

ТЕПЛО- СНАБЖЕНИЕ



18

ТЕПЛО- СНАБЖЕНИЕ

Допущено
Министерством высшего и среднего
специального образования СССР
в качестве учебного пособия
для студентов вузов, обучающихся
по специальности
«Теплогазоснабжение и вентиляция»



МОСКВА «ВЫСШАЯ ШКОЛА» 1980

ББК 31.38
Т34
УДК 658.264

В. Е. Козин, Т. А. Левина, А. П. Марков,
И. Б. Пронина, В. А. Слемзин

Рецензенты:

В. Ф. Дроздов — канд. техн. наук, проф.
(Всесоюзный заочный инженерно-строительный институт);
В. П. Туркин — проф. (Челябинский политехнический институт).

Теплоснабжение: Учебное пособие для студентов вузов.—
Т34 М.: Высш. школа, 1980.— 408 с., ил.
Авт. указ. на обороте тит. л.

В пер.: 1 р. 10 к.

В книге изложены основы теплофикации, описаны системы централизованного теплоснабжения, включая и горячее водоснабжение, конструкции оборудования, теплопроводов и автоматики. Приводятся методы расчета оборудования тепловых станций, сетей и абонентских вводов, даются справочные таблицы, необходимые для расчетов оборудования и тепловых сетей.

Предназначается для студентов инженерно-строительных вузов.

Т $\frac{30304-451}{001(01)-80}$ 117—80

2303040000

6С9.4
ББК 31.38

ПРЕДИСЛОВИЕ

Учебное пособие написано для студентов специальности «Теплогазоснабжение и вентиляция» в объеме программы, утвержденной МВ и ССО СССР.

Курс «Теплоснабжение» наряду с курсами «Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха» и «Газоснабжение» является профилирующей дисциплиной, имеющей большое значение в инженерной подготовке специалистов данного профиля.

Изложение материала основано на знаниях студентами гидравлики, теплопередачи, строительной теплофизики, отопления и котельных установок.

В своей работе авторы стремились на базе теоретических выкладок и решений инженерных задач раскрыть физико-технические основы теплоснабжения и тем самым подготовить студентов к сознательному пониманию нормативной и справочной литературы, а также к умению творчески работать в данной области.

Материал в учебном пособии размещен в соответствии с учебной программой и максимально приближен к последовательности выполнения проектов по теплоснабжению.

В отличие от ранее изданной литературы по теплоснабжению в каждой главе предлагаемого пособия кроме теоретического материала даются примеры расчета. Поэтому настоящее учебное пособие может быть полезным также для инженерно-технических работников, занимающихся проектированием, монтажом и эксплуатацией систем теплоснабжения.

Введение, § XI.4—XI.6 написаны канд. техн. наук, доц. В. А. Слемзиным; гл. I, VI, XIII — канд. техн. наук, доц. А. П. Марковым; гл. II, III, VIII, IX, X, § XI.1—XI.3, XI.7—XI.10, гл. XII — канд. техн. наук, доц. В. Е. Козыным; гл. IV, § VII.1—VII.5 — инж. Т. А. Левиной; гл. V, § VII.6—VII.8 — инж. И. Б. Прониной.

Авторы выражают благодарность проф. В. П. Туркину и проф. В. Ф. Дроздову за внимательный просмотр рукописи и высказанные ценные замечания, сделанные при рецензировании рукописи.

Книга обобщает постановку курса «Теплоснабжение» в ордена Трудового Красного Знамени Тульском политехническом институте и является первым опытом составления учебного пособия. Поэтому авторы с благодарностью примут все советы и замечания, направленные на улучшение содержания книги.

Авторы

Энергетика является ведущей отраслью современного индустриально развитого народного хозяйства страны. Понятием энергетики охватывается широкий круг установок для производства, транспорта и использования электрической и тепловой энергии, энергии сжатых газов и других энергоносителей.

Основным направлением в развитии энергетики СССР является централизация энергоснабжения промышленности, сельского хозяйства, городов и населенных пунктов. Это направление позволяет наиболее успешно решать важнейшие народнохозяйственные задачи по повышению производительности труда за счет роста энерговооруженности и укреплению технико-экономического потенциала страны путем рационального использования энергетических ресурсов. В числе энергоносителей особо важное место занимает электроэнергия в силу универсальности ее применения в промышленности, сельском хозяйстве, на транспорте и в быту, а также возможности транспортировать на многие сотни и тысячи километров при минимальных потерях. По абсолютной выработке электроэнергии Советский Союз занимает первое место в Европе и второе место в мире. В 1979 г. выработка электроэнергии составила 1245 млрд. кВт·ч.

В нашей стране, основная территория которой расположена в суровой климатической зоне, большое значение имеет также обеспечение потребителей тепловой энергией. Достаточно сказать, что средняя температура отопительного периода изменяется от $+7,6^{\circ}\text{C}$ (Батуми) до $-24,8^{\circ}\text{C}$ (Усть-Нера, Якутская АССР), а расчетная температура для проектирования систем отопления — от -1°C (Батуми) до -60°C (Верхоянск) с продолжительностью отопительного периода от 103 (Сочи) до 365 суток (бухта Тикси).

Годовое потребление тепловой энергии в народном хозяйстве Советского Союза приведено в табл. В.1.

Из приведенных данных наглядно виден стремительный рост теплового потребления: в 1975 г. уровень 1958 г. превышен в 3,5 раза, а в 1980 г. будет превзойден в 4,5 раза. Удельный вес потребления тепловой энергии городскими поселениями (города и поселки городского типа) устойчиво сохраняется на уровне 80%. Заметно растет потребление тепловой энергии сельскохозяйственным производством. В связи с переводом сельского хозяйства на промышленную основу и созданием аграрно-промышленных комплексов этот рост в последующих пятилетках будет еще более значительным.

Основное потребление тепловой энергии в городском хозяйстве приходится на промышленность (около 70 %). Удельный вес

**Т а б л и ц а В.1. Годовое потребление тепловой энергии
в народном хозяйстве СССР**

Наименование	1958 г.	1965 г.	1970 г.	1975 г.	1980 г. (план)
Городские поселения	$\frac{2556}{79}$	$\frac{5041}{78}$	$\frac{6985}{78,4}$	$\frac{9034}{80}$	$\frac{11\,564}{81,1}$
В том числе:					
промышленность	$\frac{1676}{66}$	$\frac{3302}{72}$	$\frac{4676}{66,9}$	$\frac{6117}{67,7}$	$\frac{7961}{71}$
жилищно-коммунальный сектор	$\frac{880}{34}$	$\frac{1739}{28}$	$\frac{2309}{33,1}$	$\frac{2917}{32,3}$	$\frac{3603}{29}$
Сельское хозяйство	$\frac{670}{21}$	$\frac{1445}{22}$	$\frac{1923}{21,6}$	$\frac{2279}{20}$	$\frac{2682}{18,9}$
В том числе:					
сельскохозяйственное производство	$\frac{84}{12}$	$\frac{251}{17}$	$\frac{436}{22,7}$	$\frac{581}{25,7}$	$\frac{838}{31,3}$
жилищно-коммунальный сектор	$\frac{586}{88}$	$\frac{1194}{83}$	$\frac{1487}{77,3}$	$\frac{1698}{74,3}$	$\frac{1844}{68,7}$
Итого . . .	$\frac{3226}{100}$	$\frac{6486}{100}$	$\frac{8908}{100}$	$\frac{11\,313}{100}$	$\frac{14\,246}{100}$

Примечание. В числителе — млн. ГДж, в знаменателе — %.

**Т а б л и ц а В.2 Удельный вес различных отраслей промышленности
в суммарном потреблении тепловой энергии (%)**

Наименование отрасли промышленности	1965 г.	1970 г.	1975 г.	1980 г. (план)
Химическая и нефтехимическая	14,3	15,2	16,9	18,5
Машиностроение и металлообработка	17,3	18,3	16,9	15,3
Топливная	11,0	10,9	10,5	10,0
Пищевая	12,8	10,4	9,5	9,0
Строительных материалов	6,5	6,9	7,5	7,5
Лесная и деревообрабатывающая	10,4	7,7	7,5	7,0
Черная металлургия	7,8	7,2	6,4	5,7
Легкая	5,4	5,6	5,6	5,3
Цветная металлургия	3,8	3,8	3,8	3,6
Прочие отрасли	10,7	14,0	15,4	18,1
Итого . . .	100,0	100,0	100,0	100,0

основных отраслей промышленности в суммарном тепловом потреблении приведен в табл. В.2.

К наиболее теплопотребляющим относятся химическая и нефтехимическая, машиностроительная и металлообрабатывающая, топливная и пищевая отрасли промышленности.

На промышленном предприятии тепловая энергия распределяется на технологические процессы, отопление, вентиляцию и горячее водоснабжение. Современные промышленные предприятия требуют на ведение технологических процессов большое количество тепловой энергии, в ряде случаев значительно превосходящее другие потребности. Так, доля расходов тепла на технологические процессы в общем годовом расходе составляет: для нефтеперерабатывающей промышленности — 90—97%, текстильной (производство шерсти и трикотажа) — 80—90%; резиновой, кожевенно-обувной — 70—80%; текстильной (хлопчатобумажной) — 70—78%; пищевой — 68—78%; основной химии — 70—75%; электротехнической — 50—60%.

В жилищно-коммунальном хозяйстве основными потребителями тепловой энергии являются системы отопления зданий. Удельный вес горячего водоснабжения составляет в среднем 20%, достигая в южных районах страны 30—40%. Удельный вес тепловой энергии на вентиляцию в настоящее время незначителен — около 5%, однако имеет тенденцию к увеличению в связи со значительным расширением строительства общественных зданий различного назначения.

В систему теплоснабжения входят теплоприготовительные установки, трубопроводы, насосы, теплопотребляющие приборы и оборудование, регулирующая, сигнализирующая и регистрирующая аппаратура, устройства автоматики. Работа всех этих элементов основана на ряде тесно сплетающихся явлений и законов физики, химии, механики, гидравлики, термодинамики и теплопередачи. Изучение всего комплекса теоретических, технических и экономических вопросов, связанных с конструированием, расчетом, монтажом и эксплуатацией устройств для производства и передачи тепловой энергии к потребителям, а также рациональным ее использованием, и составляет содержание учебной дисциплины «Теплоснабжение».

Основные виды и принципиальные схемы централизованного теплоснабжения. Централизованное теплоснабжение представляет собой процесс обеспечения тепловой энергией низкого (до 150°C) и среднего (до 350°C) потенциала нескольких потребителей от одного или нескольких источников.

Источником тепловой энергии в системах централизованного теплоснабжения могут быть теплоэлектроцентрали (ТЭЦ), районные (РК) и квартальные котельные. Тепловая энергия отпускается потребителям в виде горячей воды и водяного пара. Для снабжения тепловой энергией жилищно-коммунального сектора в качестве теплоносителя применяют воду, а для снабжения промышленных предприятий наряду с водой часто используют водяной пар. Параметры теплоносителя зависят от вида потребителей тепловой энергии и обосновываются технико-экономическим расчетом.

Централизованное теплоснабжение от ТЭЦ и РК по сравнению с местным печным и центральным отоплением от домовых

котельных позволяет резко сократить расход топлива, улучшить тепловой комфорт и уменьшить загрязнение воздушного бассейна, снизить капитальные и эксплуатационные затраты.

Различают два способа выработки электрической и тепловой энергии (рис. В.1): комбинированный на ТЭЦ и отдельный на

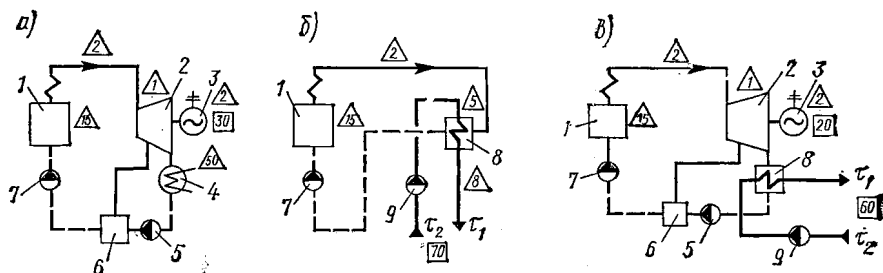


Рис. В.1. Принципиальные схемы отдельного и комбинированного процессов выработки тепла и электроэнергии.

Раздельный процесс: а — конденсационная электрическая станция (КЭС); б — районная котельная (РК); в — комбинированный процесс (ТЭЦ); 1 — котел; 2 — турбина; 3 — генератор; 4 — конденсатор; 5 — конденсаторный насос; 6 — регенеративный подогреватель; 7 — питательный насос; 8 — подогреватель сетевой воды; 9 — сетевой насос; Δ — потеря тепла, %; $\square$ — полезно использованное тепло, %.

конденсационной электрической станции (КЭС) и в котельной. Централизованное теплоснабжение на базе комбинированной, совместной выработки тепловой и электрической энергии называется *теплофикацией*. Теплофикация является высшей формой централизованного теплоснабжения.

При комбинированном способе энтальпия пара используется вначале для выработки электрической энергии, а затем тепловая энергия частично отработавшего пара используется для централизованного теплоснабжения.

Сопоставление ориентировочных тепловых балансов при раздельной и комбинированной выработке тепловой и электрической энергии показывает, что общая доля полезного использования тепла при раздельной выработке примерно вдвое меньше, чем на ТЭЦ.

Термодинамические преимущества теплофикации наглядно видны из сравнения циклов Ренкина в координатах $T-S$ для обоих процессов (рис. В.2).

В конденсационных турбинах с целью увеличения выработки электрической

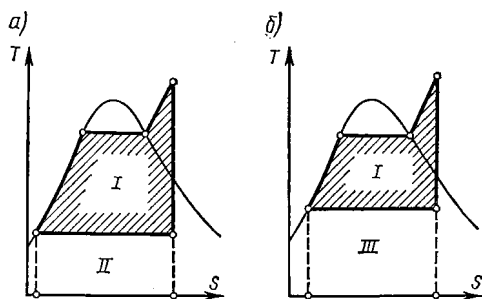


Рис. В.2. Цикл Ренкина в $T-S$ -диаграмме: а — конденсационный цикл; б — теплофикационный цикл; I — тепло, эквивалентное произведенной механической энергии; II — тепло, отданное конденсирующимся паром в конденсаторе; III — тепло, полезно используемое в теплофикационном подогревателе

энергии пар срабатывает до более глубокого вакуума, чем в теплофикационных турбинах. Поэтому электрическая энергия, вырабатываемая за цикл в конденсационной турбине, превосходит выработку электроэнергии, производимую в теплофикационной турбине.

В конденсационном цикле тепло, выделяющееся при конденсации отработавшего пара, количественно равное площади II , передается в конденсаторе охлаждающей воде и из-за низкой ее температуры ($25-30^{\circ}\text{C}$) не может быть использовано для целей теплоснабжения. Из теплофикационной турбины частично отработавший пар с более высоким давлением подается технологическому потребителю или поступает в теплофикационные подогреватели на нагрев сетевой воды, т. е. его тепло используется полезно.

Термический коэффициент полезного действия КПД идеального конденсационного цикла, равный отношению полезной работы к затраченному теплу, составляет:

$$\eta_t = \frac{F_I}{F_I + F_{II}} \ll 1, \quad (\text{B.1})$$

в то время как в идеальном теплофикационном цикле он равен:

$$\eta_t = \frac{F_I + F_{III}}{F_I + F_{III}} = 1. \quad (\text{B.2})$$

В реальных условиях с учетом дополнительных потерь КПД КЭС не превышает $35-40\%$, а КПД ТЭС — 80% .

При комбинированном способе удельный расход топлива на выработку электрической энергии получается значительно меньше, чем при раздельном. Только в 1975 г. годовая экономия топлива от применения теплофикации составила около 35 млн. т условного топлива, а экономия затрат — свыше 600 млн. руб. В этом и состоит несомненное преимущество теплофикации.

История и перспективы развития систем теплоснабжения. Человечество использует тепловую энергию с начала своего существования. До второй половины XVII в. она использовалась на месте ее получения, т. е. применялось местное отопление. Правда, у римлян применялись водяные системы отопления с использованием термальных вод и подпольное огне-воздушное отопление дворцов от одного источника. Однако эти способы после падения Римской империи (V в. до н. э.) были совершенно забыты и обнаружены только сейчас в результате работы археологов.

В XVII—XVIII вв. появляются системы центрального отопления, в которых от одного источника отапливались все помещения. В середине XIX в. эти системы получили всеобщее признание и широкое распространение. В России первая система парового отопления была осуществлена в 1816 г., а водяного отопления — в 1834 г.

Началом централизации систем теплоснабжения следует считать 1818 г. Англичанин Тредгольд описывает смонтированную в том же году паровую систему высокого давления, отапливав-

шую целую группу оранжерей от общей котельной, отстоящей, от наиболее удаленной оранжереи на 127 м.

В 1830 г. в Германии появилась первая система парового отопления, в которой был использован выхлопной пар паровой машины.

Хорошие технико-экономические показатели централизации источников тепла для силовых и отопительных целей были получены в США. В 1878 г. в г. Локпорте (штат Нью-Йорк) осуществлена первая районная система теплоснабжения 210 домов с использованием для этой цели пара паровых машин. Первоначальная длина подземных паропроводов составляла 2 км. В это же время было осуществлено насосно-водяное отопление, совмещенное с горячим водоснабжением большой группы домов в Бантеде (штат Нью-Йорк).

Следующей страной, осуществившей центральное теплоснабжение, была Германия. Здесь система централизованного парового теплоснабжения появилась в 1900 г. в г. Дрездене. Пар с давлением 0,8 МПа подавался на расстояние 1050 м к двенадцати потребителям.

В начале XX в. в связи с серийным производством электродвигателей получает развитие центральное водяное теплоснабжение. Однако капиталистический строй с его частной собственностью на землю и средства производства создавал серьезные препятствия для развития централизованного теплоснабжения в крупных масштабах.

В дореволюционной России теплоснабжение находилось на низком техническом уровне. В большинстве домов были комнатные печи. На каждом предприятии строилась своя отдельная котельная. Имелось лишь несколько фабрично-заводских теплосиловых установок, отработавший пар которых использовался для теплоснабжения (Трехгорная мануфактура, Даниловская камвольно-прядельная фабрика и др.).

Прогрессивными русскими учеными неоднократно предпринимались попытки использовать теплофикационные установки не только для теплоснабжения промышленных предприятий, но и для теплоснабжения жилых и общественных зданий. К ним следует отнести систему теплоснабжения ряда корпусов городской детской больницы, осуществленную в 1903 г. по проекту А. К. Павловского и В. В. Дмитриева.

Только при социалистической системе народного хозяйства появились все условия для наиболее эффективного развития централизованного теплоснабжения на базе крупных теплоэлектроцентралей и районных котельных. Отсутствие частной собственности на землю, здания и сооружения жилого, промышленного и культурно-бытового назначения позволяет в плановом порядке рационально строить и эксплуатировать теплоснабжающие установки, руководствуясь при этом исключительно соображениями общегосударственной целесообразности планомерного развития отраслей народного хозяйства.

В настоящее время СССР занимает первое место в мире как по общей протяженности тепловых сетей, так и по мощности теплофикационных установок (табл. В.3).

Т а б л и ц а В.3. Основные показатели теплофикации

Годы	Мощность теплофикационных турбин, МВт	Отпуск тепла, ПДж/год *	Протяженность тепловых сетей, км
1924	<i>Начало теплофикации в СССР</i>		
1930	200	—	23
1935	524	22,4	—
1940	1 364	56,0	300
1945	1 710	72,4	372
1950	2 574	117,2	646
1955	5 562	267,8	1 230
1960	11 922	607,0	3 456
1965	23 743	1289,0	7 198
1970	36 868	2125,0	12 135
1974	46 707	2721,7	14 548
1975	48 100	2880,0	15 189

* 1 ПДж = 10^{12} Дж.

Идея широкого применения комбинированной выработки электрической и тепловой энергии была заложена еще в Государственном плане электрификации России (ГОЭЛРО), разработанном по инициативе В. И. Ленина и одобренном VIII Всероссийским съездом Советов в декабре 1920 г.

Председатель комиссии по разработке плана ГОЭЛРО акад. Г. М. Кржижановский, выступая на Первом Всесоюзном съезде по теплофикации в 1930 г., говорил: «Нельзя разделять электрификацию от теплофикации. Это два великих крыла, у которых каждому свое, которые объединяются в одном нашем общем учении об энергофикации нашего хозяйства, такой энергофикации, которая является основной строительной базой всего нашего народнохозяйственного плана».

Начало советской теплофикации было положено в 1924 г., когда по инициативе проф. В. В. Дмитриева и инж. Л. Л. Гинтера были сооружены теплопроводы от 3-й Ленинградской электростанции к тепловым потребителям на набережной р. Фонтанки. Эта станция стала прообразом будущих отопительных ТЭЦ. 25 ноября 1924 г. по теплопроводам впервые была подана тепловая энергия.

Большой вклад в защиту идей теплофикации внесли советские ученые и инженеры: Л. Л. Гинтер, М. О. Гринберг, В. В. Дмитриев, А. А. Крауз, Ж. Л. Танер-Танненбаум, В. М. Чаплин и др.

Широкое развитие теплофикации началось в 30-е годы, после постановления июньского (1931 г.) Пленума ЦК ВКП(б) «О Московском городском хозяйстве и развитии городского хозяйства страны». В нем, в частности, указывалось на то, что в дальней-

шем плане электрификации страны должна быть во всем объеме учтена задача развернутого строительства мощных теплоэлектроцентралей.

С того времени централизованное теплоснабжение от ТЭЦ и районных котельных прошло в СССР бурный путь развития. В настоящее время в стране работает свыше 1000 ТЭЦ, снабжающих теплом более 800 городов, промышленных районов и населенных пунктов. Теплофикация достигла значительного развития в большинстве новых промышленных районов и городов. В таких городах, как Ангарск, Краснотурьинск, Волжский, Норильск и другие, ТЭЦ обеспечивают около 90% суммарного теплового потребления. Теплоснабжение большинства вновь сооружаемых крупных промышленных предприятий и жилых районов ориентируется на мощные ТЭЦ и крупные районные котельные.

Высокая степень централизованного теплоснабжения достигнута также в большинстве давно существующих крупных городах нашей страны: Москве, Ленинграде, Киеве, Харькове, Ташкенте, Новосибирске, Куйбышеве, Свердловске, Минске. Например, Москва с населением более 8 млн. чел. и суммарной тепловой нагрузкой около 35 тыс. МВт имеет крупнейшую в мире систему централизованного теплоснабжения, которая в настоящее время обеспечивает около 85% всей потребности города в тепловой энергии на коммунальные нужды. Базу этой системы составляют более десяти ТЭЦ с общей тепловой мощностью около 20 тыс. МВт, а также районные котельные с общей тепловой мощностью около 5 тыс. МВт. К тепловым сетям ТЭЦ и районных котельных с общей протяженностью по трассе свыше 2600 км присоединено более 40 тыс. зданий и 400 промышленных предприятий. Город Ленинград снабжается теплом от 17 ТЭЦ, длина тепловых сетей по трассе составляет более 1000 км.

В послевоенный период централизованное теплоснабжение получило большое развитие в странах социалистического лагеря. Теплофикация в социалистических странах базируется на районных теплоэлектроцентралях, от которых тепло отпускается как промышленным предприятиям, так и расположенным поблизости городам и населенным пунктам.

Централизованное теплоснабжение в нашей стране развивается на строго научной основе. Научно-исследовательская работа широко ведется в ряде крупных научных учреждений и учебных институтов — ВТИ, ЦКТИ, МЭИ, ЭНИН, АКХ, ТЭП, МИСИ, ЛИСИ и др. Значительный вклад в развитие теории и практики теплоснабжения внесли и вносят, кроме названных выше ученых, Б. М. Якуб, Е. Я. Соколов, Б. Л. Шифринсон, С. Ф. Копьев, А. В. Хлудов, Е. Ф. Бродский, И. С. Ланин, В. К. Дюскин, Л. К. Якимов, В. Б. Пакшвер, Е. П. Шубин, Л. А. Мелентьев, Н. К. Громов, А. П. Сафонов, Н. М. Зингер и др.

Перспективы развития централизованного теплоснабжения определяют большие задачи совершенствования и повышения эффективности строительства и эксплуатации источников, систем

транспорта и потребителей тепла. Одна из главных тенденций развития централизованного теплоснабжения заключается в укрупнении единичной мощности источников тепла, которое сопровождается увеличением радиуса передачи тепловой энергии. Дальность действия тепловых сетей в современных крупных системах составляет 10—20 км, а в отдельных случаях достигает 30 км. Расширение районов теплоснабжения, в свою очередь, приводит к увеличению разности геодезических отметок в отдельных точках сети и необходимости сооружения многих насосных станций.

Применяемые параметры воды в тепловых сетях 150—170°C явно не соответствуют повышению экономичности работы систем теплоснабжения, особенно при транспорте тепла на большие расстояния. Эффективным способом снижения стоимости тепловых сетей явится повышение расчетных температур теплоносителей и совершенствование режимов отпуска тепла. Оптимальное значение расчетной температуры сетевой воды в подающих теплопроводах от ТЭЦ и районных котельных находится в пределах 160—190°C для районов дорогого топлива и 180—190°C — для районов дешевого топлива. В Институте высоких температур АН СССР под руководством проф. С. Ф. Копьева проведены работы, показывающие целесообразность применения еще более высоких температур — 200—225°C и даже 250°C. За рубежом уже длительное время применяют высокие начальные температуры: в Чехословакии — 180—210°C, в ГДР — 200°C, во Франции — 200—220°C.

При значительном удалении источника тепла от района тепловых нагрузок (более 10 км) представляется целесообразным применение одноструйного транспорта тепла, в первую очередь, на транзитных участках между ТЭЦ и пиковыми котельными.

Для снижения стоимости тепловых сетей и индустриализации строительства большие перспективы имеют бесканальные прокладки в индустриальном исполнении с надежной защитой от наружной коррозии.

Требует проработки совместная работа нескольких источников теплоснабжения на единую тепловую сеть, что обуславливает переменный характер ее гидравлического режима.

Значительные изменения претерпела структура теплового потребления в результате увеличения доли горячего водоснабжения. Так, в районах нового жилищного строительства годовой отпуск тепла на горячее водоснабжение достигает в настоящее время около 80% от расхода на отопление. В связи с этим резко увеличилось влияние меняющегося в течение суток расхода горячей воды населением на тепловой и гидравлический режимы систем отопления.

Важным этапом современного развития техники централизованного теплоснабжения крупных городов, особенно в связи со строительством зданий повышенной этажности, является повышение надежности теплоснабжения путем внедрения независимых схем присоединения абонентских систем к магистральным тепло-

вым сетям, сооружение резервных связей между тепломагистралями и контрольно-распределительными пунктами.

Намечается продолжение работы по экономии тепла путем уменьшения бесполезных потерь горячей воды и пара у потребителей, автоматизации подачи тепла, снижения температуры воздуха ночью в жилых домах, общественных и промышленных зданиях, не работающих в ночное время и в выходные дни.

Необходимо продолжить работы по дальнейшему совершенствованию структуры управления теплоэнергетическими предприятиями путем их централизации и укрупнения.

Советские люди напряженно работают над выполнением решений XXV съезда КПСС. Успешно решается главная задача десятой пятилетки по подъему материального и культурного уровня жизни народа на основе динамичного и пропорционального развития общественного производства и повышения его эффективности, ускорения научно-технического прогресса, роста производительности труда, всемерного улучшения качества работы во всех звеньях народного хозяйства.

Особо важным моментом считается топливно-энергетический комплекс, одной из задач которого является надежное обеспечение страны электрической и тепловой энергией. XXV съезд КПСС поставил задачу по развитию централизованного теплоснабжения на базе других источников, в том числе по использованию атомной энергии для целей теплофикации.

Претворяя в жизнь решения ЦК КПСС и СМ СССР, советские теплоэнергетики успешно выполняют задачи, связанные не только с количественным ростом выработки тепловой энергии, но и с экономным и эффективным ее использованием.

§ 1.1. ВИДЫ ТЕПЛОВЫХ НАГРУЗОК

В системах централизованного теплоснабжения тепло расходуется на отопление зданий, нагревание приточного воздуха в установках вентиляции и кондиционирования, горячее водоснабжение, а также технологические процессы промышленных предприятий.

Тепловые нагрузки на отопление и вентиляцию зависят от температуры наружного воздуха и других климатических условий района теплоснабжения (солнечной радиации, скорости ветра, влажности воздуха). Если температура наружного воздуха равна или выше нормируемой температуры воздуха в отапливаемом помещении, то тепловая энергия для отопления и вентиляции не требуется.

Таким образом, в системах отопления и вентиляции тепло расходуется не непрерывно в течение года, а только при сравнительно низких температурах наружного воздуха. Поэтому таких **потребителей** тепловой энергии принято называть **сезонными**, а их тепловые нагрузки — **сезонными тепловыми нагрузками**.

Тепловая энергия в системах горячего водоснабжения и в технологических процессах промышленных предприятий расходуется непрерывно в течение года и мало зависит от температуры наружного воздуха. Поэтому тепловые нагрузки на горячее водоснабжение и технологические нужды считаются **круглогодичными тепловыми нагрузками**. Только некоторые технологические процессы (сушка зерна, фруктов, консервирование сельскохозяйственных продуктов и т. д.) связаны с сезонным потреблением тепловой энергии.

В системах вентиляции с двухступенчатым подогревом воздуха расходы тепла в калориферах первого и второго подогревов отличаются не только количественно, но и качественно. Если расход тепла в калориферах первой ступени изменяется в зависимости от температуры наружного воздуха, то потребление тепла калориферами второй ступени подогрева часто не зависит от температуры наружного воздуха и по характеру приближается к технологической тепловой нагрузке.

§ 1.2. СЕЗОННЫЕ ТЕПЛОВЫЕ НАГРУЗКИ

Для сезонного теплового потребления характерны следующие особенности: 1) в течение года тепловые нагрузки изменяются в зависимости от температуры наружного воздуха; 2) годовые расходы тепла, определяемые метеорологическими особенностями

текущего года в районе теплоснабжения (холодная или теплая зима), имеют значительные колебания; 3) изменения тепловой нагрузки на отопление в течение суток в основном за счет теплоустойчивости наружных ограждений зданий незначительны; 4) расходы тепловой энергии для вентиляции по часам суток могут отличаться большим разнообразием в зависимости от сменности и режимов работы предприятий.

При проектировании систем теплоснабжения для существующих городов и поселков расчетные данные о сезонных тепловых нагрузках следует принимать из проектов отопления и вентиляции. Однако проектную документацию использовать удается далеко не всегда, так как проекты отопления и вентиляции зданий, построенных в разное время различными организациями, как правило, не сохраняются. При перспективном строительстве расчетные расходы тепла рекомендуется принимать из типовых проектов с соответствующей корректировкой по климатическим условиям района строительства. Если проектные материалы отсутствуют, то расходы тепла на отопление и вентиляцию допускается определять по укрупненным показателям.

Расчетную тепловую мощность (Вт) систем отопления жилых и общественных зданий определяют по формуле

$$Q_o = Q_o^* (1 + k), \quad (I.1)$$

где $Q_o^* = q_o F$ — расчетная мощность систем отопления жилых зданий, Вт; q_o — укрупненный показатель мощности системы отопления, приходящийся на 1 м² жилой площади, Вт/м² (принимают по приложению 1); F — жилая площадь, м²; k — коэффициент, учитывающий расход тепла на отопление общественных зданий ($k \approx 0,25$).

Для определения жилой площади рекомендуется пользоваться данными о плотности жилого фонда на 1 га городской застройки, приведенными в приложении 2.

Если объемы зданий известны, то расчетные тепловые нагрузки (Вт) систем отопления определяют по укрупненным измерителям по формуле

$$Q_o = (1 + \mu) x_o V (t_v - t_{p.o}), \quad (I.2)$$

где μ — коэффициент инфильтрации, учитывающий долю расхода тепла на подогрев наружного воздуха, поступающего в помещение через неплотности ограждений; x_o — удельная тепловая характеристика здания на отопление, Вт/м³·°C; V — объем здания по наружному обмеру, м³; t_v — температура воздуха в помещении, °C; $t_{p.o}$ — расчетная температура наружного воздуха для проектирования системы отопления, °C.

Удельная тепловая характеристика здания x_o равна средним потерям тепла 1 м³ здания при разности температур внутреннего и наружного воздуха в 1°C. За расчетную температуру наружного воздуха при проектировании систем отопления принимают сред-

ную температуру самой холодной пятидневки, определенную из восьми наиболее холодных зим за 50 лет наблюдений.

Для определения коэффициента инфильтрации можно пользоваться формулой

$$\mu = b \sqrt{2gH \left(1 - \frac{t_{p.o} + 273}{t_b + 273}\right) + \omega^2}, \quad (1.3)$$

где b — постоянная инфильтрации, учитывающая коэффициент остекления наружных стен и конструкцию оконных проемов, с/м; для отдельно стоящих промышленных зданий с большими световыми проемами $b = (35 \div 40) 10^{-3}$, для жилых и общественных зданий с двойным остеклением $b = (8 \div 10) 10^{-3}$; g — ускорение силы тяжести, м/с²; H — высота помещения, м; ω — расчетная скорость ветра в холодный период года, м/с.

При расчетной температуре наружного воздуха, равной -30°C , величины удельных тепловых характеристик x'_0 в зависимости от объемов зданий различного назначения приведены в приложении 3. Так как коэффициенты теплопередачи наружных ограждений принимаются в зависимости от климатических условий, то значения удельных тепловых характеристик при расчетных температурах наружного воздуха, отличающихся от -30°C , должны корректироваться коэффициентом β .

$$x_0 = \beta x'_0.$$

Значения коэффициента β приведены ниже.

$t_{p.o}, ^\circ\text{C}$	-10	-20	-30	-40
β	1,2	1,1	1,0	0,9

Для нетиповых зданий удельную тепловую характеристику на отопление с учетом теплотехнических свойств ограждений и конфигурации здания можно достаточно точно определить по формуле проф. Н. С. Еромолаева

$$x_0 = 1,06 \frac{P}{S} [k_c + \delta_0 (k_0 - k_c)] + \frac{1}{H} (n_{пл} k_{пл} + n_{пт} k_{пт}), \quad (1.4)$$

где k_c , k_0 , $k_{пл}$, $k_{пт}$ — коэффициенты теплопередачи соответственно стен, окон, полов и потолков, Вт/м²·°C; δ_0 — коэффициент остекления наружных стен; $n_{пл}$, $n_{пт}$ — поправочные коэффициенты к расчетной разности температур для пола и потолка; P , H — периметр и высота здания, м; S — площадь здания в плане, м².

Габаритные размеры здания принимают по наружному обмеру.

Расчетную тепловую нагрузку на вентиляцию общественных зданий определяют по формуле

$$Q_v^* = k_1 Q_0^*, \quad (1.5)$$

где k_1 — коэффициент, учитывающий расход тепла на вентиляцию, принимают $k_1 = 0,4$.