

**М. А. Рутковский  
А. С. Шибeko**

# **ОТОПЛЕНИЕ**

*Допущено Министерством образования Республики Беларусь  
в качестве учебного пособия для учащихся учреждений образования,  
реализующих образовательные программы среднего специального  
образования по специальностям «Обслуживание и эксплуатация жилых домов»,  
«Санитарно-техническое оборудование зданий и сооружений»,  
«Теплогазоснабжение, вентиляция и охрана воздушного бассейна»*



Минск  
РИПО  
2021

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие . . . . .	3
1. Расчетные параметры . . . . .	4
1.1. Параметры микроклимата помещения . . . . .	4
1.2. Условия комфортности. . . . .	9
1.3. Расчетные параметры наружного воздуха. . . . .	11
2. Теплотехнические основы отопления. . . . .	14
2.1. Основы теории теплообмена . . . . .	14
2.2. Теплопередача через ограждающие конструкции . . . . .	23
2.3. Нормирование теплозащиты зданий . . . . .	26
2.4. Теплоустойчивость ограждений и помещений . . . . .	28
2.5. Воздухозащитные свойства ограждающих конструкций . . . . .	34
2.6. Паропроницание через ограждающие конструкции . . . . .	41
3. Определение тепловой мощности систем отопления . . . . .	47
3.1. Тепловой баланс помещения . . . . .	47
3.2. Потери теплоты через ограждающие конструкции . . . . .	49
3.3. Затраты теплоты на нагрев воздуха, поступающего в расчетное помещение . . . . .	54
3.4. Определение суммарного теплового потока, регулярно поступающего в помещения здания от различных источников . . . . .	55
3.5. Определение температур в неотапливаемых помещениях . . . . .	56
3.6. Определение расчетной мощности системы отопления . . . . .	58
3.7. Определение удельных годовых расходов энергии на отопление и вентиляцию здания . . . . .	60
4. Общие сведения о системах отопления . . . . .	63
4.1. Классификация систем отопления. Требования к системам отопления . . . . .	63
4.2. Выбор системы отопления. . . . .	67
4.3. Трубопроводы систем отопления. . . . .	70
4.3.1. Стальные трубы. . . . .	70
4.3.2. Медные трубы . . . . .	79
4.3.3. Полимерные трубы . . . . .	80
4.3.4. Металлополимерные трубы . . . . .	83

4.4. Арматура систем отопления . . . . .	84
4.4.1. Задвижки . . . . .	89
4.4.2. Клапаны . . . . .	91
4.4.3. Краны . . . . .	94
4.4.4. Дисковые затворы . . . . .	96
4.5. Отопительные приборы . . . . .	98
4.5.1. Радиаторы . . . . .	99
4.5.2. Конвекторы . . . . .	103
4.5.3. Ребристые трубы . . . . .	106
4.5.4. Гладкотрубные приборы . . . . .	107
4.5.5. Калориферы . . . . .	108
5. Системы водяного отопления . . . . .	111
5.1. Классификация . . . . .	111
5.2. Однотрубные насосные системы . . . . .	112
5.2.1. Вертикальные однотрубные системы отопления с верхней разводкой . . . . .	112
5.2.2. Вертикальные однотрубные системы отопления с нижней разводкой . . . . .	116
5.2.3. Горизонтальные однотрубные системы отопления . . . . .	119
5.3. Двухтрубные насосные системы . . . . .	123
5.3.1. Вертикальные двухтрубные системы отопления . . . . .	123
5.3.2. Горизонтальные двухтрубные системы отопления . . . . .	126
5.4. Сравнение однотрубных и двухтрубных систем водяного отопления . . . . .	129
5.5. Трехтрубные системы водяного отопления . . . . .	131
5.6. Системы отопления с попутным движением теплоносителя в магистралях . . . . .	132
5.7. Системы отопления с естественной циркуляцией теплоносителя . . . . .	135
5.8. Особенности проектирования низкотемпературных систем отопления . . . . .	137
5.9. Конструирование систем водяного отопления . . . . .	138
6. Расчет систем водяного отопления . . . . .	142
6.1. Теоретические основы и методы гидравлического расчета систем водяного отопления . . . . .	142
6.1.1. Последовательность гидравлического расчета . . . . .	142
6.1.2. Потери давления на преодоление местных сопротивлений и сопротивлений по длине . . . . .	146
6.1.3. Гидравлический расчет методом удельных потерь давления на трение . . . . .	149
6.1.4. Гидравлический расчет методом характеристик сопротивлений . . . . .	151
6.2. Пример гидравлического расчета вертикальной двухтрубной системы водяного отопления методом удельных потерь давления . . . . .	154

6.3. Пример гидравлического расчета горизонтальной однетрубной системы водяного отопления методом характеристик сопротивления . . . . .	166
6.4. Краткие сведения о регулировании систем отопления . . . . .	177
6.5. Подбор отопительных приборов . . . . .	180
7. Панельно-лучистое отопление . . . . .	186
7.1. Общие сведения о системах панельно-лучистого отопления . . . . .	186
7.2. Конструирование систем водяного напольного отопления . . . . .	188
7.3. Основы расчета системы водяного напольного отопления . . . . .	193
8. Паровые системы отопления . . . . .	197
8.1. Область применения и классификация систем парового отопления . . . . .	197
8.2. Системы парового отопления низкого давления . . . . .	198
8.3. Системы парового отопления высокого давления . . . . .	204
8.4. Вакуум-паровые и субатмосферные системы отопления . . . . .	206
8.5. Гидравлический расчет паропроводов . . . . .	207
9. Воздушные системы отопления . . . . .	213
9.1. Классификация и область применения систем воздушного отопления . . . . .	213
9.2. Конструирование систем воздушного отопления . . . . .	215
9.3. Воздушно-тепловые завесы . . . . .	220
10. Местное отопление . . . . .	224
10.1. Печное отопление. . . . .	224
10.2. Электрическое отопление . . . . .	232
10.3. Газовое отопление . . . . .	235
11. Особенности систем отопления зданий различного назначения . . . . .	239
11.1. Отопление производственных зданий . . . . .	239
11.2. Отопление сельскохозяйственных зданий . . . . .	242
11.2.1. Системы отопления животноводческих помещений . . . . .	242
11.2.2. Системы отопления птицеводческих помещений. . . . .	244
11.2.3. Системы отопления культивационных сооружений . . . . .	245
11.3. Отопление высотных зданий . . . . .	249
12. Тепловые пункты . . . . .	252
12.1. Общая информация о тепловых пунктах . . . . .	252
12.2. Зависимая схема присоединения системы отопления к тепловым сетям. . . . .	253
12.3. Независимая схема присоединения системы отопления к тепловым сетям. . . . .	258
12.4. Блочные тепловые пункты . . . . .	264
Литература . . . . .	267