

Д. М. Чудинов, Н. А. Петрикеева, Н. М. Попова

Традиционные и альтернативные системы теплоснабжения

Учебно-методическое пособие



Воронеж 2023

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

«Воронежский государственный технический университет»

Д. М. Чудинов, Н. А. Петрикеева, Н. М. Попова

Традиционные и альтернативные системы теплоснабжения

Учебно-методическое пособие

Воронеж 2023

УДК 697.34(075.8)

ББК 31.38

Ч-83

Рецензенты:

*кафедра информационных технологий управления Воронежского государственного университета (ст. преп. Е. А. Копытина);
А. А. Копейкин, директор ООО «Липецкий инженерно-технический центр»*

Чудинов, Д. М.

Традиционные и альтернативные системы теплоснабжения:

Ч-83 учебно-методическое пособие [Электронный ресурс]. — Электрон. текстовые и граф. данные (3,0 Мб) / Д. М. Чудинов, Н. А. Петрикеева, Н. М. Попова. — Воронеж: ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», 2023. — 1 электрон. опт. диск (DVD-ROM): цв. — Систем. требования: ПК 500 и выше; 256 Мб ОЗУ; Windows XP; SVGA с разрешением 1024x768; Adobe Acrobat ; CD-ROM дисковод; мышь. — Загл. с экрана.

ISBN 978-5-7731-1102-3

Изложены методические рекомендации по проектированию традиционных (тепловые сети, горячее водоснабжение) и альтернативных (гелиоустановки) систем теплоснабжения с экономическим обоснованием, основные понятия из теории автоматизации систем теплоснабжения.

Предназначено для студентов направлений 08.03.01 «Строительство» и 13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника», а также направлений магистерской подготовки 08.04.01 «Строительство» и 13.04.01 «Теплоэнергетика и теплотехника» всех форм обучения.

Ил. 38. Табл. 14. Библиогр.: 24 назв.

УДК 697.34(075.8)

ББК 31.38

*Издается по решению редакционно-издательского совета
Воронежского государственного технического университета*

ISBN 978-5-7731-1102-3

© Чудинов Д. М., Петрикеева Н. А.,
Попова Н. М., 2023,

© ФГБОУ ВО «Воронежский
государственный технический
университет», 2023

ВВЕДЕНИЕ

Настоящее учебно-методическое пособие служит для усвоения основ проектирования традиционных (тепловые сети, горячее водоснабжение) и альтернативных (гелиоустановки) систем теплоснабжения с экономическим обоснованием. Может быть использовано при проведении практических занятий и выполнении курсовых проектов (работ) студентами направлений 08.03.01 «Строительство» и 13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника», а также направлений магистерской подготовки 08.04.01 «Строительство» и 13.04.01 «Теплоэнергетика и теплотехника» всех форм обучения.

Пособие состоит из пяти частей: проектирование тепловых сетей, проектирование систем горячего водоснабжения, проектирование систем солнечного теплоснабжения (гелиоустановки), экономическое обоснование систем теплоснабжения, регулирование и контроль систем теплоснабжения.

В первом разделе учебно-методического пособия изложены теоретические основы расчета и конструирования тепловых сетей.

Во втором разделе — теоретические основы расчета и конструирования систем горячего водоснабжения.

В третьем разделе — расчет энергетических установок, функционирующих на базе нетрадиционных возобновляемых источников энергии (в частности, гелиоустановок), который может быть использован при разработке разделов энергетической эффективности зданий и сооружений. Рассмотрены вопросы определения конструктивных параметров гелиоустановок и доли тепловой нагрузки, обеспечиваемой за счет использования солнечной энергии (коэффициент замещения).

В четвертом разделе — теоретические основы экономического обоснования альтернативных систем теплоснабжения.

В пятом разделе излагаются основные понятия из теории автоматизации систем теплоснабжения, правила выполнения структурных, функциональных схем для вспомогательных и основных технологических процессов.

1. РАЗРАБОТКА ЛИНЕЙНОЙ ЧАСТИ (ТЕПЛОВОЙ СЕТИ) СИСТЕМЫ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ

Выбор варианта и состав работы

Задание обучающимся определяется по двум последним цифрам зачетной книжки или выдается преподавателем; объем назначается видом работы (контрольная работа, курсовой проект (работа) и др.).

Текстовая часть (при выполнении курсового проекта (работы)) должна иметь задание, оглавление, введение, основной раздел (определение максимальных, средних и годовых расходов теплоты; техническое решение узла ввода; построение отопительного графика; определение расчетного расхода теплоносителя и потерь напора в тепловой сети; построение пьезометрического графика; расчет толщины тепловой изоляции, опор и компенсаторов), заключение и библиографический список.

Графическая часть (при выполнении курсового проекта (работы)): генеральный план и схема тепловой сети; продольный профиль тепловой сети, опоры и компенсаторы.

Климатологические данные принимаются по СП 131.13330.2020 «СНиП 23-01-99* Строительная климатология».

Таблица 1.1

Задание для расчета

№ варианта	№ генплана*	Климатический район	Число жителей, т	Система теплоснабжения/ расчетная температура сетевой воды, $\tau_1/\tau_2, ^\circ\text{C}$	Детальная разработка
1	2	3	4	5	6
1	1	Москва	80000	Открытая/ 150/70	Узел теплофикационный М 1:20; подвижная скользящая опора М 1:10
2	2	Волгоград	100000	Закрытая/ 140/70	Узел теплофикационный М 1:20; неподвижная лобовая опора М 1:10
3	3	Иваново	90000	Открытая/ 130/70	Узел теплофикационный М 1:20; П-образный компенсатор М 1:10
4	4	Краснодар	70000	Закрытая/ 120/70	Узел теплофикационный М 1:20; сальниковый компенсатор М 1:10
5	5	Курск	65000	Открытая/ 110/70	Узел теплофикационный М 1:20; поперечное сечение прокладки трубопроводов (М 1:10-1:20)

6	1	Новороссийск	45000	Закрытая/ 145/70	Узел теплофикационный М 1:20; подвижная сколь- зящая опора М 1:10
7	2	Пенза	95000	Открытая/ 135/70	Узел теплофикационный М 1:20; неподвижная лобовая опора М 1:10
8	3	Ростов-на- Дону	55000	Закрытая/ 125/70	Узел теплофикационный М 1:20; П-образный компенсатор М 1:10
9	4	Воронеж	105000	Открытая/ 115/70	Узел теплофикационный М 1:20; сальниковый компенсатор М 1:10
10	5	Рязань	85000	Закрытая/ 105/70	Узел теплофикационный М 1:20; поперечное се- чение прокладки трубо- проводов (М 1:10-1:20)
11	1	Саратов	40000	Открытая/ 150/70	Узел теплофикационный М 1:20; подвижная сколь- зящая опора М 1:10
12	2	Тула	35000	Закрытая/ 140/70	Узел теплофикационный М 1:20; неподвижная лобовая опора М 1:10
13	3	Липецк	50000	Открытая/ 130/70	Узел теплофикационный М 1:20; П-образный компенсатор М 1:10
14	4	Хабаровск	75000	Закрытая/ 120/70	Узел теплофикационный М 1:20; сальниковый компенсатор М 1:10
15	5	Томск	30000	Открытая/ 110/70	Узел теплофикационный М 1:20; поперечное се- чение прокладки трубо- проводов (М 1:10-1:20)
16	1	Белгород	43000	Закрытая/ 145/70	Узел теплофикационный М 1:20; подвижная сколь- зящая опора М 1:10
17	2	Орел	83000	Открытая/ 135/70	Узел теплофикационный М 1:20; неподвижная лобовая опора М 1:10
18	3	Самара	37000	Закрытая/ 125/70	Узел теплофикационный М 1:20; П-образный компенсатор М 1:10
19	4	Санкт- Петербург	88000	Открытая/ 115/70	Узел теплофикационный М 1:20; сальниковый компенсатор М 1:10
20	5	Пермь	53000	Закрытая/ 105/70	Узел теплофикационный М 1:20; поперечное се- чение прокладки трубо- проводов М 1:10-1:20

Примечание: генеральный план выдается преподавателем; для увеличения числа вариантов рассматривается как закрытая, так и открытая система теплоснабжения.

1.1. Расчет тепловых нагрузок

При проектировании систем теплоснабжения тепловые нагрузки следует принимать из проектов отопления, вентиляции и горячего водоснабжения. Однако проектную документацию использовать удается не всегда. В этом случае расходы теплоты допускается определять по укрупненным показателям [3].

1.1.1. Определение расчетной тепловой мощности

Расчётная мощность систем отопления жилых и общественных зданий определяется по формуле [3]:

$$Q_o = q_o \cdot A \cdot (1 + k_1), \text{ Вт}, \quad (1.1)$$

где q_o — укрупненный показатель максимального теплового потока на отопление жилых зданий на 1 м^2 общей площади, принимаемый по табл. В.1 прил. В [3], Вт;

A — общая площадь жилых зданий, м^2 (принимается по заданию);

k_1 — коэффициент, учитывающий тепловой поток на отопление общественных зданий (при отсутствии данных следует принимать равным 0,25).

Расчётная мощность систем отопления жилых и общественных зданий может быть определена также по формуле [5]:

$$Q_o = a q_o V_n (t_s - t_{po}) k_{mm}, \text{ Вт}, \quad (1.2)$$

где a — поправочный коэффициент, учитывающий район строительства здания, принимаемый по табл. 2 прил. 1 [5];

q_o — удельная отопительная характеристика здания при $t_o = -30 \text{ }^\circ\text{C}$, $\text{Вт}/(\text{м}^3 \cdot ^\circ\text{C})$, принимаемая по табл. 3-6 прил. 1 [5];

V_n — объем здания по наружному обмеру выше отметки 0,000 (надземная часть), м^3 ;

t_s — средняя расчетная температура внутреннего воздуха отапливаемых зданий, $^\circ\text{C}$ (принимается $18 \text{ }^\circ\text{C}$);

t_{po} — расчетная температура наружного воздуха для проектирования отопления, $^\circ\text{C}$ (принимается по [1]);

k_{mm} — повышающий коэффициент для учета потерь теплоты теплопроводами, проложенными в неотапливаемых помещениях, принимается равным 1,05.

Расчетная тепловая нагрузка на вентиляцию общественных зданий определяется по формуле [3]:

$$Q_s = k_1 \cdot k_2 \cdot q_o \cdot A, \text{ Вт}, \quad (1.3)$$

где k_2 — коэффициент, учитывающий тепловой поток на вентиляцию общественных зданий (при отсутствии данных следует принимать равным: для общественных зданий, построенных до 1985 г., - 0,4; после 1985 г. - 0,6).

Расчетная тепловая нагрузка на вентиляцию отдельных зданий может быть определена по формуле [5]:

$$Q_v = q_v V_n (t_v - t_{po}), \text{ Вт}, \quad (1.4)$$

где q_v — удельная вентиляционная характеристика здания, Вт/(м³ · °С), принимается по расчету; при отсутствии данных по табл. 6 прил. 1 [5].

Средняя за отопительный период тепловая нагрузка на горячее водоснабжение определяется по формуле [9]:

$$Q_{zg} = Q_{zg}^{ж} + Q_{zg}^o = \frac{1,2 \cdot c \cdot m \cdot (a + v) \cdot (t_{zg} - t_{xz})}{24 \cdot 3,6}, \text{ Вт}, \quad (1.5)$$

где 1,2 — теплопотери трубопроводами системы горячего водоснабжения;

c — удельная массовая теплоемкость воды, кДж/(кг·°С);

m — количество потребителей;

a и v — норма расхода воды на горячее водоснабжение жилых и общественных зданий, л/чел·сут (прил. Г [3]);

$t_{гв}$ и $t_{хз}$ — температуры горячей и холодной водопроводной воды (соответственно 65 °С и 5 °С);

Максимальную тепловую нагрузку на горячее водоснабжение жилых и общественных зданий определяют по формуле [9]:

$$Q_{zg, \max} = 2,4 \cdot Q_{zg}, \text{ Вт}. \quad (1.6)$$

1.1.2. Определение средних тепловых потоков

Средняя тепловая нагрузка за отопительный период для отопления [9]

$$Q_{o, \text{cp}} = Q_o \cdot \left(\frac{t_v - t_{cp, o}}{t_v - t_{po}} \right), \text{ Вт}, \quad (1.7)$$

где Q_o — максимальный тепловой поток на отопление, Вт;

t_v — средняя температура внутреннего воздуха отапливаемых зданий, °С;

$t_{cp, o}$ — средняя температура наружного воздуха за период со среднесуточной температурой воздуха 8° С и менее (отопительный период), °С (принимается по [1]);

t_{po} — расчетная температура наружного воздуха для проектирования отопления, °С.

Средняя тепловая нагрузка за отопительный период для вентиляции [9]:

$$Q_{в.ср} = Q_{в} \cdot \left(\frac{t_{в} - t_{рв.о}}{t_{в} - t_{рв}} \right), \text{ Вт}, \quad (1.8)$$

где $Q_{в}$ — максимальный тепловой поток на вентиляцию общественных зданий, Вт;
 $t_{в}$ — средняя температура внутреннего воздуха в общественных отапливаемых зданиях, °С;

$t_{рв}$ — расчетная температура наружного воздуха для проектирования вентиляции, °С, принимается по [1];

Средний тепловой поток на горячее водоснабжение в отопительный период принимается по формуле 1.5.

Средний тепловой поток на горячее водоснабжение в летний (неотопительный) период определяется по формуле [9]

$$Q_{гв}^л = Q_{гв} \cdot \left(\frac{65 - t_{хз}^л}{65 - t_{хз}} \right) \cdot \beta, \text{ Вт}, \quad (1.9)$$

где $Q_{гв}$ — средний тепловой поток на горячее водоснабжение в отопительный период, Вт;

$t_{хз}^л$ — температура холодной (водопроводной) воды в неотопительный (летний) период (при отсутствии данных принимается равной 15° С);

β — коэффициент, учитывающий изменение среднего расхода воды на ГВ в неотопительный период по отношению к отопительному периоду, принимается для жилищно-коммунального сектора равным 0,8 (для курортных, южных городов $\beta=1,5$).

1.1.3. Годовые расходы теплоты

Отопление:

$$Q_o^{год} = 24 \cdot n_o \cdot Q_{о.ср}, \text{ МВт} \cdot \text{ч}, \quad (1.10)$$

где n_o — продолжительность отопительного периода в сутках (принимается по [1]);

$Q_{о.ср}$ — средняя тепловая нагрузка за отопительный период для отопления, Вт.

Вентиляция:

$$Q_{в}^{год} = z \cdot n_o \cdot Q_{в.ср}, \text{ МВт} \cdot \text{ч}, \quad (1.11)$$

где z — усредненное за отопительный период число часов работы системы вентиляции общественных зданий в течение суток (при отсутствии данных должно приниматься равным 16 ч);

$Q_{в.ср}$ — средняя тепловая нагрузка за отопительный период для вентиляции, Вт.

1.3. Узлы присоединения потребителей теплоты к тепловым сетям

Система теплоснабжения состоит из следующих основных элементов: источника теплоты, тепловой сети, абонентской установки.

Системы теплоснабжения классифицируют по следующим признакам: источнику приготовления теплоты; роду теплоносителя; способу подачи воды на горячее водоснабжение; количеству трубопроводов тепловых сетей; способу обеспечения потребителей тепловой энергией и др.

В данном учебно-методическом пособии в соответствии с перечисленными выше признаками рассматриваются централизованные, водяные, двухтрубные, закрытые и открытые системы теплоснабжения.

Узлы присоединения потребителей теплоты к тепловым сетям называют абонентскими вводами.

1.3.1. Закрытая система теплоснабжения

В закрытых системах теплоснабжения горячее водоснабжение гидравлически изолировано от внешних тепловых сетей.

Существует четыре схемы присоединения системы горячего водоснабжения к тепловой сети: одноступенчатое предвключённое и параллельное (рис. 1.2 а)) присоединение подогревателя; двухступенчатое последовательное и смешанное (рис. 1.2 б)) присоединение подогревателя.

Схема присоединения системы горячего водоснабжения выбирается по [3, 9]. Контроль температуры и расхода теплоносителя осуществляется соответственно регулятором температуры (РТ) и расхода (РР).

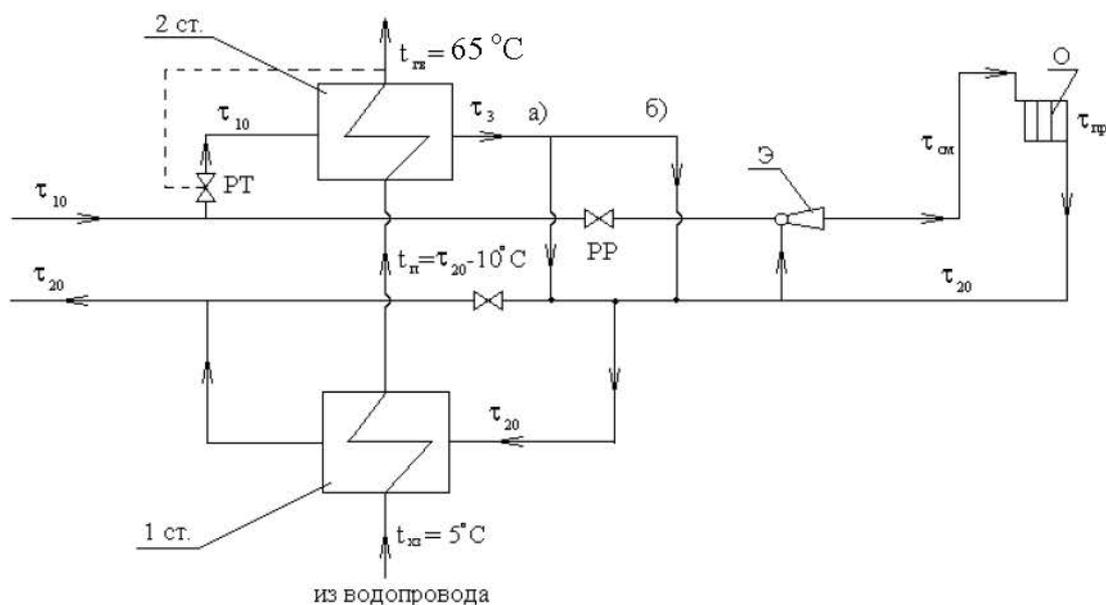


Рис. 1.2. Схемы присоединения горячего водоснабжения и отопления (Э – элеватор, О – отопительный прибор) в закрытых двухтрубных водяных системах

Окончание табл. П.2.1

5,0						2,3 2334	1,4 662	0,98 247	0,73 112,8	0,58 59,8	0,34 14,7	0,26 7,3
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
5,5						2,5 2815	1,6 800	1,1 299	0,8 136,4	0,63 7,3	0,38 18,6	0,29 8,8
6,0						2,7 3355	1,7 9534	1,2 356	0,88 162	0,69 86,3	0,41 21,6	0,31 10,8
6,5						2,9 3934	1,8 1118	1,3 418	0,95 101	0,75 101	0,45 25,5	0,34 12,8
7,0							2,0 1295	1,4 486	1,0 221	0,81 118	0,48 29,4	0,37 14,7
7,5							2,1 1491	1,5 557	1,1 253	0,87 134	0,52 34,3	0,39 16,7
8,0							2,3 1697	1,6 634	1,2 287	0,92 153	0,55 38,3	0,42 18,6

Таблица П.2.2

Трубы стальные водогазопроводные оцинкованные (ГОСТ 3262-75)

Услов- ный d _y	Диаметр, мм		Толщина стенки, 8, мм	Масса 1м, кг	K _ω	K _R	Уменьшение диаметра от на- кипи, мм
	Наруж- ный, дн	Внутрен- ний, дв					
15	21,3	15,7	2,8	1,28	1,68	3,87	3,6
20	26,8	21,2	2,8	1,66	1,48	2,77	3,8
25	33,5	27,1	3,2	2,39	1,38	2,34	4,0
32	42,3	25,9	3,2	3,09	1,28	1,93	4,2
40	48,0	41,0	3,5	3,84	1,26	1,79	4,3
50	60,0	53	3,5	4,88	1,2	1,61	4,5
70	75,5	67,5	4,0	7,05	1,15	1,44	4,6
80	88,5	80,5	4,0	8,34	1,13	1,37	4,8
100	114	105	4,5	12,15	1,11	1,3	5,0
125	140	131	4,5	15,04	1,09	1,28	5,2
150	159	150	4,5	17,2	1,08	1,23	5,4
200	219	207	6,0	31,5	1,05	1,16	5,7

Таблица П.2.3

Основные физические константы воды

Температура воды, °С	Теплоемкость C , кДж/(кг·К)	Плотность воды, ρ , кг/м ³	Температура воды, °С	Теплоемкость C , кДж/(кг·К)	Плотность воды, ρ , кг/м ³
1	2	3	1	2	3
0	4,19	999,9	70	4,19	977,8
10	4,19	999,7	80	4,19	971,8
20	4,19	998,2	90	4,19	965,3
30	4,19	995,7	100	4,25	956,4
40	4,19	992,2	120	4,3	943,4
50	4,19	988,1	140	4,3	926,4
60	4,19	983,2	160	4,35	907,4

Таблица П.2.4

Технические характеристики водо-водяных подогревателей по отраслевым стандартам ОСТ 34-588-68

Обозначение	Корпус подогрев мм, D_H/D_B	Длина подогрев. с калачом L , мм	Число трубок Z	Диаметр трубок мм, d_H/d_B	Площадь нагрева F , м ²	Площадь живого сечения, м ²	
						трубок f_{TP}	меж-трубного простр. f_M
1	2	3	4	5	6	7	8
010ст34-588-68	57/50	2200	4	16/14	0,37	0,00062	0,00116
020ст34-588-68		4220			0,75		
030ст34-588-68	76/69	2300	7	16/14	0,65	0,00108	0,00233
040ст34-588-68		4300			1,31		
050ст34-588-68	89/82	2340	12	16/14	1,11	0,00185	0,00287
060ст34-588-68		4340			2,24		
070ст34-588-68	114/106	2424	19	16/14	1,76	0,00293	0,005
080ст34-588-68		4424			3,54		
090ст34-588-68		2620	37	16/14	3,40	0,0057	0,0122
100ст34-588-68	168/158	4620			6,9		
110ст34-588-68	219/207	2832	64	16/14	5,89	0,00985	0,02079
120ст34-588-68		4832			12,0		
130ст34-588-68	273/259	3032	109	16/14	10,0	0,01679	0,03077
140ст34-588-68		5032			20,3		
150ст34-588-68	325/309	3232	151	16/14	13,8	0,02325	0,04454
160ст34-588-68		5232			28,0		
170ст34-588-68	377/359	3430	216	16/14	19,8	0,03325	0,05781
180ст34-588-68		5430			40,1		
190ст34-588-68	426/408	3624	283	16/14	25,8	0,04356	0,07191
200ст34-588-68		5624			52,5		
210ст34-588-68	530/512	3552	450	16/14	41,0	0,06927	0,11544
220ст34-588-68		5552			83,4		

Таблица П.2.5

Технические характеристики водомеров

Тип водомера	Калибр водомера, d_u , мм	Сопротивление S , $\text{кПа} \cdot \text{с}^2 / \text{л}^2$	Наибольшая эксплуат. нагрузка G_x , $\text{м}^3 / \text{сут.}$	Допускаемые расходы, $\text{м}^3 / \text{ч}$	
				наибольший	наименьший
крыльчатые	15	1274	10	1,5	0,04
	20	498	17	2,5	0,06
	25	265	25	3,5	0,08
	32	124,5	35	5,0	0,105
	40	32,3	70	10,0	0,17
турбинные	50	2,6	180	15	1,6
	80	0,203	500	42	3,0
	100	0,0662	900	70	4,5
	150	0,0127	2000	150	7,0

Таблица П.3.1

**Валовый потенциал солнечной энергии
(прямой и рассеянной) на горизонтальную поверхность при безоблачном небе
в зависимости от географической широты, МДж/м²**

Расчетный период	Уравнение *
Январь	$y = -614,08 \cdot \ln(\varphi) + 2586,09$
Февраль	$y = -600,56 \cdot \ln(\varphi) + 2638,10$
Март	$y = -0,16 \cdot \varphi^2 + 5,41 \cdot \varphi + 677,87$
Апрель	$y = -364,69 \cdot \ln(\varphi) + 2108,73$
Май	$y = -150,26 \cdot \ln(\varphi) + 1444,03$
Июнь	$y = 0,00005571 \cdot \varphi^5 - 0,01486526 \cdot \varphi^4 + 1,57018502 \cdot \varphi^3 - 82,03553868 \cdot \varphi^2 + 2117,99506113 \cdot \varphi - 20707,95629264$
Июль	$y = 0,00163130 \cdot \varphi^4 - 0,34016927 \cdot \varphi^3 + 26,31315104 \cdot \varphi^2 - 896,02144210 \cdot \varphi + 12226,70616884$
Август	$y = -322,42 \cdot \ln(\varphi) + 1988,98$
Сентябрь	$y = -570,53 \cdot \ln(\varphi) + 2779,51$
Октябрь	$y = -762,80 \cdot \ln(\varphi) + 3343,38$
Ноябрь	$y = -650,10 \cdot \ln(\varphi) + 2760,50$
Декабрь	$y = -623,75 \cdot \ln(\varphi) + 2596,38$
Год	$y = -5345,15 \cdot \ln(\varphi) + 27218,19$

*у - валовый потенциал солнечной энергии (прямой и рассеянной) на горизонтальную поверхность при безоблачном небе, МДж/м²;
φ - географическая широта, °с.ш.

Таблица П.3.2

**Поправочный коэффициент ослабления валового потенциала солнечной энергии
для некоторых регионов России**

Показатели	Месяц года											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Северо-Кавказский регион												
г. Краснодар (Краснодарский край, 45° 2' с.ш.)												
г. Сочи (Краснодарский край, 43° 35' с.ш.)												
Сред. знач. коэфф. облач.	0,51	0,53	0,54	0,65	0,73	0,77	0,78	0,79	0,71	0,64	0,49	0,40
Центрально-чернозёмный регион												
г. Воронеж (Воронежская область, 51° 43' с.ш.)												
г. Курск (Курская область, 51° 44' с.ш.)												
Сред. знач. коэфф. облач.	0,52	0,59	0,54	0,58	0,67	0,70	0,67	0,68	0,61	0,52	0,38	0,40
Центральный регион												
г. Павелце (Рязанская область, 53° 47' с.ш.)												
г. Москва (Московская область, 55° 45' с.ш.)												
Сред. знач. коэфф. облач.	0,47	0,55	0,50	0,53	0,54	0,57	0,55	0,56	0,50	0,45	0,34	0,38
Северо-Западный регион												
г. Валдай (Новгородская область, 57° 57' с.ш.)												
г. Санкт-Петербург (Ленинградская область, 59° 56' с.ш.)												
Сред. знач. коэфф. облач.	0,4	0,50	0,56	0,58	0,65	0,69	0,65	0,63	0,53	0,44	0,31	0,33
Северный регион												
г. Вологда (Вологодская область, 59° 14' с.ш.)												
г. Архангельск (Архангельская область, 64° 32' с.ш.)												
Сред. знач. коэфф. облач.	0,50	0,47	0,62	0,65	0,62	0,66	0,66	0,57	0,44	0,45	0,38	0,37
Дальневосточный регион												
г. Владивосток (Приморский край, 43° 12' с.ш.)												
г. Уссурийск (Приморский край, 43° 53' с.ш.)												
Сред. знач. коэфф. облач.	0,79	0,83	0,77	0,72	0,66	0,65	0,62	0,64	0,66	0,70	0,68	0,71

Таблица П.3.3

Среднемесячный дневной приход солнечной радиации на горизонтальную поверхность
за пределами земной атмосферы, МДж/м²

Северная широта	Январь	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь
2 5	23,90	28,20	33,00	37,10	39,40	40,10	39,60	37,90	34,40	29,50	24,90	22,70
3 0	21,10	25,70	31,30	36,50	39,60	40,70	40,10	37,60	33,10	27,30	22,10	19,70
3 5	18,10	23,10	29,30	35,50	39,60	41,20	40,30	37,00	31,50	24,90	19,20	16,70
4 0	15,10	20,30	27,20	34,30	39,30	41,40	40,30	36,20	29,70	22,30	16,30	13,60
4 5	12,00	17,50	24,80	32,80	38,80	41,30	40,00	35,10	27,70	19,60	13,30	10,60
5 0	9,00	14,50	22,30	31,20	38,10	41,20	39,60	33,80	25,40	16,70	10,30	7,60
5 5	6,10	11,50	19,50	29,30	37,20	40,90	39,10	32,40	23,00	13,80	7,30	4,80

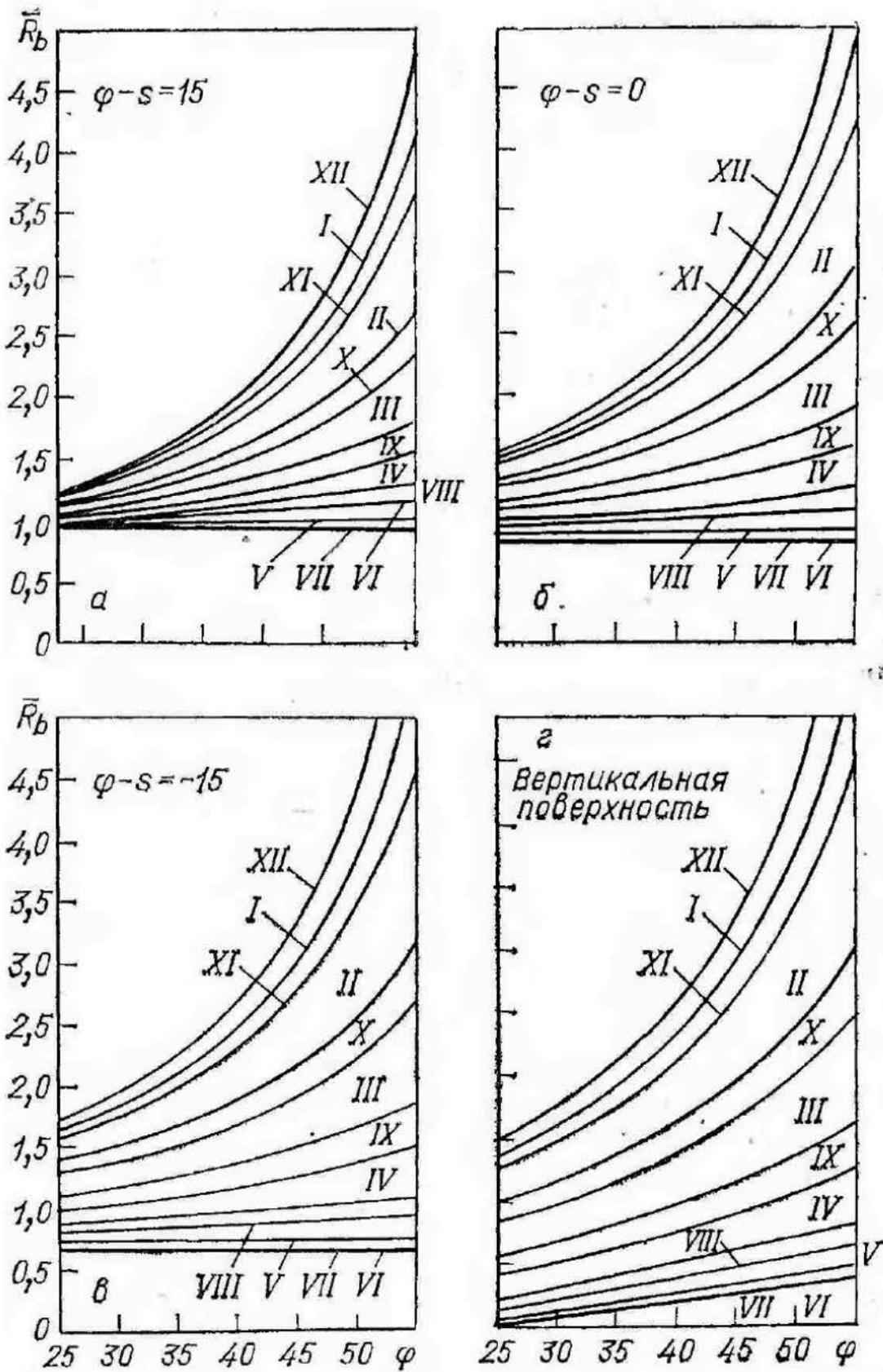


Рис. П.3.1. Величина \bar{R}_b для ориентированных на юг поверхностей (римскими цифрами указаны месяцы)

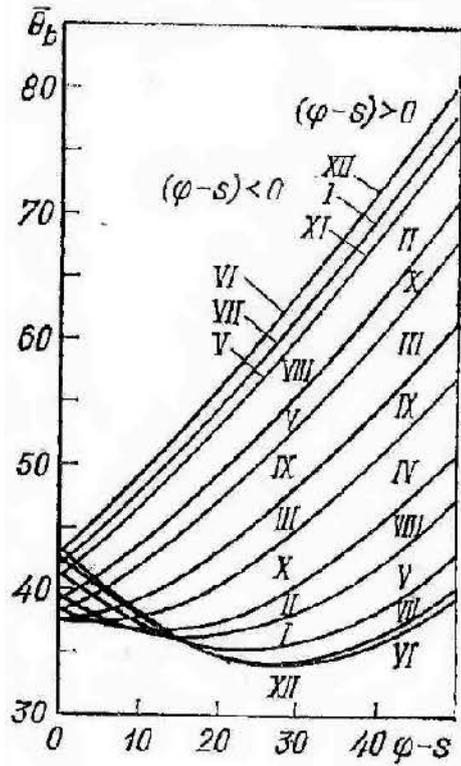


Рис. П.3.2. Зависимость угла падения прямого излучения $\bar{\theta}_b$ от разности углов $(\varphi-s)$

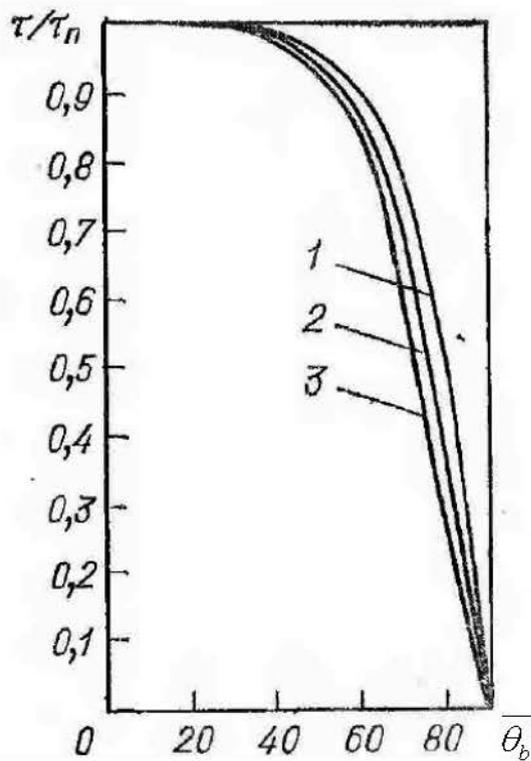


Рис. П.3.3. Зависимость τ/τ_n от угла падения излучения

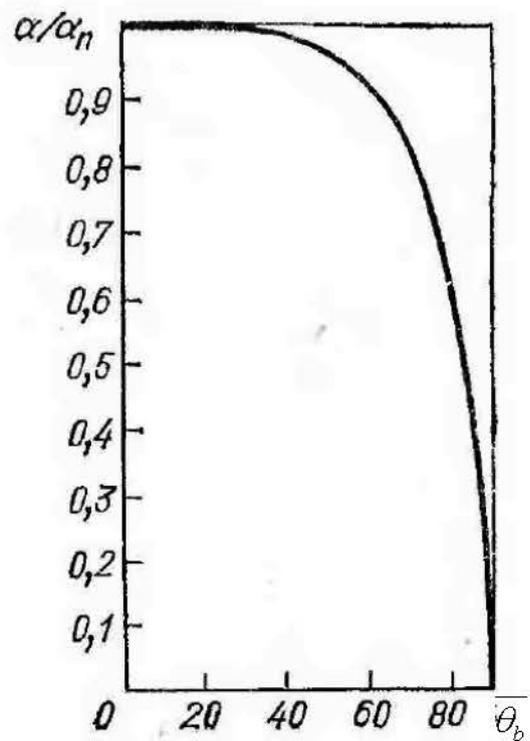


Рис. П.3.4. Зависимость α/α_n от угла падения излучения

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
1. РАЗРАБОТКА ЛИНЕЙНОЙ ЧАСТИ (ТЕПЛОВОЙ СЕТИ) СИСТЕМЫ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ	4
1.1. Расчет тепловых нагрузок	6
1.1.1. Определение расчетной тепловой мощности.....	6
1.1.2. Определение средних тепловых потоков.....	7
1.1.3. Годовые расходы теплоты.....	8
1.2. Построение графиков теплового потребления	9
1.3 Узлы присоединения потребителей теплоты к тепловым сетям ...	10
1.3.1. Закрытая система теплоснабжения.....	10
1.3.2. Открытая система теплоснабжения.....	11
1.4. Регулирование тепловой нагрузки	11
1.5. Расход сетевой воды в трубопроводах системы теплоснабжения	14
1.6. Трасса тепловых сетей	19
1.7. Гидравлический расчет теплопроводов	20
1.7.1. Определение расчетных расходов сетевой воды.....	20
1.7.2. Определение диаметров трубопроводов и потерь напора	
в теплопроводах.....	21
1.8. Монтажная схема тепловой сети	22
1.9. Построение пьезометрического графика теплопровода	
(магистрала и ответвления)	23
1.10. Строительные конструкции тепловых сетей	25
1.10.1. Выбор способа прокладки.....	25
1.10.2. Продольный профиль теплосети.....	25
1.10.3. Узлы теплофикационные.....	26
1.11. Теплофикационное оборудование теплоэлектроцентрали	28
1.12. Тепловой расчет сети	28
1.13. Механические расчеты тепловой сети	29
1.13.1. Расчет и выбор П-образного компенсатора.....	29
1.13.2. Расчет и выбор сальниковых компенсаторов.....	31
1.13.3. Расчет и выбор неподвижных и подвижных опор.....	32
2. ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ ГОРЯЧЕГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ	34
2.1. Конструктивные элементы системы горячего водоснабжения	35
2.2. Определение расчетных расходов горячей воды и теплоты	36
2.2.1. Расчетная схема трубопроводов.....	36
2.2.2. Секундные и часовые расходы воды.....	38
2.2.3. Расходы теплоты.....	39
2.3 Гидравлический расчет трубопроводов	40
2.3.1. Расчет подающих трубопроводов.....	41
2.3.2. Расчет потерь теплоты и циркуляционных расходов.....	43

2.3.3. Гидравлический расчет трубопроводов в режиме циркуляции при полном отсутствии водоразбора.....	45
2.4. Подбор оборудования теплового пункта.....	45
2.4.1. Проектный расчет водоподогревательной установки.....	45
2.4.2. Подбор насосного оборудования.....	49
2.5. Расчет и выбор бака-аккумулятора.....	50
3. ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ СОЛНЕЧНОГО ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ.....	51
3.1. Конструктивные особенности системы солнечного теплоснабжения.....	52
3.2. Определение доли тепловой нагрузки, обеспечиваемой за счет солнечной энергии.....	54
4. ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ СИСТЕМ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ.....	57
4.1. Основные критерии оценки технико-экономической эффективности систем теплоснабжения.....	57
4.2. Структура расходов на выработку теплоты.....	61
5. РЕГУЛИРОВАНИЕ И КОНТРОЛЬ СИСТЕМ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ.....	63
5.1. Классификация автоматических систем.....	66
5.2. Функциональная схема автоматизации систем теплогазоснабжения и вентиляции.....	68
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	75
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	76
ПРИЛОЖЕНИЕ 1.....	78
ПРИЛОЖЕНИЕ 2.....	81
ПРИЛОЖЕНИЕ 3.....	85

Учебное издание

Чудинов Дмитрий Михайлович
Петрикеева Наталья Александровна
Попова Наталья Михайловна

**ТРАДИЦИОННЫЕ И АЛЬТЕРНАТИВНЫЕ
СИСТЕМЫ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ**

Учебно-методическое пособие

Издается в авторской редакции

Подписано к изданию 30.05.2023.

Объем 3,0 Мб.

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет»
394006 Воронеж, ул. 20-летия Октября, 84