 4.3. Описание отопительных приборов..... | 90 |
| § 4.4. Выбор и размещение отопительных приборов..... | 96 |
| § 4.5. Коэффициент теплопередачи отопительного прибора..... | 103 |
| § 4.6. Плотность теплового потока отопительного прибора..... | 112 |
| § 4.7. Тепловой расчет отопительных приборов..... | 115 |
| § 4.8. Тепловой расчет отопительных приборов с помощью ЭВМ..... | 120 |
| § 4.9. Регулирование теплопередачи отопительных приборов..... | 123 |
| <i>ГЛАВА 5. ТЕПЛОПРОВОДЫ СИСТЕМ ОТОПЛЕНИЯ</i> | 127 |
| § 5.1. Классификация и материал теплопроводов..... | 127 |
| § 5.2. Размещение теплопроводов в здании..... | 130 |
| § 5.3. Присоединение теплопроводов к отопительным приборам..... | 138 |
| § 5.4. Размещение запорно-регулирующей арматуры..... | 142 |
| § 5.5. Удаление воздуха из системы отопления..... | 151 |
| § 5.6. Изоляция теплопроводов..... | 158 |

| | |
|---|-----|
| РАЗДЕЛ 3. СИСТЕМЫ ВОДЯНОГО ОТОПЛЕНИЯ | 162 |
| ГЛАВА 6. КОНСТРУИРОВАНИЕ СИСТЕМ ВОДЯНОГО ОТОПЛЕНИЯ | 162 |
| § 6.1. Схемы системы насосного водяного отопления..... | 162 |
| § 6.2. Система отопления с естественной циркуляцией воды..... | 171 |
| § 6.3. Система водяного отопления высотных зданий..... | 175 |
| § 6.4. Децентрализованная система водо-водяного отопления..... | 178 |
| ГЛАВА 7. РАСЧЕТ ДАВЛЕНИЯ В СИСТЕМЕ ВОДЯНОГО ОТОПЛЕНИЯ | 182 |
| § 7.1. Изменение давления при движении воды в трубах..... | 182 |
| § 7.2. Динамика давления в системе водяного отопления..... | 185 |
| § 7.3. Естественное циркуляционное давление..... | 208 |
| § 7.4. Расчет естественного циркуляционного давления в системе водяного отопления..... | 211 |
| § 7.5. Расчетное циркуляционное давление в насосной системе водяного отопления..... | 222 |
| ГЛАВА 8. ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ СИСТЕМ ВОДЯНОГО ОТОПЛЕНИЯ | 228 |
| § 8.1. Основные положения гидравлического расчета системы водяного отопления..... | 228 |
| § 8.2. Способы гидравлического расчета системы водяного отопления..... | 231 |
| § 8.3. Гидравлический расчет системы водяного отопления по удельной линейной потере давления..... | 234 |
| § 8.4. Гидравлический расчет системы водяного отопления по характеристикам сопротивления и проводимостям..... | 255 |
| § 8.5. Особенности гидравлического расчета системы отопления с приборами из труб..... | 270 |
| § 8.6. Особенности гидравлического расчета системы отопления со стояками унифицированной конструкции..... | 272 |
| § 8.7. Особенности гидравлического расчета системы отопления с естественной циркуляцией воды..... | 274 |
| РАЗДЕЛ 4. СИСТЕМЫ ПАРОВОГО, ВОЗДУШНОГО И ПАНЕЛЬНО-ЛУЧИСТОГО ОТОПЛЕНИЯ | 279 |
| ГЛАВА 9. ПАРОВОЕ ОТОПЛЕНИЕ | 279 |
| § 9.1. Система парового отопления..... | 279 |
| § 9.2. Схемы и устройство системы парового отопления..... | 280 |
| § 9.3. Оборудование системы парового отопления..... | 287 |
| § 9.4. Системы вакуум-парового и субатмосферного отопления..... | 294 |
| § 9.5. Выбор начального давления пара в системе..... | 295 |
| § 9.6. Гидравлический расчет паропроводов низкого давления..... | 297 |
| § 9.7. Гидравлический расчет паропроводов высокого давления..... | 299 |
| § 9.8. Гидравлический расчет конденсатопроводов..... | 301 |
| § 9.9. Последовательность расчета системы парового отопления..... | 305 |
| § 9.10. Использование пара вторичного вскипания..... | 308 |
| § 9.11. Система пароводяного отопления..... | 310 |
| | 573 |

| | |
|---|-----|
| ГЛАВА 10. ВОЗДУШНОЕ ОТОПЛЕНИЕ | 314 |
| § 10.1. Система воздушного отопления..... | 314 |
| § 10.2. Схемы системы воздушного отопления..... | 316 |
| § 10.3. Количество и температура воздуха для отопления..... | 318 |
| § 10.4. Местное воздушное отопление..... | 321 |
| § 10.5. Отопительные агрегаты..... | 322 |
| § 10.6. Расчет подачи воздуха, нагретого в отопительном агрегате..... | 325 |
| § 10.7. Квартирная система воздушного отопления..... | 331 |
| § 10.8. Рециркуляционные воздухонагреватели..... | 322 |
| § 10.9. Центральное воздушное отопление..... | 340 |
| § 10.10. Особенности расчета воздуховодов центрального воздушного отопления..... | 347 |
| § 10.11. Смесительные воздушно-тепловые завесы..... | 352 |
| ГЛАВА 11. ПАНЕЛЬНО-ЛУЧИСТОЕ ОТОПЛЕНИЕ | 359 |
| § 11.1. Система панельно-лучистого отопления..... | 359 |
| § 11.2. Температурная обстановка в помещении при панельно-лучистом отоплении..... | 362 |
| § 11.3. Теплообмен в помещении при панельно-лучистом отоплении..... | 366 |
| § 11.4. Конструкция отопительных панелей..... | 371 |
| § 11.5. Описание бетонных отопительных панелей..... | 375 |
| § 11.6. Теплоносители и схемы системы панельного отопления..... | 380 |
| § 11.7. Площадь и температура поверхности отопительных панелей..... | 383 |
| § 11.8. Расчет теплопередачи отопительных панелей..... | 390 |
| § 11.9. Особенности проектирования системы панельного отопления..... | 396 |
| РАЗДЕЛ 5. СИСТЕМЫ МЕСТНОГО ОТОПЛЕНИЯ | 399 |
| ГЛАВА 12. ПЕЧНОЕ ОТОПЛЕНИЕ | 399 |
| § 12.1. Характеристика печного отопления..... | 399 |
| § 12.2. Общее описание отопительных печей..... | 401 |
| § 12.3. Классификация отопительных печей..... | 402 |
| § 12.4. Конструирование и расчет топливников теплоемких печей..... | 405 |
| § 12.5. Конструирование и расчет газоходов теплоемких печей..... | 409 |
| § 12.6. Конструирование дымовых труб для печей..... | 413 |
| § 12.7. Современные теплоемкие отопительные печи..... | 415 |
| § 12.8. Нетеплоемкие отопительные печи..... | 422 |
| § 12.9. Проектирование печного отопления..... | 425 |
| ГЛАВА 13. ГАЗОВОЕ ОТОПЛЕНИЕ | 430 |
| § 13.1. Общие сведения..... | 430 |
| § 13.2. Газовые отопительные печи..... | 431 |
| § 13.3. Газовые нетеплоемкие отопительные приборы..... | 433 |
| § 13.4. Газовоздушные теплообменники..... | 434 |
| § 13.5. Газовоздушное лучистое отопление..... | 436 |
| § 13.6. Газовое лучистое отопление..... | 438 |

| | |
|--|-----|
| <i>ГЛАВА 14. ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ ОТОПЛЕНИЕ.....</i> | 441 |
| § 14.1. Общие сведения..... | 441 |
| § 14.2. Электрические отопительные приборы..... | 442 |
| § 14.3. Электрическое аккумуляционное отопление..... | 450 |
| § 14.4. Электрическое отопление с помощью теплового насоса..... | 454 |
| § 14.5. Комбинированное отопление с использованием электрической энергии..... | 460 |
| РАЗДЕЛ 6. ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМ ОТОПЛЕНИЯ..... | 465 |
| <i>ГЛАВА 15. СРАВНЕНИЕ И ВЫБОР СИСТЕМ ОТОПЛЕНИЯ.....</i> | 465 |
| § 15.1. Технические показатели систем отопления..... | 465 |
| § 15.2. Экономические показатели систем отопления..... | 468 |
| § 15.3. Области применения систем отопления..... | 472 |
| § 15.4. Условия выбора системы отопления..... | 477 |
| <i>ГЛАВА 16. РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ОТОПЛЕНИЯ.....</i> | 480 |
| § 16.1. Процесс проектирования и состав проекта отопления..... | 480 |
| § 16.2. Нормы и правила проектирования отопления..... | 481 |
| § 16.3. Последовательность проектирования отопления..... | 482 |
| § 16.4. Проектирование отопления с помощью ЭВМ..... | 485 |
| § 16.5. Типовые проекты отопления и их применение..... | 488 |
| РАЗДЕЛ 7. ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМЫ ОТОПЛЕНИЯ..... | 490 |
| <i>ГЛАВА 17. РЕЖИМ РАБОТЫ И РЕГУЛИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ ОТОПЛЕНИЯ.....</i> | 490 |
| § 17.1. Режим работы системы отопления..... | 490 |
| § 17.2. Регулирование системы отопления..... | 494 |
| § 17.3. Управление работой системы отопления..... | 499 |
| § 17.4. Особенности режима работы и регулирования различных систем отопления..... | 502 |
| <i>ГЛАВА 18. СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ ОТОПЛЕНИЯ.....</i> | 509 |
| § 18.1. Реконструкция системы отопления..... | 509 |
| § 18.2. Двухтрубная система водяного отопления повышенной тепловой устойчивости..... | 512 |
| § 18.3. Однотрубная система водяного отопления с термосифонными отопительными приборами..... | 515 |
| § 18.4. Комбинированное отопление..... | 517 |
| РАЗДЕЛ 8. ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ В СИСТЕМАХ ОТОПЛЕНИЯ..... | 521 |
| <i>ГЛАВА 19. ЭКОНОМИЯ ТЕПЛОТЫ НА ОТОПЛЕНИЕ.....</i> | 521 |
| § 19.1. Снижение энергопотребности на отопление здания..... | 521 |
| § 19.2. Повышение эффективности отопления здания..... | 526 |
| § 19.3. Теплонасосные установки для отопления..... | 528 |
| § 19.4. Экономия теплоты при автоматизации работы системы отопления..... | 533 |
| § 19.5. Прерывистое отопление зданий..... | 535 |
| § 19.6. Нормирование отопления жилых зданий..... | 541 |
| | 575 |

| | |
|---|---|
| ГЛАВА 20. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРИРОДНОЙ ТЕПЛОТЫ В СИСТЕМАХ ОТОПЛЕНИЯ | 1 |
| § 20.1. Системы низкотемпературного отопления..... | 1 |
| § 20.2. Системы солнечного отопления..... | 1 |
| § 20.3. Системы геотермального отопления..... | 1 |
| § 20.4. Системы отопления с использованием сбросной теплоты..... | 1 |
| СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ | 1 |
| ПРЕДМЕТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ | 1 |

Учебное издание

**Сканави Александр Николаевич
Махов Леонид Михайлович**

ОТОПЛЕНИЕ