
Hydraulik der Wasserheizung

von
Professor Dipl.-Ing. Hans Roos

5., korrigierte Auflage

mit 290 Bildern und 25 Tabellen

Oldenbourg Industieverlag München



Библиотека специалиста

Ганс Роос

Гидравлика систем водяного отопления

5-е издание



Москва · Санкт-Петербург · Нижний Новгород · Воронеж
Ростов-на-Дону · Екатеринбург · Самара · Новосибирск
Киев · Харьков · Минск

2009

ББК 38.762.1
УДК 697.1
P72

Рецензенты:

- Махов Л. М.,** кандидат технических наук, заместитель заведующего кафедрой отопления и вентиляции Московского государственного строительного университета; профессор
- Смирнов А. Ф.,** кандидат технических наук, доцент кафедры отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха Санкт-Петербургского государственного архитектурно-строительного университета

Научные редакторы:

- Росляков Е. М.,** кандидат технических наук, профессор, профессор кафедры технических систем наземных комплексов военно-космической академии им. А. Ф. Можайского
- Авсюкевич Д. А.,** доктор технических наук, старший научный сотрудник, кафедра технических систем наземных комплексов военно-космической академии им. А. Ф. Можайского
- Сударь Ю. М.,** заместитель начальника инженерно-технического факультета, начальник учебной части, кафедра технических систем наземных комплексов Военно-космической академии им. А. Ф. Можайского
- Дашкевич С. А.,** руководитель отделения представительства фирмы Vaillant GmbH, Санкт-Петербург

Роос Г.

P72 Гидравлика систем водяного отопления, 5-е изд. — СПб.: Питер, 2009. — 368 с.: ил. — (Серия «Учебное пособие»).

ISBN 978-5-49807-284-5

Книга предназначена для специалистов, проектирующих малые и средние системы автономного отопления зданий. 5-е издание представляет собой исправленную редакцию прежнего, принятого за основу и затем переработанного издания впервые появившейся в 1986 г. книги «Гидравлика систем водяного отопления». В книге объединены многолетний дидактический опыт преподавания в высшем учебном заведении предмета, имеющего преимущественно абстрактный характер, и новые познания из повседневной практики. Название книги сохранено, несмотря на то что изложенный в ней материал не ограничивается областью отопительной техники, а может использоваться также при монтаже систем кондиционирования для тех участков сети, в которых в качестве охлаждающей среды используется вода.

Рекомендовано Учебно-методическим объединением вузов РФ по образованию в области строительства в качестве учебного пособия для студентов, обучающихся по направлению 270100 «Строительство».

ББК 38.762.1
УДК 697.1

Права на издание получены по соглашению с Oldenbourg Industrieverlag GmbH. Все права защищены. Никакая часть данной книги не может быть воспроизведена в какой бы то ни было форме без письменного разрешения владельцев авторских прав.

ISBN 3-486-26529-6 (нем.)

© Oldenbourg Industrieverlag GmbH, 2002
Rosenheimer Straße 145, D-81671 München
Telefon: (089) 45051-0; www.oldenbourg-verlag.de

© Перевод на русский язык Санкт-Петербургская
торгово-промышленная палата, 2005

ISBN 978-5-49807-284-5

© Издание на русском языке, оформление ООО «Лидер», 2009

Оглавление

Предисловие к переводу	9
Предисловие	10
Глава 1. Гидравлическое сопротивление	11
1.1. Гидравлическое сопротивление прямых труб.....	13
1.1.1. Определение гидравлического сопротивления прямых труб	16
1.1.2. Определение гидравлического показателя экспоненты m	18
1.2. Местные гидравлические сопротивления	20
1.3. Гидравлическое сопротивление регулирующей арматуры	21
1.3.1. Пропускная способность k_v	25
1.3.2. Пропускная способность k_v и гидравлическое сопротивление C	27
1.4. Экспоненциальное представление гидравлического сопротивления сетей.....	28
1.5. Пропускная способность k	28
Глава 2. Типы гидравлических схем	29
2.1. Последовательное соединение.....	34
2.1.1. График характеристики последовательного соединения.....	35
2.1.2. Расчет последовательных соединений.....	37
2.2. Параллельное соединение.....	38
2.2.1. График характеристики параллельного соединения.....	38
2.2.2. Расчет параллельного соединения.....	40
2.3. Оценка расчетного и графического способов решения	42
2.4. Параллельное соединение насосов.....	45
2.5. Взаимное влияние насоса и сети.....	47
2.6. Гидравлическое равновесие.....	51
Глава 3. Примеры практического использования.....	52
3.1. Построение эквивалентной характеристики последовательного соединения насоса и вентиля.....	52
3.2. Параллельное соединение насосов.....	53
3.3. Поведение двухтрубной системы	58
3.4. Поведение однострубной системы.....	62
3.5. Двухтрубная система в параллельном исполнении	64

Глава 4. Проходной вентиль и сеть	67
4.1. Конструкция проходных регулирующих вентиляей	67
4.2. Характеристики открытия и характеристики вентиляей.....	73
4.2.1. Линейная характеристика вентиля.....	79
4.2.2. Равнопроцентная характеристика.....	80
4.2.3. Технические данные регулирующих вентиляей.....	83
4.3. Рабочая характеристика и авторитет вентиля	85
4.4. Внутренний авторитет вентиля.....	92
4.5. Требования к рабочим характеристикам с позиций техники регулирования	94
4.5.1. Характеристика теплоотдачи	94
4.5.2. Общая характеристика системы при использовании линейного вентиля.....	96
4.5.3. Оптимальная общая характеристика системы	98
4.6. Влияние характеристики насоса.....	99
4.7. Проходные вентили в разветвленных сетях	102
4.8. Указания по подбору типоразмеров вентиляей.....	106
Глава 5. Трехходовой вентиль и сеть	114
5.1. Типы конструктивных исполнений.....	114
5.2. Способы монтажа и задачи трехходовых вентиляей	115
5.3. Эквивалентная схема трехходового вентиля.....	117
5.4. Характеристики трехходовых вентиляей	118
5.5. Рабочие характеристики трехходовых вентиляей.....	119
5.6. Величины, влияющие на рабочие характеристики	123
5.7. Экспериментальные результаты.....	131
Глава 6. Многоконтурные схемы	134
6.1. Примеры схем.....	134
6.2. Специальное параллельное соединение.....	140
6.3. Четырехквadrантная диаграмма. Примеры использования	146
Глава 7. Характеристики базовых гидравлических схем....	150
7.1. Характеристики вентиляей на диаграмме $\Delta p - V$	150
7.2. Характеристики насосов на диаграмме $\Delta p - V$	153
7.3. Базовые схемы на диаграмме $\Delta p - V$	153
Глава 8. Гидравлическое закорачивание	164
Глава 9. Замкнутый гидравлический контур	168
Глава 10. Насосы в качестве органов регулирования.....	173
10.1. Насосы в схемах дроссельного регулирования	174
10.2. Насосы с байпасной линией.....	176
10.3. Параллельное соединение насосов	177

10.4. Изменение частоты вращения рабочего колеса насоса	180
10.4.1. Перепад давления как регулируемая величина	182
10.4.2. Регулирование частоты вращения рабочего колеса в соответствии с характеристикой регулирования	185
Глава 11. Трехходовые вентили в многоконтурных схемах.....	194
11.1. Определение перепада давления в насосе	195
11.2. Влияние отключающих воздействий.....	197
Глава 12. Схемы с насосами в первичном и вторичном контурах	202
12.1. Гидравлическая развязка и проходной вентиль.....	202
12.2. Распределитель без перепада давления — гидравлический разделитель ...	203
12.3. Промежуточный тепловой аккумулятор	208
12.4. Гидравлическая развязка и трехходовой вентиль	214
Глава 13. Свойства базовых схем	217
Глава 14. Регуляторы давления и регуляторы перепада давления.....	229
14.1. Цели использования	229
14.2. Принципиальное строение	235
14.3. Характеристики регулирования	238
14.4. Влияние на гидравлику	240
14.5. Определение размеров	242
14.6. Воздействие регуляторов перепада давления.....	244
14.6.1. Регулятор перепада давления в перепускной схеме	244
14.6.2. Регулятор перепада давления в дроссельной схеме	247
Глава 15. Регулируемый струйный насос	253
15.1. Принцип действия струйного насоса.....	256
15.2. Струйный насос и система отопления.....	260
15.3. Влияние сопротивления потребителей C_{VB}	261
15.4. Влияние перепада давления рабочего потока.....	263
15.5. Особенности техники струйных насосов	265
Глава 16. Гидравлическое уравнивание	268
16.1. Уравнивание в сетях потребителей	270
16.1.1. Автоматическое уравнивание при помощи термостатических вентилей.....	272
16.1.2. Влияние диапазона пропорциональности термостатических вентилей	274

16.1.3. Уравновешивание при расчете; использование термостатического вентиля и резьбового соединения в обратной линии радиатора.....	277
16.1.4. Уравновешивание при эксплуатации	281
16.1.5. Особенности работы системы при пуске	284
Глава 17. Примеры расчетов	290
17.1. Расчет однотрубной отопительной системы	290
17.2. Подсоединение к первичной сети	297
17.3. Насос подмешивания для котла	307
17.3.1. Теплотехнические условия.....	307
17.3.2. Анализ гидравлики.....	312
17.3.3. Требования к характеристике насоса.....	313
17.4. Каскадное включение котлов	316
17.4.1. Для чего требуется каскадное включение котлов?	316
17.4.2. Анализ гидравлических режимов системы.....	320
17.4.3. Поведение системы при регулировании	325
17.5. Схема для покрытия пиковых нагрузок	333
Глава 18. Гидравлический анализ с использованием компьютера	337
Глава 19. Совместное действие насоса и сил гравитации	344
Глава 20. Петлевые сети	353
20.1. Базовая схема разветвленной сети.....	356
20.2. Базовая схема петлевой сети.....	358
Список литературы	362
Дополнительная литература.....	363
Алфавитный указатель	364