

А. Л. ШКАРОВСКИЙ

ТЕПЛОСНАБЖЕНИЕ

УЧЕБНИК

Издание третье, стереотипное



ЛАНЬ

САНКТ-ПЕТЕРБУРГ
МОСКВА
КРАСНОДАР
2024

Шкаровский, А. Л. Теплоснабжение : учебник / А. Л. Шкаровский. – 3-е изд., стер. – Санкт-Петербург [и др.] : Лань, 2024. – 391 с. – (Высшее образование).
УДК 697.34(075.8)
ББК 38

Абонемент уч. лит. – 2 экз.
Чит. зал №1 – 2 экз.

Теплоснабжением обобщенно называется многообразие инженерно-технических задач, связанных с обеспечением потребителей тепловой энергией. Этот динамично развивающийся раздел науки и техники охватывает широкий круг тесно связанных вопросов производства, транспортирования, регулирования и потребления теплоты.

Первая часть учебника посвящена принципам оптимального расчета и проектирования систем горячего водоснабжения, как наиболее активного потребителя теплоты. Во второй части рассматриваются вопросы расчета и проектирования тепловых сетей и регулирования тепловой нагрузки. Третья часть систематизирует сведения по конструкции абонентских вводов потребителей. В четвертой Части представлены методы экономического анализа принимаемых решений при проектировании систем теплоснабжения.

Учебник предназначен для студентов очной и заочной форм обучения направления подготовки «Строительство», степень — бакалавриат и магистратура, направления подготовки «Теплоэнергетика и теплотехника», степень — бакалавриат и магистратура, направления подготовки «Техносферная безопасность», степень — бакалавриат и магистратура; для специалистов, занимающихся проектированием, строительством и эксплуатацией тепловых сетей, источников теплоты и абонентских вводов потребителей. Книга содержит большое количество примеров и снабжена необходимым справочным материалом.

Содержание

Введение	3
Часть I.	
Горячее водоснабжение	5
1. Общие вопросы проектирования систем ГВС.....	6
1.1. Общая характеристика и область применения местных и централизованных систем ГВС	6
1.2. Виды потребления горячей воды и требования к ее качеству и температуре	7
2. Схемы централизованных систем ГВС.....	10
2.1. Классификация централизованных систем ГВС	10
2.2. Принципиальные схемы централизованных систем ГВС.....	11
3. Расчетные расходы воды и теплоты в системах ГВС	17
3.1. Расчетные расходы воды	17
3.2. Расчетные расходы теплоты	20
4. Гидравлический расчет подающих трубопроводов	21
4.1. Основные положения гидравлического расчета	21
4.2. Располагаемый и требуемый напоры в системах ГВС в режиме водоразбора	23
4.3. Подбор счетчика воды	24
5. Циркуляция в системах ГВС	26
5.1. Расчет потерь теплоты в системах ГВС	26
5.2. Определение циркуляционного расхода	29
5.3. Гидравлический расчет системы в режиме циркуляции	31
6. Подбор и схемы включения повысительных и циркуляционных насосов и диафрагм	33
6.1. Закрытые системы водоразбора	33
6.1.1. Возможные варианты подбора циркуляционных насосов.....	36
6.2. Системы с непосредственным водоразбором	37
7. Аккумуляторы в системах ГВС	38
7.1. Общие сведения	38
7.2. Определение объема баков-аккумуляторов	40
7.3. Основные правила установки и обвязки баков	43
8. Схемы подключения систем ГВС к тепловым сетям	44
8.1. Классификация способов подключения систем ГВС	44
8.2. Системы ГВС без аккумуляторов теплоты	45
8.2.1. Подключение к водяным тепловым сетям по закрытой схеме	45
8.2.2. Подключение к водяным тепловым сетям с непосредственным водоразбором	50
8.2.3. Подключение систем ГВС к паровым тепловым сетям	52
8.3. Аккумуляторные схемы подключения систем ГВС	53
8.4. Особенности развития систем ГВС на современном этапе	55
9. Общие требования к проектированию централизованных систем ГВС	57

10. Обработка воды в системах горячего водоснабжения	60
10.1. Показатели коррозионной активности горячей воды	60
10.2. Требования к качеству горячей воды	61
10.3. Способы обработки воды для систем ГВС	61
10.3.1. Противокоррозионная обработка	61
10.3.2. Противонакипная обработка воды	63
10.3.3. Современные способы комплексной обработки воды	64

Часть II.

Системы теплоснабжения и тепловые сети	67
1. Общие сведения и основные понятия	68
1.1. Теплоносители, применяемые в теплоснабжении	69
1.2. Классификация систем теплоснабжения и теплосетей	70
2. Системы теплоснабжения	72
2.1. Подключение систем отопления и вентиляции	73
2.1.1. Подключение систем отопления к водяным сетям	73
2.1.2. Подключение систем отопления к паровым сетям	75
2.1.3. Подключение систем вентиляции	76
2.2. Водяные открытые системы теплоснабжения	78
2.2.1. Однотрубная система с непосредственным водоразбором	78
2.2.2. Двухтрубная открытая система	80
2.2.3. Многотрубные открытые системы теплоснабжения	81
2.3. Водяные закрытые системы теплоснабжения	83
2.4. Сравнительный анализ водяных систем теплоснабжения	85
2.5. Паровые системы теплоснабжения	86
3. Потребление теплоты	88
3.1. Теоретические основы	88
3.1.1. Тепловой баланс здания	88
3.1.2. Теплопроводность	90
3.1.3. Конвективный теплообмен	93
3.1.4. Теплообмен излучением	96
3.1.5. Теплопередача	98
3.2. Составление теплового баланса	100
3.2.1. Сезонный расход теплоты для отдельных зданий	102
3.2.2. Расчет теплопотребления на основе удельных характеристик зданий	105
3.2.3. Принципы составления теплового баланса на стадии ТЭО	109
3.3. Зависимость теплопотребления от температуры наружного воздуха	113
3.3.1. Отопление	114
3.3.2. Вентиляция	115
3.3.3. Горячее водоснабжение	116
3.4. Годовые расходы теплоты	117
3.5. Годовые графики расхода теплоты	120
4. Регулирование отпуска теплоты	124
4.1. Регулирование нагрузки отопления	125
4.1.1. Непрерывное регулирование	126
4.1.2. Регулирование пропусками	130
4.2. Регулирование нагрузки вентиляции	131
4.2.1. Регулирование «по воде»	131

4.2.2. Регулирование «по воздуху»	133
4.3. Регулирование нагрузки горячего водоснабжения.....	134
4.3.1. Регулирование в закрытых системах теплоснабжения.....	134
4.3.2. Регулирование при непосредственном водоразборе.....	136
4.4. Регулирование разнородной тепловой нагрузки.....	138
4.4.1. Способы регулирования разнородной нагрузки.....	138
4.4.2. Принципы комбинированного регулирования.....	138
4.4.3. Регулирование смешанной тепловой нагрузки по нагрузке отопления	140
4.4.4. Регулирование разнородной нагрузки по суммарной нагрузке отопления и горячего водоснабжения	146
5. Гидравлический расчет тепловых сетей	152
5.1. Расчетные расходы теплоносителя	153
5.2. Теоретические основы гидравлического расчета	153
5.3. Определение диаметров трубопроводов и потерь напора	155
5.3.1. Метод оптимальных скоростей	155
5.3.2. Метод заданных удельных потерь давления.....	156
5.4. Пьезометрические графики. Требования к давлениям в тепловых сетях	161
5.4.1. Подключение к существующей сети	163
5.4.2. Проектирование новой тепловой сети	164
5.4.3. Требования к гидродинамическому режиму тепловой сети	165
5.4.4. Статический режим тепловой сети	167
6. Трубопроводы тепловых сетей	169
6.1. Трубы	169
6.1.1. Механическая прочность стенок труб	169
6.1.2. Виды труб и их соединений	173
6.2. Опоры трубопроводов	174
6.2.1. Определение расстояния между подвижными опорами	174
6.2.2. Нагрузки на подвижные опоры	176
6.2.3. Нагрузки на неподвижные опоры	177
7. Компенсация тепловых деформаций	182
7.1. Общие сведения	182
7.2. Типы компенсаторов	184
7.2.1. Осевые компенсаторы	185
7.2.2. Радиальные компенсаторы	186
7.2.3. Компенсирующие методы прокладки тепловых сетей.....	187
7.3. Расчет компенсации удлинения трубопроводов.....	188
7.3.1. Метод упругого центра	188
7.3.2. Универсальные расчетные формулы	195
8. Изоляция трубопроводов тепловых сетей	197
8.1. Общие сведения	197
8.1.1. Основной теплоизоляционный слой	198
8.1.2. Гидроизоляция	199
8.1.3. Покровный слой	199
8.2. Виды теплоизоляции	199
8.2.1. Обмазочная изоляция	200
8.2.2. Теплоизоляционные маты	200
8.2.3. Изоляция из сборных элементов	200
8.2.4. Засыпная и заливная изоляция	201
8.2.5. Краткий анализ развития технологии изоляции тепловых сетей	202

8.3. Технология предварительно изолированных труб и изделий.....	203
8.3.1. Развитие технологии предварительно изолированных труб.....	203
8.3.2. Современные технологии предварительно изолированных труб	204
8.3.3. Изоляция соединений в технологиях предварительно изолированных труб	206
8.3.4. Проблемы технологии предварительно изолированных труб.....	207
8.4. Керамическая изоляция	208

Часть III.

Тепловые пункты и абонентские вводы объектов теплоснабжения	209
1. Теоретические основы теплообмена в теплообменных аппаратах	210
1.1. Основные понятия.....	210
1.2. Тепловой и материальный баланс в открытых системах.....	211
1.2.1. Непосредственный теплообмен.....	211
1.2.2. Косвенный рекуперативный теплообмен	213
1.2.3. Косвенный регенеративный теплообмен	214
1.3. Особенности теплопередачи через цилиндрическую стенку.....	215
1.3.1. Теплопроводность в цилиндрической стенке	215
1.3.2. Конвективный теплообмен на цилиндрической поверхности	216
1.3.3. Теплопередача через цилиндрическую стенку.....	217
2. Тепловой и гидравлический расчет теплообменников.....	217
2.1. Виды теплообменных аппаратов в теплоснабжении.....	217
2.2. Теплообмен в теплообменных аппаратах	220
2.2.1. Тепловой баланс теплообменника.....	220
2.2.2. Теплообмен в водо-водяных теплообменниках.....	222
2.2.3. Теплообмен в пароводяных водонагревателях.....	226
2.2.4. Особенности расчета теплообменников, работающих на перегретом паре и с охлаждением конденсата.....	228
2.2.5. Учет аккумулирующей способности емкостных теплообменников	230
2.2.6. Определение физических характеристик воды	230
2.3. Практические методы подбора теплообменников	231
2.3.1. Виды расчета теплообменников	231
2.3.2. Эмпирические зависимости для подбора теплообменников	233
2.3.3. Компьютерные методы	233
3. Конструкция тепловых пунктов	235
3.1. Классификация тепловых пунктов	235
3.2. Тепловые пункты непосредственного подключения	238
3.2.1. Тепловые пункты с непосредственным подключением без трансформации параметров	238
3.2.2. Тепловые пункты непосредственного подключения с трансформацией параметров	239
3.3. Тепловые пункты независимого подключения	243
3.3.1. Тепловые пункты однофункционального назначения	243
3.3.2. Многофункциональные тепловые пункты.....	244
3.4. Комбинированные типы тепловых пунктов.....	246
3.5. Системы с поквартирным отоплением и горячим водоснабжением	246

3.5.1. Квартирный мини-теплоцентр Logotherm фирмы «Meibes».....	248
3.5.2. Регулятор PM-regler	250
3.6. Аккумуляторные тепловые пункты.....	252
3.7. Комплексные системы тепловых пунктов.....	255
4. Подбор и расчет оборудования тепловых пунктов	257
4.1. Подбор эжектирующих устройств	257
4.2. Подбор насосов	258
4.2.1. Общие принципы подбора насосов	258
4.2.2. Подбор насосов для узлов подмешивания отопления.....	259
4.3. Подбор теплообменников.....	260
5. Теплоэнергоэффективные системы абонентских вводов.....	260
5.1. Принципы оптимального проектирования абонентских вводов	260
5.1.1. Общий анализ требований теплоэнергоэффективности при подключении объектов теплоснабжения.....	261
5.1.2. Причины, обуславливающие необходимость гидравлического отделения контуров внутренних систем.....	262
5.2. Гидравлические разделители	264
5.2.1. Вертикальные гидравлические разделители.....	265
5.2.2. Распространенные конструкции ВГР.....	268
5.2.3. Гидравлический предохранитель.....	272
5.2.4. Принципы проектирования схемы теплоцентров с гидравлическими разделителями	274
5.2.5. Гидравлические разделители ZORT–System.....	275
5.3. Принцип последовательного сопряжения контуров.....	280
5.3.1. Технологическая схема последовательной системы.....	280
5.3.2. Принцип действия системы.....	282
5.3.3. Особенности системы	282
Часть IV.	
Экономические расчеты в теплоснабжении.....	285
1. Оптимизационные способы гидравлического расчета тепловых сетей	286
1.1. Метод экономически наимыгоднейших удельных потерь давления	286
1.1.1. Теоретические основы	286
1.1.2. Расчетные формулы	287
1.2. Рекомендуемая последовательность расчета	290
2. Экономический расчет тепловой изоляции	299
2.1. Тепловой расчет трубопровода в воздушной среде.....	299
2.2. Тепловой расчет бесканальной однетрубной прокладки.....	301
2.3. Тепловой расчет двухтрубной бесканальной тепловой сети.....	303
2.4. Тепловой расчет подземной канальной прокладки.....	305
2.5. Падение температуры теплоносителя и выпадение конденсата во время транспортировки.....	307
2.6. Определение экономически наимыгоднейшей толщины тепловой изоляции.....	308
3. Экономия энергии методом программного регулирования систем отопления.....	313
3.1. Общие сведения о программном регулировании времени работы систем отопления	313

3.2. Расчет удельных теплопотерь здания	316
3.3. Определение постоянной времени коэффициента теплоаккумулирующей способности здания.....	317
3.4. Расчет программного регулирования системы отопления.....	317
3.5. Определение количества сэкономленной теплоты.....	319
3.6. Особенности программного регулирования систем отопления в зданиях с улучшенной тепловой изоляцией.....	320
4. Анализ эффективности применения различных источников энергии в жилищно-коммунальном строительстве.....	325
4.1. Общие замечания	325
4.2. Анализ эффективности использования природного газа для горячего водоснабжения	327
4.2.1. Суточное потребление горячей воды	327
4.2.2. Годовое потребление горячей воды	327
4.2.3. Годовое потребление энергии на горячее водоснабжение.....	327
4.2.4. Годовой дополнительный расход газа на ГВС.....	328
4.2.5. Дополнительная оплата газа	328
4.2.6. Стоимость электричества на приготовление горячей воды.....	331
4.2.7. Годовой эффект использования газа	331
4.2.8. Разность капиталовложений	331
4.3. Экономический анализ при выборе первичного источника энергии	332
4.3.1. Простой период окупаемости	332
4.3.2. Чистая приведенная стоимость	333
4.3.3. Внутренняя норма рентабельности	334
4.4. Заключительные замечания	351
Приложения	354
Литература	383