НОРМАТИВНЫЕ ДОКУМЕНТЫ
ДЛЯ ТЕПЛОВЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ,
КОТЕЛЬНЫХ И ТЕПЛОВЫХ СЕТЕЙ

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОБСЛЕДОВАНИЮ ТЕПЛОПОТРЕБЛЯЮЩИХ УСТАНОВОК ЗАКРЫТЫХ СИСТЕМ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ И РАЗРАБОТКЕ МЕРОПРИЯТИЙ ПО ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЮ

РД 34.09.455–95

Москва 1996

gost.e-ecolog.ru

РАЗРАБОТАНЫ Всероссийским дважды ордена Трудового Красного Знамени теплотехническим научно-исследовательским институтом (ВТИ)

РАЗРАБОТЧИКИ *Н.М.Зингер*, д.т.н., *А.И.Любарская*, н.с., *С.А.Байбаков*, н.с., *Н.П.Белова*, м.н.с.

УТВЕРЖДЕНЫ Департаментом науки и техники РАО "ЕЭС России"

26 октября 1995 г.
Начальник
Департамента *А.П.Берсенев*

Ключевые слова: энергетика, тепловые электростанции, теплоснабжение, тепловые нагрузки, закрытые системы, теплопотребляющие установки, методы обследования, энергосбережение.

РУКОВОДЯЩИЙ ДОКУМЕНТ

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОБСЛЕДОВАНИЮ ТЕПЛОПОТРЕБЛЯЮЩИХ УСТАНОВОК ЗАКРЫТЫХ СИСТЕМ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ И РАЗРАБОТКА МЕРОПРИЯТИЙ ПО ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЮ

РД 34.09.455–95

Введены впервые

Срок действия установлен с 1997–01–01
до 2002–01–01

Настоящий отраслевой руководящий документ устанавливает правила энергообследования тепловых пунктов закрытых систем теплоснабжения, а также рекомендации по энергосбережению.

Положения настоящего отраслевого нормативного документа подлежат применению расположенными на территории Российской Федерации предприятиями и объединениями предприятий, в том числе межотраслевыми и региональными, имеющими в своем составе (структуре) тепловые электростанции и котельные, независимо от форм собственности и подчинения.

Издание официальное

© ВТИ, 1996

Настоящий нормативный документ не может быть полностью или частично воспроизведен, тиражирован и распространен без разрешения РАО "ЕЭС России"

1 ОПРЕДЕЛЕНИЯ

В настоящих методических указаниях применяют следующие термины

Тепловые пункты или абонентские вводы – это помещения, включающие лообменники (отопления и горячего водоснабжения), насосы (подкачивающие подмешивающие, рециркуляционные), системы авторегулирования, контроли и учета

Тепловые пункты могут быть индивидуальными, сокращенно ИТП, обслуживающими одно здание, и центральными, сокращенно ЦТП, обслуживающими группу зданий При наличии центральных тепловых пунктов с указанным выше оборудованием в зданиях, обслуживаемых этим ЦТП, или в отдельных секциях этих зданий имеются узлы смешения, в которых устанавливаются смесительные устройства – элеваторы или насосы смешения и контрольно-измерительные при боры

Различаются следующие схемы присоединения систем отопления

зависимая – с непосредственным присоединением системы отопления к тепловой сети,

независимая – с присоединением системы отопления к тепловой сети через по до-водяной теплообменник

По схемам присоединения подогревателей горячего водоснабжения различают ся параллельная, смешанная и последовательная схемы.

Схемы присоединения систем отопления и горячего водоснабжения приведены на рисунке 1

На рисунке 1а – зависимая схема присоединения системы отопления и последовательная схема присоединения подогревателей горячего водоснабжения, на рисунке 1б – независимая схема присоединения системы отопления и смешанная схема присоединения подогревателей горячего водоснабжения И последовательная и смешанная схемы являются двухступенчатыми, т е включают две ступени подогрева водопроводной воды на горячее водоснабжение Параллельная схема является частным случаем смешанной, когда отсутствует подогреватель первой (нижней) ступени

2 ОБОЗНАЧЕНИЯ

В настоящем документе применяют следующие обозначения параметров теплоносителей и оборудования

Температуры, °С

$t_н$ – наружного воздуха,

$t'_н$ – наружного воздуха расчетная для отопления,

$t_в$ – внутренняя отапливаемых помещений,

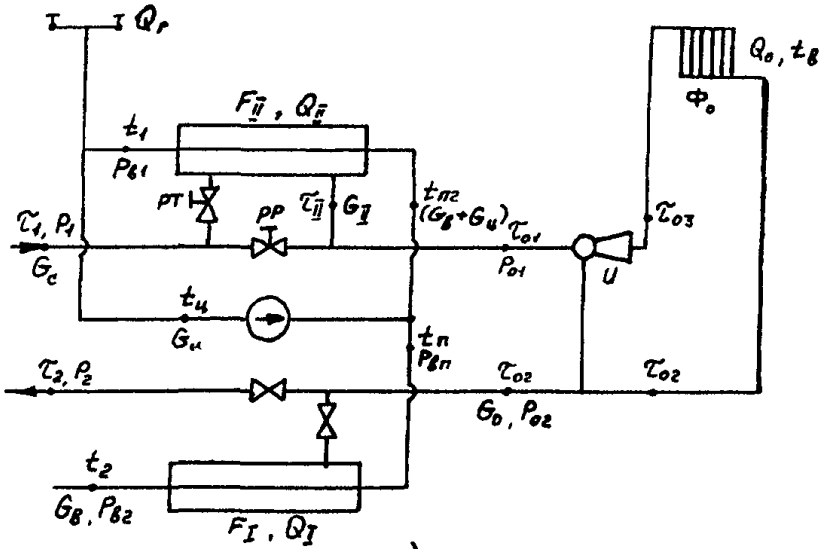
$t'_в$ – расчетная внутренняя температура, обычно равная 18 °С,

τ_1, τ_2 – сетевой воды в подающей и обратной линиях тепловой сети;

τ'_1, τ'_2 – расчетные сетевой воды в подающей и обратной линиях тепловой сети при $t'_н$,

τ_{o1}, τ_{o2} – перед и после элеватора,

τ'_{o1}, τ'_{o2} – расчетные перед и после элеватора при $t_н$,



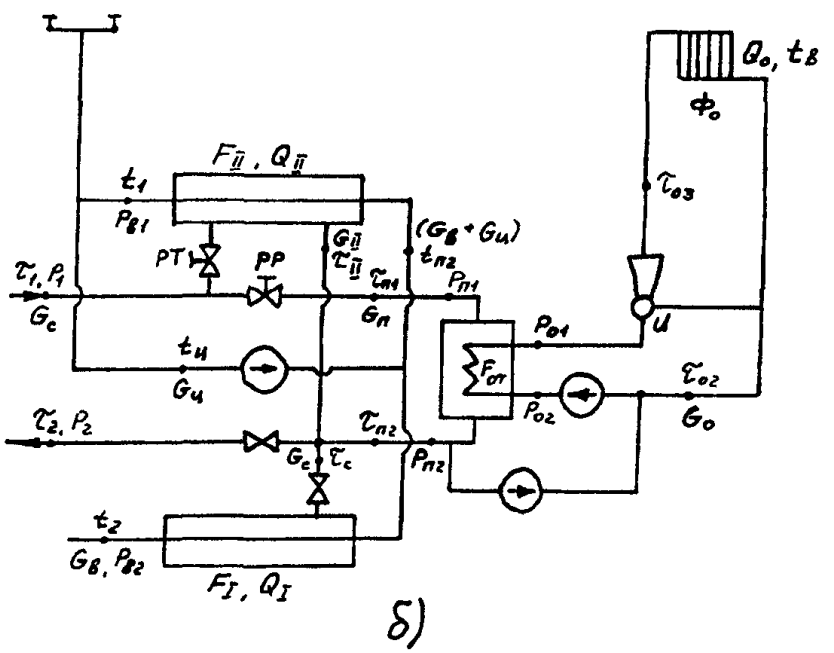


Рисунок 1 Схемы тепловых пунктов

τ_{o2} – после системы отопления,

τ'_{o2} – расчетная после системы отопления при $t'_н$,

$\delta\tau'_o$ – расчетный перепад температур в тепловой сети, равный

$$\delta\tau'_o = \tau'_{o1} - \tau'_{o2}, \qquad (1)$$

$\Delta t'$ – расчетный температурный напор в системе отопления, равный

$$\Delta t' = 0{,}5(\tau'_{o3} - \tau'_{o2}) - t'_в, \qquad (2)$$

$\tau_{п1}$, $\tau_{п2}$ – сетевой воды перед и после подогревателя отопления,

τ_{II} – сетевой воды на выходе из второй ступени подогревателя,

τ_c – сетевой воды на входе в первую ступень подогревателя,

t_2, $t_п$ – водопроводной воды на входе и выходе из первой ступени подогревателя,

$t_ц$, $t_{п2}$ – водопроводной воды в системе циркуляции и на входе во вторую ступень подогревателя,

t_1 – водопроводной воды на горячее водоснабжение,

∇ – максимальная разность температур теплоносителей на входе в теплообменный аппарат

Расходы, кг/с (т/ч)

G_c – сетевой воды на ввод (на тепловой пункт),

G_o – на систему отопления,

G'_o – расчетный на систему отопления при $t'_н$,

φ – относительный расход сетевой воды, равный

$$\varphi = \frac{G_o}{G'_o} \qquad (3)$$

G^p_o – расчетный на систему отопления при произвольной температуре $t_н$;

$G_п$ – сетевой воды на подогреватель отопления,

G_{II} – сетевой воды на вторую ступень подогревателя,

$G_в$ – водопроводной воды на горячее водоснабжение,

$G_ц$ – водопроводной воды в системе рециркуляции,

W – тепловой эквивалент расхода теплоносителя, Вт/К[ккал/(ч °С)], равный произведению расхода воды на его теплоемкость

$$W = G c, \qquad (4)$$

$W_м$ – меньшее значение теплового эквивалента,

$W_б$ – большее значение теплового эквивалента,

c – теплоемкость теплоносителя, Дж/(кг К)

Тепловые нагрузки, Вт (ккал/ч)

Q_o – системы отопления при любой наружной температуре,

Q'_o – расчетная системы отопления при расчетной для отопления температуре наружного воздуха,

$\overline{Q}_o$ – относительная нагрузка системы отопления, равная

$$\overline{Q}_o = \frac{Q_o}{Q'_o}; \qquad (5)$$

Q_o^p – расчетная системы отопления при произвольной наружной температуре $t_н$

$$Q_o^p = Q'_o \frac{t'_в - t_н}{t'_в - t'_н}; \qquad (6)$$

$Q_г, Q_I, Q_{II}$ – горячего водоснабжения, первой и второй ступеней подогревателя горячего водоснабжения;

$Q_г^{ср}$ – средненедельная нагрузка горячего водоснабжения;

$Q_г^{макс}$ – максимальная нагрузка горячего водоснабжения (средняя за час максимального водопотребления);

ρ – относительная нагрузка горячего водоснабжения (отношение средненедельной нагрузки горячего водоснабжения к Q'_o)

$$\rho = \frac{Q_г^{ср}}{Q'_o}; \qquad (7)$$

$Q_ц$ – теплопотери в системе рециркуляции;

ε_o – безразмерная удельная нагрузка системы отопления,

ε – безразмерная удельная нагрузка подогревателя

Давления, Па:

P_1, P_2 – сетевой воды в подающей и обратной линиях;

P_{o1}, P_{o2} – воды в отопительной сети на входе и выходе из теплового пункта;

$P_{п1}, P_{п2}$ – сетевой воды до и после подогревателя отопления;

$P_{в2}, P_{вп}, P_{в1}$ – водопроводной воды на входе в первую ступень, на выходе из первой ступени, на выходе из второй ступени,

H – напор – давление, выраженное в м вод ст

Поверхности, $м^2$:

F_I, F_{II} – поверхности нагрева первой и второй ступеней подогревателя горячего водоснабжения;

$F_{от}$ – поверхность нагрева отопительного теплообменника

Φ_o – параметр отопительной системы, Вт/К [ккал/(ч °С)],

Φ – параметр секционного водо-водяного подогревателя, величина безразмерная, постоянная для данного подогревателя;

$к$ – коэффициент теплопередачи теплообменников, $Вт/м^2К$ [ккал/($м^2$ ч °С)],

u – коэффициент смешения смесительного узла, равный

$$u = \frac{\tau_{o1} - \tau_{o3}}{\tau_{o3} - \tau_{o2}} \qquad (8)$$

Все параметры могут относиться к любой наружной температуре $t_н$

3 ЗАДАЧИ ЭНЕРГООБСЛЕДОВАНИЯ

Основные тепловые нагрузки (отопление, горячее водоснабжение) имеют раз личные суточные и сезонные графики и требуют тепло разного потенциала. Для начением теплового пункта является обеспечение указанных теплопотребляющи систем теплоносителем с требуемым параметром (расходом и температурой) без перерасходов тепла по сравнению с расчетными

Основными расчетными показателями служат расходы тепла, сетевой воды температура обратной сетевой воды.

Задачей энергообследования является определение фактических значений основных параметров с помощью измерительной техники, сопоставление их с расчетными значениями и при выявленных перерасходах тепла и воды разработка мероприятий по их устранению.

4 ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАСЧЕТНЫХ ТЕПЛОВЫХ НАГРУЗОК

До проведения приборного обследования с целью определения фактических параметров следует определить расчетные тепловые нагрузки объекта Как правило, это нагрузки отопления и горячего водоснабжения. Ниже приведены методы определения этих нагрузок.

4.1 Система отопления

Расчетную нагрузку отопления определяют либо из договора с теплоснабжающей организацией, в котором обычно указывают проектные значения тепловых нагрузок, либо непосредственно из проекта здания или теплового пункта

При отсутствии этих материалов следует использовать материалы, приведенные в нормативной, справочной и технической литературе.

Могут быть рекомендованы для использования следующие материалы, приведенные в приложениях:

а) Определение расчетной нагрузки отопления здания по его наружному объему (приложение А)

б) Максимальный расход теплоты (максимальная тепловая мощность) на одного жителя при расчетной наружной температуре (приложение Б).

в) Теплотехнические показатели наиболее распространенных современных типовых жилых зданий (приложение В).

г) Отопительные характеристики жилых зданий (приложение Г).

д) Удельные тепловые характеристики административных, лечебных и культурно-просветительных зданий и зданий детских учреждений (приложение Д).

е) Удельные тепловые характеристики промышленных зданий (приложение Е)

4.2 Система горячего водоснабжения

Расчетную нагрузку горячего водоснабжения определяют также из проекта здания или теплового пункта. При отсутствии таких данных расчетную нагрузку горячего водоснабжения можно определить по расходу в литрах в сутки горячей воды температурой 65 °С на одного человека. Расход воды зависит от благоустройства квартир, их заселенности, режима работы предприятий и организаций, привычек населения и других неучитываемых факторов Поэтому следует применять справочные данные по нагрузкам горячего водоснабжения, приведенны приложении Ж.

Нагрузка горячего водоснабжения характеризуется коэффициентами неравномерности, представляющими собой отношения максимальной нагрузки к средней за определенные периоды Значения коэффициентов неравномерности приведены в приложении И.

Теплопотери в рециркуляционных трубопроводах системы горячего водоснабжения составляют обычно 10 % от максимальной или 20 % от средней нагрузки горячего водоснабжения.

5 ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАСЧЕТНЫХ РАСХОДОВ ТЕПЛОНОСИТЕЛЯ НА ТЕПЛОВЫХ ПУНКТАХ И ТЕМПЕРАТУР ОБРАТНОЙ СЕТЕВОЙ ВОДЫ

Для оценки эффективности использования тепла на нужды отопления и горячего водоснабжения следует определить требуемый для данных условий расход теплоносителя, обеспечивающий известные тепловые нагрузки.

Требуемый расход теплоносителя зависит не только от величины тепловых нагрузок, но также от установленного в тепловом пункте оборудования, схем его присоединения, условий автоматизации, параметров теплоносителя во внешней тепловой сети.

Задача может быть решена путем использования разработанной во Всероссийском теплотехническом институте (ВТИ) программы расчета на ПЭВМ режимов работы абонентских вводов. Описание возможностей программы и решаемых ею задач приведено в приложении К.

В качестве примера использования программы в приложении Л и на рисунках Л 1–Л.4 приведены результаты расчетов требуемых расходов и температур обратной сетевой воды для разных температурных графиков и разных значений ρ тепловых пунктов для наиболее распространенных смешанной и последовательной схем при зависимом присоединении системы отопления. Из рисунков расход тепла на тепловой пункт определяется как произведение расхода сетевой воды на разность температур подающей и обратной линии тепловой сети.

При существующем многообразии величин ρ абонентов, температурных графиков и схем присоединения систем отопления и горячего водоснабжения эти зависимости могут быть использованы для приближенной оценки требуемых параметров тепловых пунктов

Определить параметры отдельных элементов системы теплоснабжения можно также путем использования уравнения характеристики теплообменных аппаратов, что является более трудоемким, т.к. все задачи решаются методом последовательных приближений. Уравнения характеристики системы отопления и теплообменных аппаратов и примеры их использования приведены в приложениях М и Н.

6 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФАКТИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ТЕПЛОПОТРЕБЛЯЮЩИХ УСТАНОВОК

Определение фактических параметров приборными методами в точках, обозначенных на схеме (рисунок 1), производят для отдельных элементов, а также для установки в целом.

6.1 Измерительная аппаратура

6.1.1 Общие требования

Для измерений могут быть использованы имеющиеся на тепловом пункте измерительные приборы или приборы организации, проводящей обследование

Измерительная аппаратура должна удовлетворять следующим общим требованиям

все приборы должны быть поверены и иметь аттестацию органов Госстандарта,

погрешность измерений параметров должна составлять

по расходам – не более 2,5 %,

по давлениям – не более 0,1 кгс/см^2,

по температурам – не более 0,1 °С.

6.1.2 Измерения расходов

В качестве расходомерных устройств могут быть использованы установленные в теплопунктах стационарные приборы, в том числе входящие в состав теплосчетчиков, позволяющие определить мгновенные значения расходов воды измерительные диафрагмы, приборы турбинного или крыльчатого типа, а также электромагнитные, вихревые и ультразвуковые расходомеры

При отсутствии стационарных расходомеров могут быть использованы переносные измерительные приборы переносные ультразвуковые расходомеры с накладными датчиками отечественного или зарубежного производства

6.1.3 Измерения давления

В качестве измерительных приборов могут быть использованы образцовые пружинные манометры

При организации автоматизированной системы измерений в качестве датчиков давления или перепада давлений могут использоваться датчики МТ-100 или преобразователи давления "САПФИР" завода "Манометр", датчики давления Концерна "МЕТРАН", а также аппаратура аналогичного типа зарубежного производства.

6.1.4 Измерения температуры

Для измерений могут быть использованы ртутные термометры с ценой деления 0,1 °С, устанавливаемые в имеющихся на трубопроводах термометрических гильзах, или термометры, входящие в состав теплосчетчиков узлов учета при наличии вторичной показывающей аппаратуры.

Для измерений температуры при отсутствии измерительной аппаратуры на теплопунктах следует использовать стандартные термоэлектрические преобразователи и термометры сопротивления с вторичными показывающими и регистрирующими приборами

При отсутствии в точках измерения термометрических гильз измерения могут быть проведены с использованием датчиков (термоэлектрических преобразователей и термометров сопротивления) поверхностного типа При этом необходимо обеспечить плотный контакт датчика с очищенной от краски и ржавчины поверхностью трубопровода и достаточную тепловую изоляцию участка трубопровода в месте установки поверхностного датчика

6.1.5 Организация процесса измерений

Проведение энергообследования с помощью обычных показывающих приборов неэффективно, поскольку требуется одновременная регистрация большого количества параметров в течение длительного периода времени Поэтому целесообразно организовать систему измерений с автоматической синхронизированнои по времени регистрацией требуемых параметров

Такая система может быть организована на основе использования самопишущих приборов с ленточными или круговыми диаграммами

Однако с целью экономии времени на обработку результатов более предпочтительно использовать для регистрации современные микропроцессорные многоканальные малогабаритные записывающие устройства, что позволит применить компьютерную обработку результатов измерений

6.2 Методика измерении

6.2.1 Система отопления

При проведении измерений параметров системы отопления для обеспечения стабильности этих параметров следует вторую ступень подогревателя горячего водоснабжения перевести на смешанную схему, если в обычном режиме она включена по последовательной схеме

Измеряют следующие параметры
расходы сетевой воды и воды в квартальной сети при независимой схеме,
температуры сетевой воды и в квартальной сети,
среднюю температуру воздуха в отапливаемых помещениях,
давления сетевой воды и в квартальной сети при независимой схеме

6 2 1 1 Расход сетевой воды и воды во внутриквартальной сети

Расход воды на систему отопления может быть определен одним из следующих способов в зависимости от имеющихся на установке измерительных приборов

а) Непосредственно с помощью расходомеров, описанных в разделе 6 1 2

б) По известному диаметру сопла элеватора и измеренному перепаду давлений перед соплом и во всасывающем патрубке элеватора

$$G_o = \varphi_1 f_c 2\sqrt{\Delta P / V} \ , \text{кг/с} , \qquad (9)$$

где φ_1 – коэффициент скорости сопла, $\varphi_1 = 0{,}95$,

f_c – сечение сопла, м^2,

$\Delta P = P_{o1} - P_{o2}$ – перепад давлений перед соплом и во всасывающем патрубке сопла, Па,

V – удельный объем воды, $V = 0{,}001$ м^3/кг

в) По измеренным температурам до и после системы отопления путем сопоставления их с расчетными значениями по методике, приведенной в приложении М

6.2.1.2 Температуры воды

Измеряют температуру воды, поступающей в систему τ_{o1}, на выходе из нее а для индивидуального теплового пункта (ИТП) и после смесительного устройства τ_{o3}.

На основе измеренной величины τ_{o3} для ИТП определяют фактический коэффициент смешения u по формуле (8).

При независимой схеме присоединения измеряют температуры греющего и нагреваемого теплоносителей на входе и выходе из теплообменника.

Для центрального теплового пункта (ЦТП) в нескольких зданиях измеряют значения τ_{o1}, τ_{o2} и τ_{o3} и на этой основе определяют средний коэффициент смешения u.

6.2.1.3 Температуры воздуха в отапливаемых помещениях

Температуры воздуха измеряют в нескольких помещениях, расположенных на различных этажах и ориентированных на разные стороны света для возможности оценки среднеарифметической температуры воздуха в здании. Эта температура нужна для последующего сопоставления фактической и расчетной нагрузок системы отопления.

6.2.1.4 Давления

Измеряют давления P_1 и P_2 на входе и выходе из теплового пункта, P_{o1} и P_{o2} до и после системы отопления, а для независимой системы отопления также P_{n1} и P_{n2} до и после подогревателя

6.2.1.5 Условия измерений

Поскольку суточный график нагрузки отопления достаточно стабилен, следует вести измерения параметров теплоносителя в течение суток с интервалом в 2–3 часа. Целесообразно провести измерения в течение нескольких суток с различными температурами наружного воздуха и соответственно температурами сетевой воды

6.2.2 Система горячего водоснабжения

В системе горячего водоснабжения следует измерять следующие параметры:

6.2.2.1 Расходы

холодной водопроводной воды на горячее водоснабжение;

горячей водопроводной воды после второй ступени подогревателя горячего водоснабжения;

воды в системе рециркуляции;

достаточно измерение любых двух из указанных трех расходов;

сетевой воды на II ступень подогревателя.

6.2.2 2 Температуры

по тракту водопроводной воды на входе и выходе из I и II ступеней подогревателя;

в рециркуляционной линии;

по тракту греющей сетевой воды на входе и выходе из I и II ступеней подогревателя.

6.2.2.3 Давления:

по тракту водопроводной и сетевой воды до и после I и II ступеней подогревателя.

6 2.2.4 Условия измерений

Поскольку график нагрузки горячего водоснабжения имеет резко выраженный неравномерный характер, измерения этих параметров следует вести с помощью автоматизированной системы измерений с интервалом измерений порядка 5 минут. Измерения следует проводить как в будние, так и в выходные дни недели

7 ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЙ И ИХ АНАЛИЗ

7.1 Система отопления

На основании результатов измерений должна быть определена фактическая тепловая производительность отопительной системы при температуре наружного воздуха $t_н$ в периоды измерений, при соответствующей этому значению $t_н$ расчетной температуре сетевой воды τ_{o1}^{p} по температурному графику, расчетном расходе сетевой воды G_o^p и расчетном коэффициенте смешения u^p

Фактическая тепловая производительность, приведенная к этим условиям, должна быть сопоставлена с расчетной Q_o^p, определенной по формуле (6).

Фактическую тепловую производительность определяют по формуле

$$Q_o = G_o c (\tau_{o1} - \tau_{o2}). \qquad (10)$$

Фактические значения G_o и τ_{o1} могут не соответствовать расчетным G_o^p и τ_{o1}^{p} при температуре $t_н$. В этом случае следует провести пересчет величины Q_o, приведя ее к расчетным значениям G_o^p, τ_{o1}^{p} и u^p с помощью уравнения характеристики отопительной системы (приложение М).

Приведение величины Q_o к расчетным значениям ведут в следующем порядке

а) На основе результатов измерений определяют фактический параметр $\Phi_o^{ф}$ данной отопительной системы, который является инвариантным при изменениях расходов и температур воды в системе отопления

$$\Phi_o^{ф} = \frac{Q_o}{\Delta t_{ср}} \frac{1}{(\overline{Q}_o)\,0{,}2} \qquad (11)$$

где $\Delta t_{ср}$ – фактическая средняя разность температур в системе отопления

$$\Delta t_{ср} = \frac{\tau_{o3} + \tau_{o2}}{2} - t_в. \qquad (12)$$

Для ИТП эти величины измеряют непосредственно, для ЦТП температуру τ_{o3} определяют из уравнения смешения

$$\tau_{o3} = \frac{\tau_{o1} + u\ \tau_{o2}}{1+u}, \qquad (13)$$

где величины τ_{o1} и τ_{o2} измеряют непосредственно в ЦТП, а величину коэффициента смешения принимают средней для ряда зданий согласно 6.2.1.2

В случае невозможности измерения фактического значения внутренней температуры ее значение определяют по формуле

$$t_в = t_н + \frac{Q_o}{Q_o^p}\ (t'_в - t'_н) \qquad (14)$$

б) Приведенная тепловая производительность отопительной системы вычисляется по формуле

$$Q_o^{прив} = \frac{G_o^p\ c\ \left(\tau_{o1}^p - t'_в\right)}{\frac{0{,}5+u}{1+u} + \frac{G_o^p \cdot c}{\Phi_o^ф}\ \frac{1}{\left(\overline{Q}_o^{прив}\right)^{0,2}}} \qquad (15)$$

Все параметры в этой формуле, кроме $\Phi_o^ф$ должны быть расчетными.

Определенное таким образом значение $Q_o^{прив}$ сравнивается с расчетным Q_o^p.

При несовпадении этих величин более чем на 5–7% следует проанализировать причины Ими могут быть

ошибочные данные присоединенной тепловой нагрузки;

неправильное распределение воды между зданиям , присоединенными к ЦТП;

существенное отличие от расчетных коэффициентов смешения;

значительное увеличение поверхности нагрева радиаторов;

разрегулировка местных отопительных систем.

Выявление этих причин требует специального обследования местных отопительных систем

Сопоставление $Q_o^{прив}$ и Q_o^p позволяет оценить возможность обеспечения отопительной системой расчетных тепловых нагрузок отапливаемых зданий. Результаты измерений и сопоставление величин $Q_o^{прив}$ и Q_o^p позволяет оценить фактический эксплуатационный режим системы отопления путем сопоставления τ_{o1} и τ_{o1}^p, G_o и G_o^p, τ_{o2} и τ_{o2}^p, т.е. фактических и расчетных параметров теплоносителя

Наиболее часто встречающимися отклонениями от расчетных режимов являются:

завышенные расходы сетевой воды у абонентов с большими перепадами давления на вводе;

заниженные расходы воды у абонентов с недостаточными перепадами давления.

Следствием этого является отличие от расчетной температуры обратной сетевой воды

В зависимости от местных условий следует разработать соответствующие мероприятия по нормализации расхода воды.

7.2 Система горячего водоснабжения

На основании результатов измерений определяют:

- удельный (на 1 жителя) средненедельный расход горячей воды температурой 65 °С в литрах в сутки. Эту величину сопоставляют со значениями, приведенными в приложении Ж;
- суточные графики расхода тепла на горячее водоснабжение по дням недели и среднесуточные расходы тепла;
- средненедельный расход тепла на горячее водоснабжение $Q_г^{ср}$;
- максимальный расход тепла на горячее водоснабжение, равный среднему расходу тепла за час максимального водопотребления;
- *относительный расход тепла на горячее водоснабжение* ρ;
- расходы воды и тепла в системе рециркуляции в течение суток;
- стабильность температуры воды в системе горячего водоснабжения, характеризующую качество работы регулятора температуры Отклонение этой температуры более чем на 3 °С от установленного значения требует наладки регулятора Если вода не догревается до заданной температуры при полном открытии регулятора, следует провести анализ работы теплового пункта в целом;
- фактические тепловые нагрузки теплообменников I и II ступеней по уравнениям теплового баланса по греющей и нагреваемой воде. Измерения, в которых расхождение теплового баланса превышает 5 %, не учитываются;
- для наиболее распространенных кожухотрубных теплообменников сопротивление S в (м ч^2)/м^6 по греющей и нагреваемой воде

$$S = \frac{\Delta H}{V^2}, \qquad (16)$$

где ΔH – потери напора в теплообменниках, м;

V – объемный расход воды, м^3/ч

Полученные значения S сравнивают с расчетными, приведенными в приложении П

Превышение фактического сопротивления над расчетными более чем на 10 % указывает на значительные отложения в подогревателях (накипь, продукты коррозии), на зарастание трубных досок, провисание трубного пучка и т д В этих случаях требуется чистка теплообменников и их специальное обследование

По известным расходам и температурам теплоносителей на входе в теплообменник по уравнению характеристики определяют расчетную тепловую производительность теплообменника при нормальном состоянии его теплопередающей поверхности (приложение Н).

Определяют отношение фактической тепловой производительности теплообменника к расчетной Состояние теплообменников считается удовлетворительным, если отношение фактической теплопроизводительности к расчетной

$$\beta = \frac{Q^ф}{Q^р} > 0{,}75. \qquad (17)$$

Аналогичным образом проводят оценку эффективности работы отопительного теплообменника.

Об эффективности работы теплообменников можно судить также по отношению величины фактического коэффициента теплопередачи, определенного по экспериментальным данным, к расчетному, определяемому из критериальных уравнений теплопередачи.

7.3 Тепловой пункт

При определенном экспериментально значении относительной нагрузки горячего водоснабжения ρ и суточном графике нагрузки горячего водоснабжения определяют характеристики теплового пункта, т.е. зависимости от температуры наружного воздуха расхода сетевой воды на тепловой пункт и температуры обратной сетевой воды при различных нагрузках горячего водоснабжения.

Эти характеристики рассчитывают на ПЭВМ по программе ВТИ или определяют приближенно с помощью графиков, приведенных в приложении Л, при соответствующем значении ρ абонента и температурном графике в тепловой сети.

Характеристики теплового пункта рассчитывают при установленном оборудовании и эксплуатационной схеме включения подогревателей горячего водоснабжения.

Расчетные характеристики теплового пункта сопоставляют с результатами измерений. При несовпадении анализируют причины и намечают пути доведения показателей работы теплового пункта до расчетных значений. Пример проведения энергообследования приведен в приложении Р.

Приложение А
(рекомендуемое)

Определение расчетной нагрузки отопления здания по его наружному объему

Расчетную нагрузку отопления здания по его наружному объему Q_o, Вт(ккал/ч), вычисляют по формуле

$$Q_o = q_o \cdot V(t'_в - t'_н), \qquad (A.1)$$

где q_o – удельные теплопотери (удельная отопительная характеристика) жилых и общественных зданий при $t'_н = -30$ °С, Вт/(м^3·К) [ккал/(ч·м^3·°С)];

V – объем здания по наружному обмеру, м^3;

$t'_в$ – расчетная температура внутреннего воздуха отапливаемых помещений, °С;

$t'_н$ – расчетная для отопления температура наружного воздуха, °С.

Удельные теплопотери (q_o) жилых и общественных зданий строительства после 1958 г. для климатических районов с расчетной наружной температурой для отопления $t_н = -30$ °С приведены в таблице А.1.

Таблица А.1

Этажность здания	1	2–3	4–5	6 и более
Удельные теплопотери, Вт/(м^3·К) [ккал/(ч·м^3·°С)]	0,7 – 0,8 (0,6 – 0,7)	0,47 – 0,58 (0,4 – 0,5)	0,42 – 0,47 (0,36 – 0,4)	0,35 – 0,41 (0,3 – 0,35)

Удельные теплопотери жилых и общественных зданий с наружным объемом V > 3000 м^3 для этого же климатического района могут быть приблизительно определены по эмпирической формуле

$$q_o = \frac{a}{\sqrt[n]{V}}, \qquad (A.2)$$

где V – объем здания по наружному обмеру, м^3;

a, n – коэффициенты.

Для зданий строительства до 1958 г., т.е. более утепленных

n = 6;

a = 1,85 Вт/(м^{2,83}·К) [1,6 ккал/(м^{2,83}·ч·°С)];

для зданий строительства после 1958 г.

n = 8;

a = 1,52 Вт/(м^{2,875}·К) [1,3 ккал/(м^{2,875}·ч·°С)].

Для районов с другой расчетной температурой для отопления к значениям q_o вводятся поправочные коэффициенты β:

при $t_н \geq -10$ °С β = 1,2;

при $t_н = -20$ °С β = 1,1;

при $t_н \leq -40$ °С β = 0,9.

Источник Соколов Е.Я. Теплофикация и тепловые сети. – М.: Энергоиздат, 1982. – 360 с.: ил.

Приложение Б
(рекомендуемое)

Максимальный расход теплоты (максимальная тепловая мощность) на одного жителя при расчетной наружной температуре

Таблица Б 1

Вид тепловой нагрузки	Сибирь Урал, север европейской части России $t'_н$ =–35 °С $t'_{нв}$=–23 °С		Средняя полоса европеиской части России и север Средней Азии $t'_н$ =–25 °С $t'_{нв}$=–14 °С		Юг европейскои части России $t'_н$ =–15 °С $t'_{нв}$=–7 °С		Крым Кавказ и юг Средней Азии $t'_н$ =–5 °С $t'_{нв}$= 0 °С	
	кВт	Мкал/ч	кВт	Мкал/ч	кВт	Мкал/ч	кВт	Мкал/ч
Отопление и вентиляция жилых зданий	1,44	1,24	1,24	1,05	1,05	0,94	0,75	0,64
Отопление и вентиляция общественных зданий	0,54	0,47	0,44	0,38	0,38	0,33	0,25	0,23
Горячее водоснабжение (все дома с ваннами)	0,67	0,57	0,67	0,57	0,67	0,57	0,67	0,57
Бани	0,028	0,024	0,028	0,024	0,028	0,024	0,028	0,024
Прачечные	0,084	0,072	0,084	0,072	0,084	0,072	0,084	0,072
Предприятия общественного питания (полныи пансион)	0,061	0,053	0,061	0,053	0,061	0,053	0,061	0,053
Итого	2,82	2,44	2,52	2 15	2,28	1,96	1,85	1,6

При составлении таблицы принято

1 Удельные теплопотери жилых и общественных здании для районов с $t_н$ = –35 °С

$$q = 0\,42 \text{ Вт/(м}^3\text{ К) [0 36 ккал/(ч м}^3\text{ °С)]}$$

2 Объем жилых зданий на одного жителя 60 м^3

3 Объем общественных здании на одного жителя 18 м^3

4 Удельныи расход теплоты на вентиляцию общественных зданий

$$q_в = 0\,23 \text{ Вт/(м}^3\text{ К) [0 2 ккал/(ч м}^3\text{ °С)]}$$

5 Расход горячеи воды на одного жителя 110 л/сут при $t_г$ = 65 °С

Произведение коэффициентов суточнои и часовои неравномерности 2 2

6 Удельныи расход теплоты на одну помывку в бане 36870 кДж (8800 ккал) в месяц на жителя Число часов работы бани 80 ч/нед

7 Удельныи расход теплоты в прачечнои на 1 кг сухого белья 6700 кДж (1600 ккал) и 16 кг сухого белья на человека в месяц Число часов работы прачечнои 80 ч/нед

8 Расход теплоты на общественное питание на одного человека в сутки 3140 кДж (750 ккал) Число часов работы 14 ч/сут

Источник Соколов Е Я Теплофикация и тепловые сети – М Энергоиздат 1982 – 360 с ил

Приложение В
(рекомендуемое)

Теплотехнические показатели наиболее распространенных современных типовых жилых зданий

Таблица В.1

Тип дома	Расчетная наружная температура $t_н$, °С	Теплопотери Q, кВт (ккал/ч)	Объем здания V, м^3	Удельная тепловая характеристика здания q, Вт/(м^3·К) [ккал/(м^3·ч·°С)]
П43/16	–26	514,8 (442 600)	24 951	0,47 (0,403)
П42/16	–26	576,4 (495 560)	28 676	0,46 (0,393)
П30-6/12	–26	333,1 (286 440)	22 423	0,34 (0,290)
П30-5/12	–26	496,8 (427 130)	33 616	0,34 (0,289)
П30-4/12	–26	327,3 (281 380)	22 373	0,33 (0,286)
П30-3/12	–26	490,9 (422 070)	33 552	0,33 (0,286)
П30-1/12	–26	333,1 (286 440)	22 426	0,34 (0,290)
И-700А	–25	915,9 (787 520)	49 665	0,43 (0,369)
П46-2/12в	–26	150,6 (129 500)	18 373	0,19 (0,160)
П55-4/12	–25	190,7 (164 000)	8 422	0,53 (0,453)
П55-2/12	–25	264,0 (227 000)	12 279	0,50 (0,430)
П44-1/16	–25	232,7 (200 100)	14 600	0,37 (0,319)
П44-4/16	–26	300,1 (258 000)	15 820	0,44 (0,375)
П3/16	–26	483,6 (415 760)	33 710	0,33 (0,280)
П31/12	–26	707,5 (608 290)	45 430	0,35 (0,304)
П47/12	–26	560,6 (482 000)	36 571	0,35 (0,300)
П-68-01/16Ю--2/78	–25	393,1 (338 000)	22 828	0,40 (0,344)

Источник Наладка и эксплуатация водяных тепловых сетей Справочник/ В.И. Манюк, Я.И. Каплинский, Э.Б. Хиж и др. – М.: Стройиздат, 1988. – 432 с. ил.

Приложение Г
(рекомендуемое)

Таблица Г1 — **Отопительные характеристики жилых зданий**

Наружный строительный объем зданий V, м³	Удельная отопительная характеристика зданий q_o^*, Вт/(м³ К) [ккал/(м³ ч °С)]	
	постройки до 1958 г	постройки после 1958 г.
100	0,86(0,74)	1,07(0,92)
200	0,77(0,66)	0,95(0,82)
300	0,72(0,62)	0,91(0,78)
400	0,70(0,60)	0,86(0,74)
500	0,68(0,58)	0,83(0,71)
600	0,65(0,56)	0,80(0,69)
700	0,63(0,54)	0,79(0,68)
800	0,62(0,53)	0,78(0,67)
900	0,61(0,52)	0,77(0,66)
1000	0,59(0,51)	0,76(0,65)
1100	0,58(0,50)	0,72(0,62)
1200	0,57(0,49)	0,70(0,60)
1300	0,56(0,48)	0,69(0,59)
1400	0,55(0,47)	0,68(0,58)
1500	0,55(0,47)	0,66(0,57)
1700	0,54(0,46)	0,64(0,55)
2000	0,52(0,45)	0,62(0,53)
2500	0,51(0,44)	0,61(0,52)
3000	0,50(0,43)	0,58(0,50)
3500	0,49(0,42)	0,56(0,48)
4000	0,46(0,40)	0,55(0,47)
4500	0,45(0,39)	0,54(0,46)
5000	0,44(0,38)	0,52(0,45)
6000	0,43(0,37)	0,50(0,43)
7000	0,42(0,36)	0,49(0,42)
8000	0,41(0,35)	0,48(0,41)
9000	0,39(0,34)	0,46(0,40)
10000	0,38(0,33)	0,45(0,39)
11000	0,37(0,32)	0,44(0,38)
12000	0,36(0,31)	0,44(0,38)
13000	0,35(0,30)	0,43(0,37)
14000	0,35(0,30)	0,43(0,37)
15000	0,34(0,29)	0,43(0,37)
20000	0,33(0,28)	0,43(0,37)
25000	0,33(0,28)	0,43(0,37)
30000	0,33(0,28)	0,42(0,36)
35000	0,33(0,28)	0,41(0,35)
40000	0,31(0,27)	0,41(0,35)
45000	0,31(0,27)	0,39(0,34)
50000	0,30(0,26)	0,39(0,34)

Для жилых зданий, расположенных в климатических районах с расчетной наружной температурой для отопления $t_н$ = −30 °С

Для климатических районов с другой расчетной температурой наружного воздуха к указанным в таблице Г1 значениям удельных характеристик вводится поправочный коэффициент K приведенный в таблице Г2

Таблица Г 2 — **Поправочный коэффициент для жилых зданий**

Расчетная температура наружного воздуха t, °С	K	Расчетная температура наружного воздуха t, °С	K
0	2,05	– 30	1,00
– 5	1,67	– 35	0,95
– 10	1,45	– 40	0,90
– 15	1,29	– 45	0,85
– 20	1,17	– 50	0,82
– 25	1,08	– 55	0,80

Источник Наладка и эксплуатация водяных тепловых сетей Справочник/ В И Манюк Я И Каплинский, Э Б Хиж и др – М Стройиздат, 1988 – 432 с ил

Приложение Д
(рекомендуемое)

Удельные тепловые характеристики административных, лечебных и культурно-просветительных зданий и зданий детских учреждений

Таблица Д 1

Наименование зданий	Объем зданий V, тыс. м^3	Удельные тепловые характеристики, Вт/(м^3·К) [ккал/(м^3·ч °С)]		Расчетная внутренняя температура (усредненная) $t_в$, °С
		отопления $q_о$	вентиляции $q_в$	
Административные здания	До 5	0,5(0,43)	0,11(0,09)	18
	До 10	0,44(0,38)	0,09(0,08)	
	До 15	0,41(0,35)	0,08(0,07)	
	Более 15	0,37(0,32)	0,21(0,18)	
Клубы	До 5	0,43(0,37)	0,29(0,25)	16
	До 10	0,38(0,38)	0,27(0,23)	
	Более 10	0,35(0,30)	0,23(0,20)	
Кинотеатры	До 5	0,42(0,36)	0,50(0,43)	14
	До 10	0,37(0,32)	0,45(0,39)	
	Более 10	0,35(0,30)	0,44(0,38)	
Театры	До 10	0,34(0,29)	0,48(0,41)	15
	До 15	0,31(0,27)	0,46(0,40)	
	До 20	0,26(0,22)	0,44(0,38)	
	До 30	0,23(0,20)	0,42(0,36)	
	Более 30	0,21(0,18)	0,36(0,31)	
Универмаги	До 5	0,44(0,38)	-	15
	До 10	0,38(0,33)	0,09(0,08)	
	Более 10	0,36(0,31)	0,31(0,27)	
Детские ясли и сады	До 5	0,44(0,38)	0,13(0,11)	20
	Более 5	0,39(0,34)	0,12(0,10)	
Школы и высшие учебные заведения	До 5	0,45(0,39)	0,11(0,09)	16
	До 10	0,41(0,35)	0,09(0,08)	
	Более 10	0,38(0,33)	0,08(0,07)	
Больницы	До 5	0,46(0,40)	0,34(0,29)	20
	До 10	0,42(0,36)	0,33(0,28)	
	До 15	0,37(0,32)	0,30(0,26)	
	Более 15	0,35(0,30)	0,29(0,25)	
Бани	До 5	0,33(0,28)	1,16(1,00)	25
	До 10	0,29(0,25)	1,11(0,95)	
	Более 10	0,27(0,23)	1,05(0,90)	
Прачечные	До 5	0,44(0,38)	0,93(0,80)	15
	До 10	0,38(0,33)	0,91(0,78)	
	Более 10	0,36(0,31)	0,87(0,75)	
Предприятия общественного питания, столовые	До 5	0,41(0,35)	0,81(0,70)	16
	До 10	0,38(0,33)	0,76(0,65)	
	Более 10	0,35(0,30)	0,70(0,60)	

Источник Наладка и эксплуатация водяных тепловых сетей Справочник/ В И Манюк Я И Каплинский, Э Б Хиж и др М Стройиздат, 1988 432 с ил

Приложение Е
(рекомендуемое)

Удельные тепловые характеристики промышленных зданий

Таблица Е.1

Наименование зданий	Объем зданий V, тыс $м^3$	Удельные тепловые характеристики, Вт/($м^3$ К) [ккал/($м^3$ ч °С)], для отопления q_o	для вентиляции $q_в$
1	2	3	4
Чугунолитейные цехи	10–15	0,35 – 0,29 (0,30 – 0,25)	1,28 – 1,16 (1,10 – 1,00)
	50–100	0,29 – 0,26 (0,25 – 0,22)	1 16 – 1.04 (1,00 – 0,90)
	100–150	0,26 – 0,21 (0,22 – 0,18)	1,05 – 0,93 (0,90 – 0,80)
Меднолитейные цехи	5–10	0,46 – 0,41 (0,40 – 0,35)	2,91 – 2,33 (2,50 – 2,00)
	10–20	0,41 – 0,29 (0,35 – 0,25)	2,33 – 1,74 (2,00 – 1,50)
	20–30	0,29 – 0,23 (0,25 – 0,20)	1,74 – 1,40 (1,50 – 1,20)
Термические цехи	до 10	0,46 – 0,35 (0,40 – 0,30)	1,51 – 1,49 (1,30 – 1,20)
	10–30	0,35 – 0,29 (0,30 – 0,25)	1,40 – 1,16 (1.20 – 1 00)
	30–75	0,29 – 0,23 (0,25 – 0,20)	1,16 – 0,70 (1,00 – 0,60)
Кузнечные цехи	До 10	0,46 – 0,35 (0,40 – 0,30)	0,81 – 0,70 (0,70 – 0,60)
	10–50	0,35 – 0,29 (0,30 – 0,25)	0,70 – 0,58 (0,60 – 0,50)
	50–100	0,29 – 0,18 (0,25 – 0,15)	0,58 – 0,35 (0,50 – 0,30)
Механосборочные, механические и слесарные отделения инструментальных цехов	5–10	0,64 – 0,52 (0,55 – 0,45)	0,46 – 0,29 (0,40 – 0,25)
	10–15	0,52 – 0,46 (0,45 – 0,40)	0,29 – 0,18 (0,25 – 0,15)
	50–100	0,46 – 0,44 (0,40 – 0,38)	0,18 – 0,14 (0,15 – 0,12)
	100–200	0,44 – 0,41 (0,38 – 0,35)	0,14 – 0,09 (0,12 – 0,08)
Деревообделочные цехи	До 5	0,70 – 0,64 (0,60 – 0,55)	0,70 – 0,58 (0,60 – 0,50)
	5–10	0,64 – 0,52 (0,55 – 0,45)	0,58 – 0,52 (0,50 – 0,45)
	10–50	0,52 – 0,46 (0,45 – 0,40)	0,52 – 0,46 (0,45 – 0,40)

Продолжение таблицы Е1

1	2	3	4
Цехи металлических конструкций	50-100	0,44 - 0,41 (0,38 - 0,35)	0,62 - 0,52 (0,53 - 0,45)
	100-150	0,41 - 0,35 (0,35 - 0,30)	0,52 - 0,41 (0,45 0,35)
Цехи покрытий (гальванических и др.)	До 2	0,77 - 0,70 (0,66 - 0,60)	5,80 - 4,63 (5,00 - 4,00)
	2-5	0,70 - 0,64 (0,60 - 0,55)	4,65 - 3,49 (4,00 - 3,00)
	5-10	0,64 - 0,52 (0,55 - 0,45)	3,49 - 2,33 (3,00 - 2,00)
Ремонтные цехи	5-10	0,70 - 0,58 (0,60 - 0,50)	0,23 - 0,18 (0,20 - 0,15)
	10-20	0,58 - 0,52 (0,50 - 0,45)	0,18 - 0,12 (0,15 - 0,10)
Паровозное депо	До 5	0,81 - 0,76 (0,70 - 0,65)	0,46 - 0,35 (0,40 - 0,30)
	5-10	0,76 - 0,70 (0,65 - 0,60)	0,35 - 0,29 (0,30 - 0,25)
Котельные цехи	100 250	0,29(0,25)	0,70(0,60)
Котельные (отопительные и паровые)	2-5	0,12(0,10)	0,35 - 0,58 (0,30 - 0,50)
	5-10	0,12(0,10)	0,35 - 0,58 (0,30 - 0,50)
	10-20	0,09(0,08)	0,23 - 0,46 (0,20 - 0,40)
Мастерские	5-10	0,58(0,50)	0,58(0,50)
	10-15	0,46(0,40)	0,35(0,30)
	15 20	0,41(0,35)	0,29(0,25)
	20 30	0,35(0,30)	0,23(0,20)
Насосные	До 0,5	1,22(1,05)	
	0,5-1	1,16(1,00)	
	1-2	0,70(0,60)	-
	2 3	0,58(0,50)	
Компрессорные	До 0,5	0,81(0,70)	
	0,5 1	0,81 - 0,70 (0,70 0.60)	-
	1 2	0,70 0,52 (0,60 - 0,45)	
	2 5	0,52 0,46 (0,45 0,40)	
	5 10	0,46 0,41 (0,40 0,35)	
Газогенераторные	5 10	0,12(0,10)	2,09(1,80)
Регенерация масел	2 3	0,87 0,70 (0,75 0,60)	0,70 0,58 (0,60 0,50)

Окончание таблицы Е1

1	2	3	4
Склады химикатов, красок и т п.	До 1	0,99 - 0,87 (0,85 - 0,75)	-
	1-2	0,87 - 0,76 (0,75 - 0,65)	-
	2-5	0,76 - 0,68 (0,65 - 0,58)	0,70 - 0,52 (0,60 - 0,45)
Бытовые и административно-вспомогательные помещения	0,5 1	0,70 0,52 (0,60 - 0,45)	-
	1-2	0,52 - 0,46 (0,45 - 0,40)	-
	2-5	0,46 - 0,38 (0,40 - 0,33)	0,16 - 0,14 (0,14 - 0,12)
	5-10	0,38 - 0,35 (0,33 - 0,30)	0,14 - 0,13 (0,12 - 0,11)
	10-20	0,35 - 0,29 (0,30 - 0,25)	0,13 - 0,12 (0,11 - 0,10)

Источник Наладка и эксплуатация водяных тепловых сетей Справочник/ В И Манюк, Я И Каплинский, Э Б Хиж и др - М Стройиздат, 1988 - 432 с ил

Приложение Ж
(рекомендуемое)

Ориентировочные нормы расхода горячей воды

Таблица Ж.1

Потребители	Единицы измерения	Норма расхода горячей воды в сутки наибольшего водопотребления, л
1	2	3
Жилые дома квартирного типа, оборудованные	1 житель	
а) умывальниками, мойками и душами		100
б) сидячими ваннами и душами		110
в) ваннами длиной 1500-1700 мм и душами		120
Жилые дома квартирного типа при высоте зданий более 12 этажей и повышенных требованиях к их благоустройству	То же	130
Общежития с общими душевыми	- " -	60
Общежития с общими душевыми, столовыми и прачечными	- " -	80
Гостиницы, мотели, пансионаты с общими ваннами и душами	- " -	70
Гостиницы с ваннами в отдельных номерах:	- " -	
а) до 25 % общего числа номеров		100
б) до 75 % общего числа номеров		160
в) во всех номерах		200
Гостиницы с душами во всех отдельных номерах	- " -	140
Больницы, санатории общего типа, дома отдыха (с общими ваннами и душами)	1 койка	180
Санатории, дома отдыха с ваннами при всех жилых комнатах	То же	200
Поликлиники, амбулатории	1 больной	6
Прачечные		
немеханизированные	1 кг сухого белья	15
механизированные		25
уборка помещений	1 м^2	3
Здания и помещения учреждений управления и управлений предприятий	1 работающий	7
Учебные заведения, общеобразовательные школы и душевые при гимнастических залах	1 учащийся и преподаватель в смену	8
Школы-интернаты	1 место	100
Детские ясли-сады с дневным пребыванием детей	1 ребенок	30

Окончание таблицы Ж 1

1	2	3
Детские ясли-сады с круглосуточным пребыванием детей	1 ребенок	35
Предприятия общественного питания	1 блюдо	
а) приготовление пищи, потребляемой на предприятии		2
б) приготовление пищи, продаваемой на дом		1,5
Продовольственные магазины	1 рабочее место	100
Парикмахерские	То же	70
Театры	1 место зрителей	5
Стадионы, спортивные залы для физкультурников (с учетом приема душа)	1 физкультурник	30
Плавательные бассейны (с учетом приема душа)	1 спортсмен	60
Бани		
а) мытье в мыльной с тазами на скамьях с обмыванием в душе	1 посетитель	120
б) мытье в мыльной с тазами на скамьях с приемом оздоровительных процедур	То же	190
в) душевая кабина	- " -	290
г) ванная комната	- " -	360
д) уборка пола помещений мыльных, душевых, парильных	1 м^2	3
Обслуживающий персонал общественных зданий	1 человек в смену	7
Холодильники		
а) мойка полов	1 м^2	3
б) мойка инвентаря	1 м^2 поверхности	4
в) мойка подъемно-транспортных средств (электропогрузчиков, электрокаров и др)	1 машина	150
Цехи с избытками явного тепла более 83,8 кДж (20 ккал) на 1 м^3 помещений в 1 час	1 работающий в смену	24
Остальные цехи	То же	11

Примечание – Среднюю температуру воды в системах централизованного горячего водоснабжения с непосредственным водоразбором горячей воды из трубопроводов тепловой сети следует принимать 65 °С, а нормы расхода воды принимать с коэффициентом 0,85

Приложение И
(рекомендуемое)

Коэффициент часовой неравномерности потребления горячей воды в жилых зданиях

Таблица И 1

Число жителей, чел	Коэффициент часовой неравномерности	Число жителей чел	Коэффициент часовой неравномерности	Число жителей чел	Коэффициент часовой неравномерности
150	4,45	1000	2,8	4000	2,4
250	3,7	1500	2,65	5000	2,35
350	3,55	2000	2,55	6000	2,35
500	3,25	2500	2,5	7500	2,3
700	3,0	3000	2,45	10000	2,25

Источник Наладка и эксплуатация водяных тепловых сетей Справочник/ В И Манюк, Я И Каплинский, Э Б Хиж и др – М Стройиздат, 1988 – 432 с ил

Приложение К
(рекомендуемое)

Программа расчета параметров абонентских вводов на ПЭВМ

Программа позволяет для абонентского ввода с заданным оборудованием при заданных расчетной нагрузке отопления Q'_o и суточном графике нагрузки горячего водоснабжения $Q_г$ решить любую из следующих задач

При произвольной температуре наружного воздуха $t_н$

1 Определить внутреннюю температуру отапливаемых помещений $t_в$, при этом заданными являются расход сетевой воды на ввод G_c и температурный график в подающей линии ($\tau_1 = f(t_н)$),

2 Определить расход сетевой воды на ввод G_c, требуемый для обеспечения заданной внутренней температуры отапливаемых помещений $t_в$ при известном температурном графике тепловой сети ($\tau_1 = f(t_н)$),

3 Определить требуемую температуру воды в подающей линии тепловой сети τ_1 (температурный график сети) для обеспечения заданной внутренней температуры отапливаемых помещений $t_в$ при заданном расходе сетевой воды на ввод G_c

Указанные задачи решаются для любой схемы присоединения системы отопления (зависимая, независимая) и любой схемы присоединения системы горячего водоснабжения (последовательная, смешанная, параллельная)

Помимо указанных параметров определяются расходы воды и ее температуры во всех характерных точках схемы (см рисунок 1), расходы тепла на систему отопления и тепловые нагрузки обеих ступеней подогревателя, потери напора теплоносителей в них Программа позволяет рассчитывать режимы абонентских вводов с любым типом теплообменников (кожухотрубные или пластинчатые)

Примечание – Для проведения расчетов по программе можно обратиться в ВТИ Лаборатория теплофикации Заведующий лабораторией д т н, проф *Зингер Н М*, н с *Любарская А И* тел 275-20-03, 275-00-23, доб 28-02

Приложение Л
(справочное)

Результаты расчетов требуемых параметров тепловых пунктов на ПЭВМ

Требуемые параметры теплового пункта зависят в основном от:

а) температурного графика, принятого на источнике;

б) относительной нагрузки горячего водоснабжения ρ;

в) установленного оборудования;

г) величины расчетной нагрузки отопления Q'_o.

При установке кожухотрубных теплообменников расход сетевой воды на тепловой пункт практически не зависит от диаметра корпуса теплообменника, а определяется соотношением числа секций I и II ступеней подогревателя горячего водоснабжения (z_1 и z_2). Оптимальные значения чисел секций обеих ступеней подогревателя для различных значений величины ρ (относительной нагрузки горячего водоснабжения $Q_г^{ср} / Q'_o$) для двух схем присоединения – последовательной и смешанной – приведены в таблице Л.1.

Таблица Л.1

Схема присоединения нагрузки горячего водоснабжения		Значения ρ					
		0,1	0,15	0,2	0,25	0,3	0,4
Последовательная схема	для I ступени	3	3	3	4	4	5
	для II ступени	3	3	4	4	5	7
Смешанная схема	для I ступени	2	3	3	3	4	5
	для II ступени	5	6	6	6	7	7

При указанном теплообменном оборудовании были проведены систематические расчеты на ПЭВМ тепловых режимов абонентов с различными значениями величины ρ как при отопительном, так и при повышенных температурных графиках. Температурные графики приведены на рисунке Л.1.

Соответствующие зависимости основных параметров – расхода сетевой воды на тепловой пункт и температуры обратной сетевой воды при средней нагрузке горячего водоснабжения – от относительной нагрузки отопления для двух указанных схем присоединения нагрузки горячего водоснабжения приведены на рисунках Л 2 и Л 3

Все расчеты проведены для теплового пункта с расчетной нагрузкой отопления Q'_o = 1,16 МВт (1 Гкал/ч) При любой другой нагрузке отопления расход сетевой воды изменяется пропорционально этой нагрузке для данного значения ρ абонента. Температуры зависят только от величины ρ абонента и не зависят от абсолютной величины нагрузки.

Для смешанной схемы основные параметры приведены только при отопительном температурном графике

Представление основных параметров в зависимости от относительной нагрузки отопления $Q_o = Q_o / Q'_o$, а не от температуры наружного воздуха, позволяет использовать их для любых климатических условий. Зависимость температуры наружного воздуха $t_н$ от относительной нагрузки отопления $\bar{Q}_o$ по формуле

$$t_н = t'_в - (t'_в - t'_н)\ \bar{Q}_o \qquad (Л.1)$$

при различных значениях расчетной для отопления температуре $t'_н$ приведена на рисунке Л 4

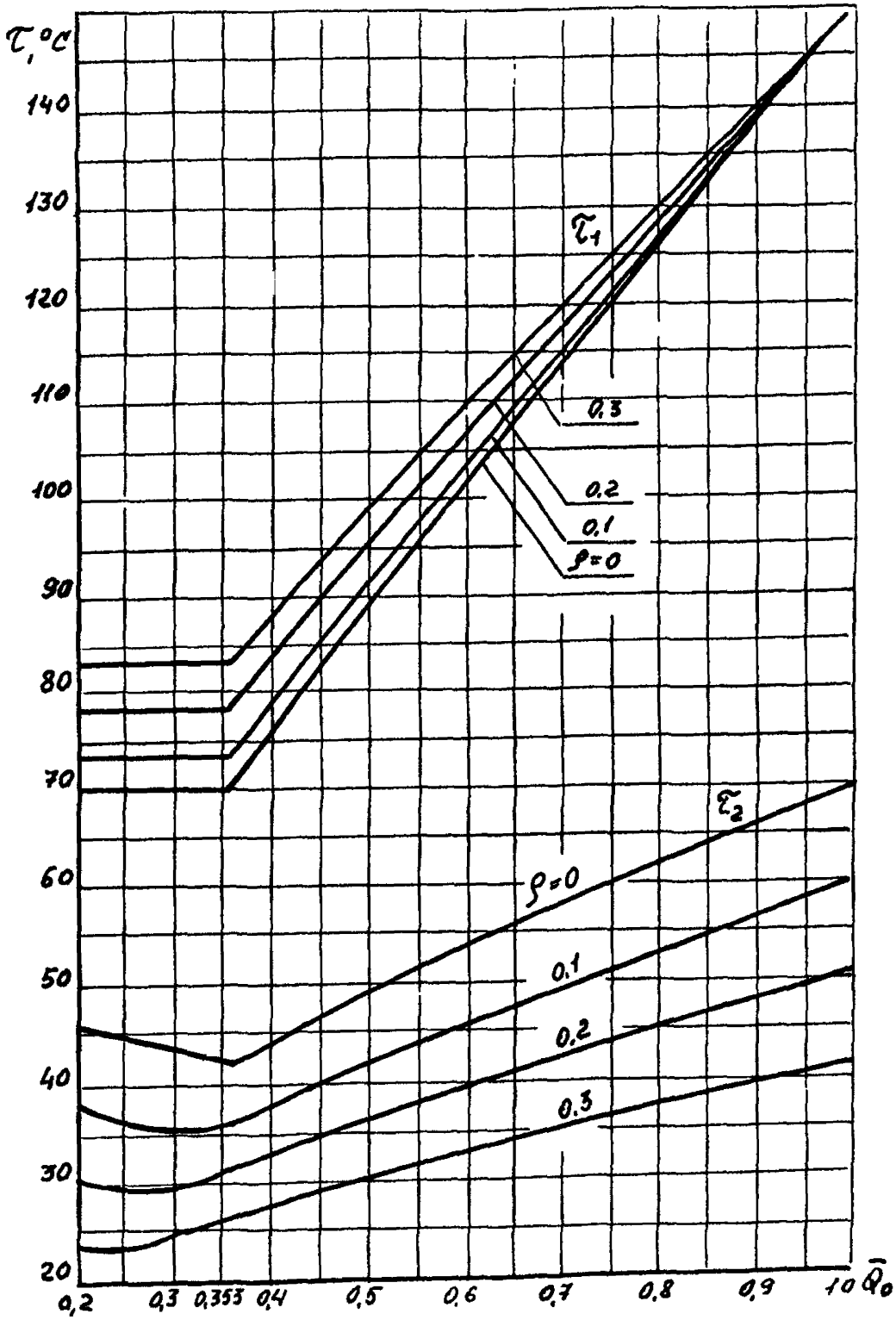
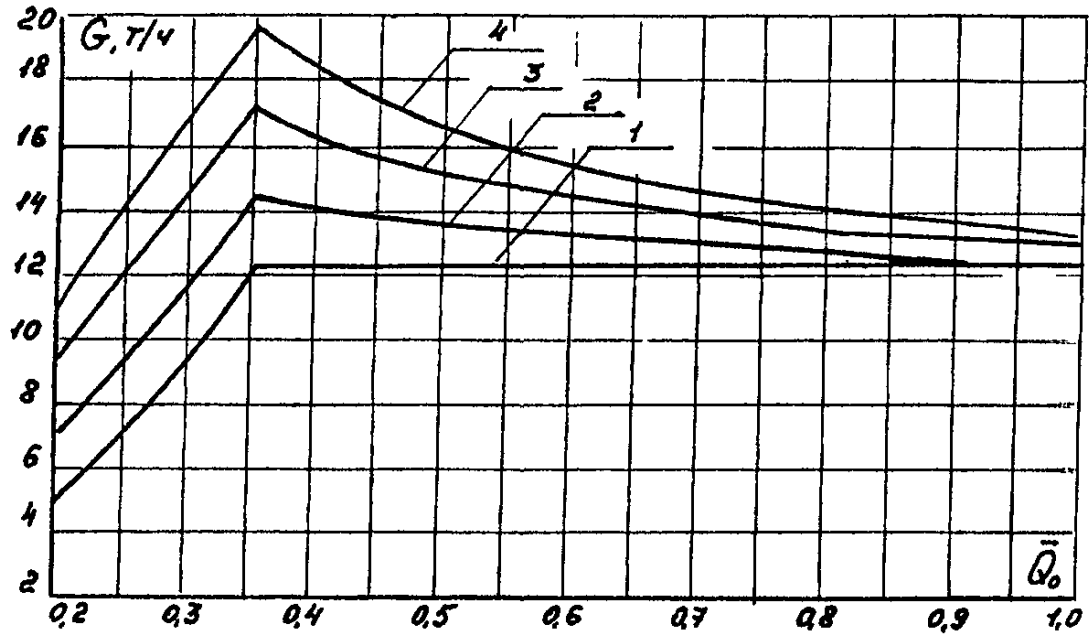


Рисунок Л.1 Отопительный и повышенные температурные графики



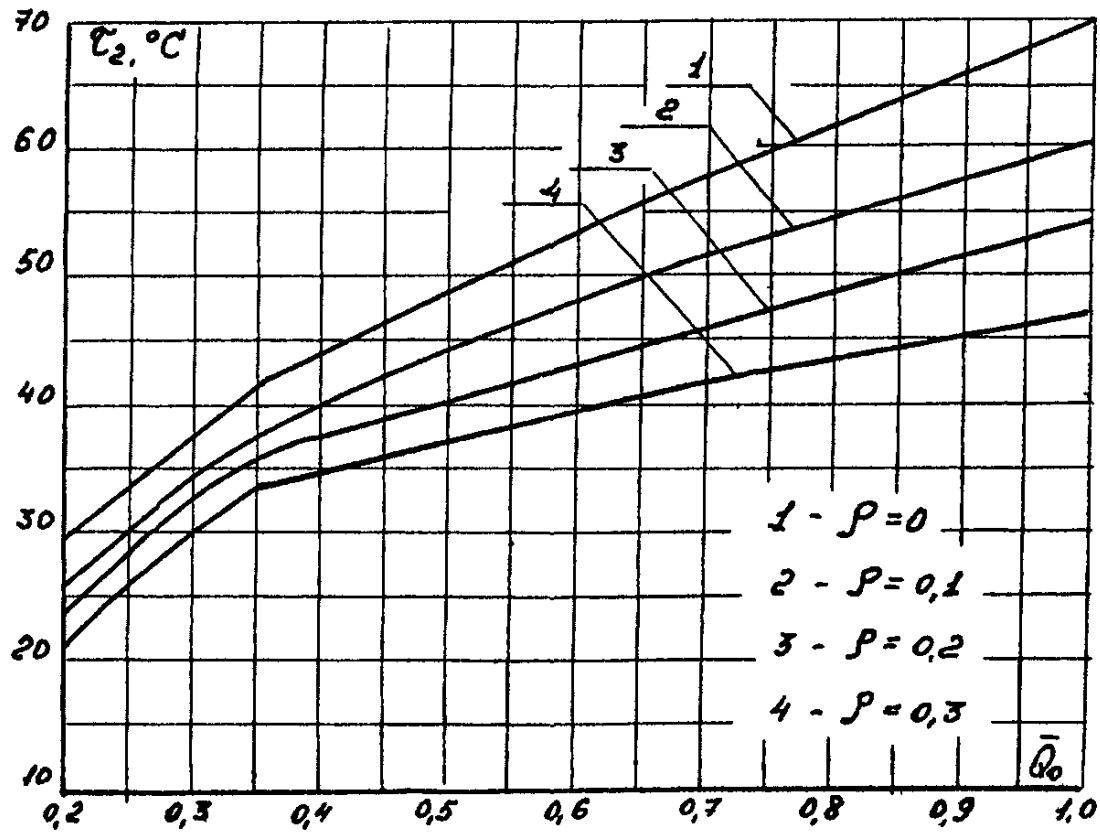
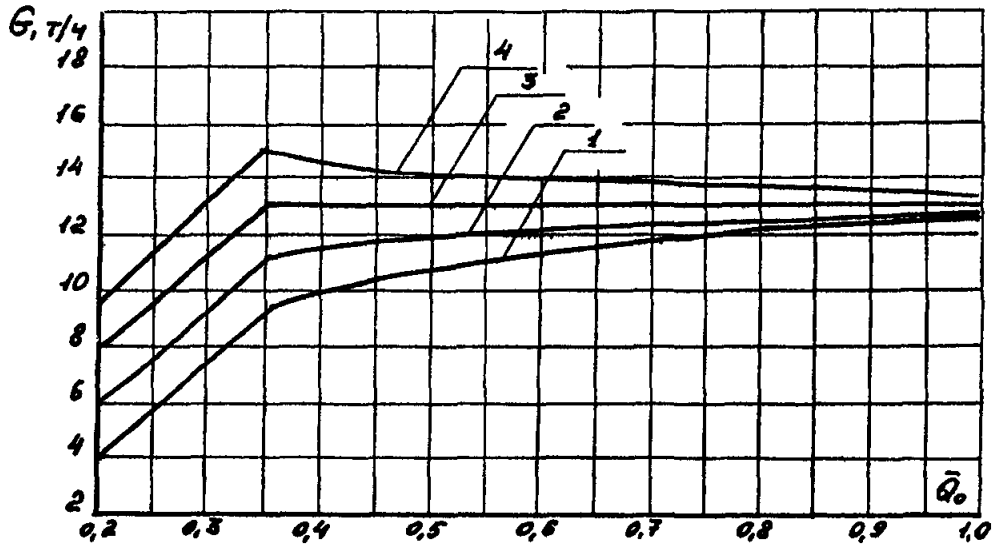


Рисунок Л 2, лист 1 Требуемые расходы и температуры обратной сетевой воды при средней нагрузке горячего водоснабжения Схема присоединения системы отопления зависимая Схема присоединения нагрузки горячего водоснабжения последовательная. Температурный график отопительный



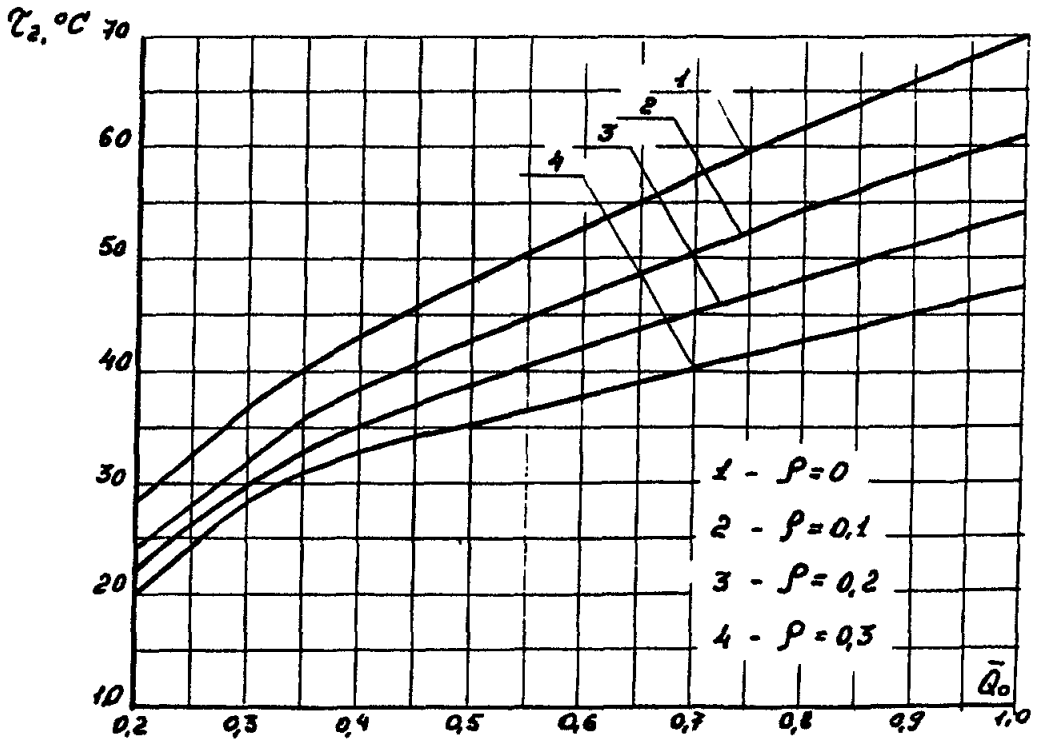
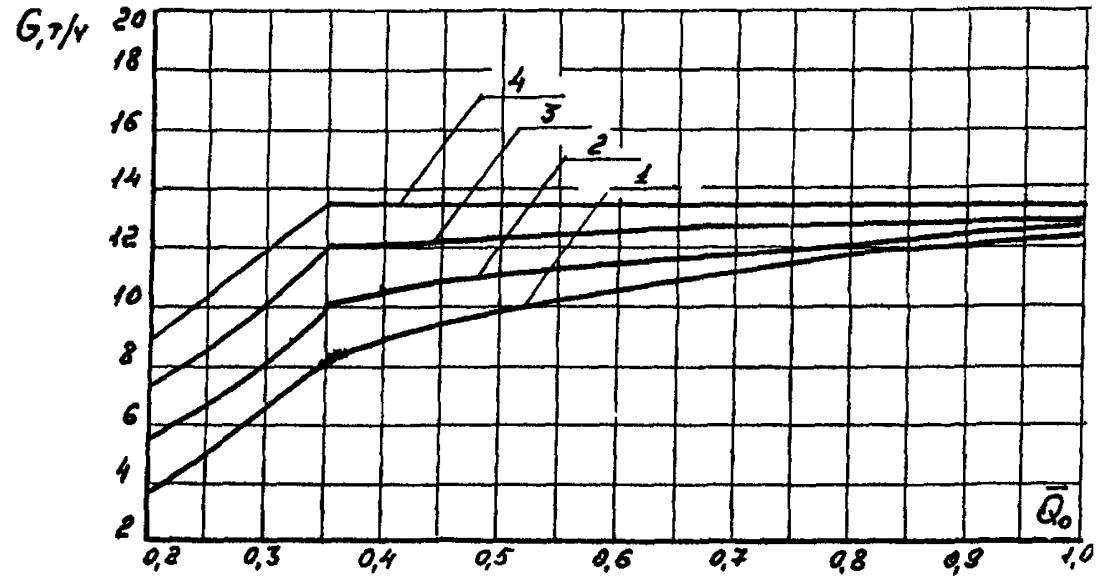


Рисунок Л.2, лист 2 Температурный график повышенный, рассчитанный на $\rho = 0{,}2$



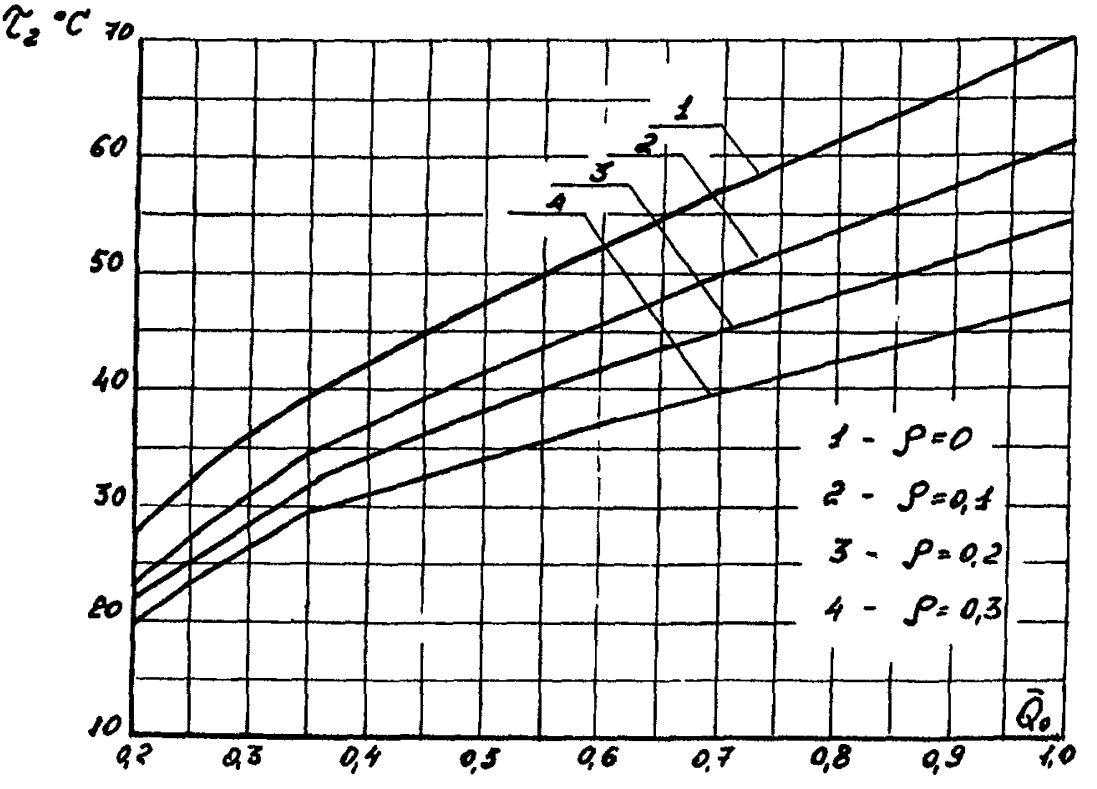


Рисунок 12 лист 3 Температурный график повышенный рассчитанный на ρ = 0,3

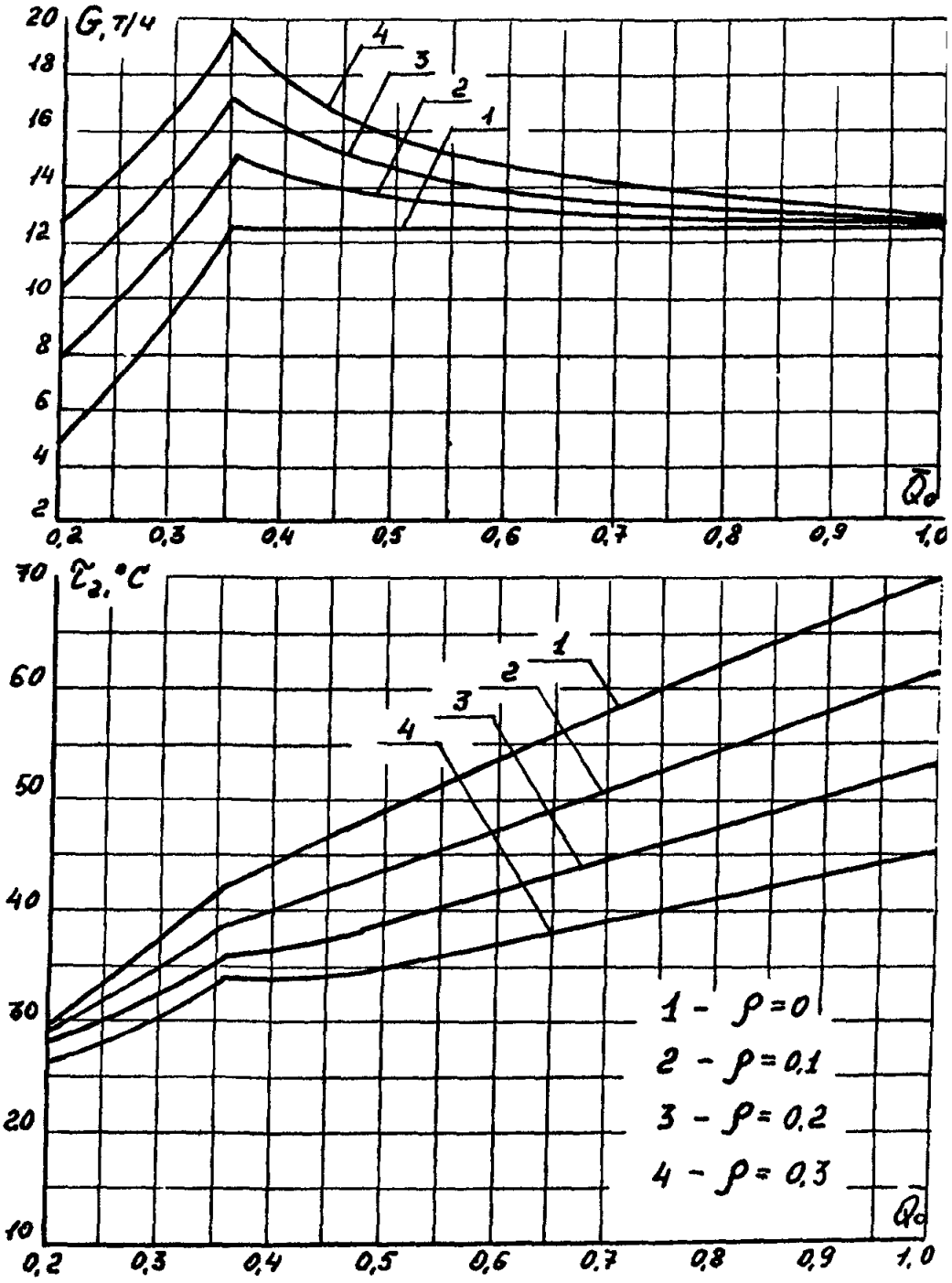


Рисунок Л.3 – Требуемые расходы и температуры обратной сетевой воды при средней нагрузке горячего водоснабжения. Схема присоединения системы отопления – зависимая Схема присоединения нагрузки горячего водоснабжения – смещанная. Температурныи график – отопительный

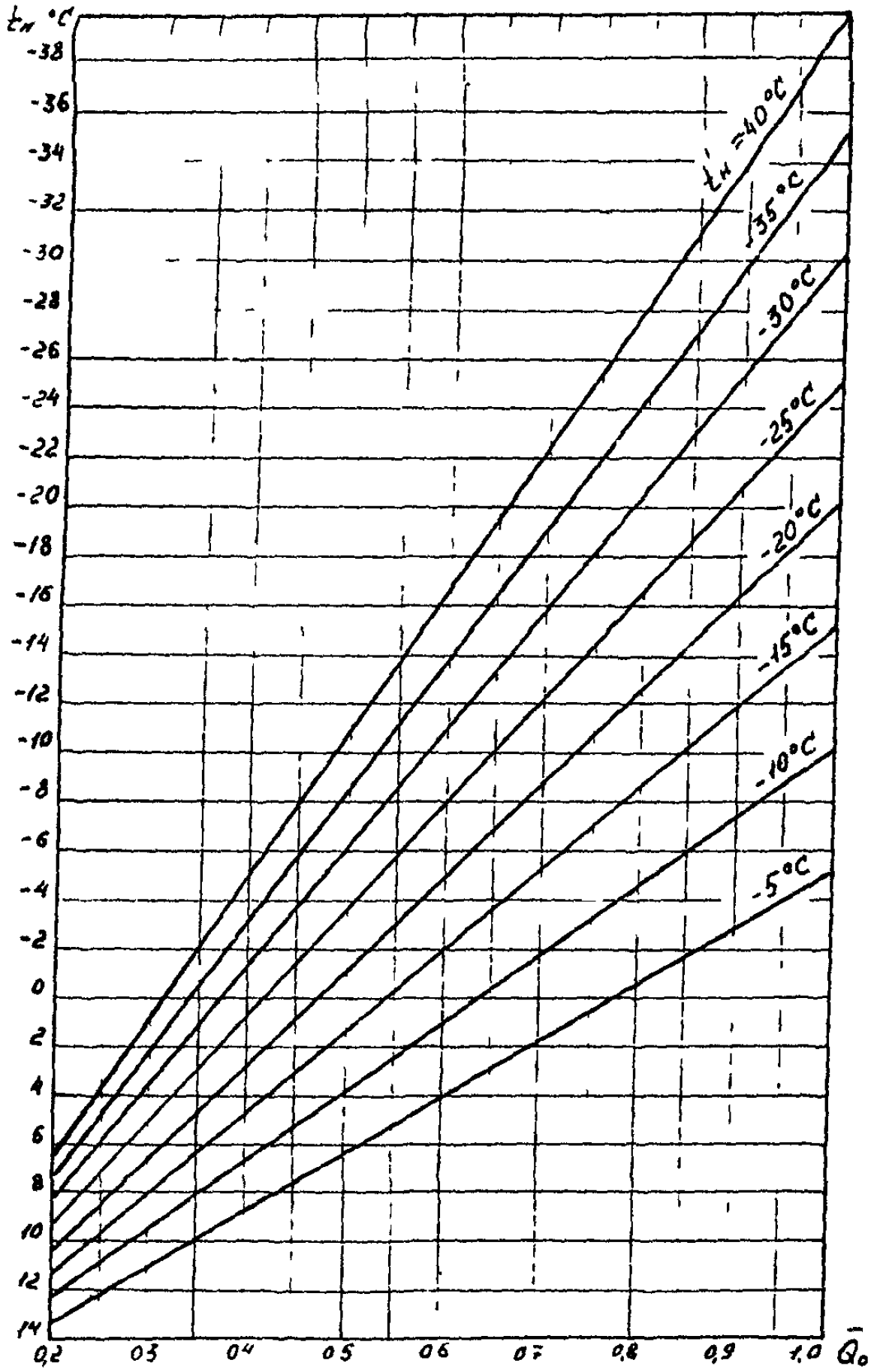


Рисунок Л4 — Зависимость температур наружного воздуха $t_н$ от расчетной относительной нагрузки отопления $\bar{Q}_o$ при разных значениях расчетной для отопления температуры наружного воздуха $t_н$

Приложение М
(рекомендуемое)

Уравнение характеристики системы отопления

М 1 Уравнение характеристики системы отопления, позволяющее определить ее тепловую нагрузку при любых расходах и температурах сетевой воды на входе в отопительную систему, имеет следующий вид

$$\overline{Q}_o = \frac{\tau_{o1} - t_н}{t'_в - t'_н + \dfrac{\Delta t'}{\overline{Q}_o^{0,2}} + \dfrac{0,5 + u}{1 + u} \cdot \dfrac{\delta\tau'_o}{\varphi}} \qquad (М.1)$$

где $\overline{Q}_o = \dfrac{Q_o}{Q'_o}$ – относительная нагрузка отопления;

$\delta\tau'_o$ – расчетный перепад температур в тепловой сети, определяется по формуле (1), $\delta\tau'_o = 80$ °С при отопительном температурном графике $\tau'_{o1} = 150$ °С и $\tau'_{o2} = 70$ °С;

$\Delta t'$ – расчетная средняя разность температур в системе отопления, определяется по формуле (2); $\Delta t' = 64,5$ °С при $\tau'_{o1} = 150$ °С, $\tau'_{o2} = 70$ °С, $u = 2,2$, $t'_в = 18$ °С;

$\varphi = \dfrac{G_o}{G'_o}$ – относительный расход сетевой воды на отопление;

G'_o – расчетный расход сетевой воды на отопление

$$G'_o = \frac{Q'_o}{\delta\tau'_o \cdot c}, \text{ кг/с} \qquad (М 2)$$

Задача решается методом последовательных приближений, т к неизвестная величина Q_o входит в правую и левую части уравнения Для определения требуемого системой отопления расхода сетевой воды нагрузка отопления Q_o при произвольной наружной температуре $t_н$ должна быть равна расчетной Q_o^p при этой температуре $t_н$

М 2 Уравнение характеристики отопительной системы, позволяющее определить ее тепловую производительность при отклонении любых режимных параметров от расчетных, удобно представить следующим образом

$$\frac{Q_o}{Q_o^p} = \frac{\tau_1 - t_н}{t'_в - t'_н + \dfrac{0,5 + u}{1 + u} \cdot \dfrac{\delta\tau'_o}{\varphi} + \Delta t' \left(\dfrac{Q_o^p}{Q_o}\right)^{0,2} \left(\dfrac{t'_в - t'_н}{t'_в - t_н}\right)^{0,2}} \cdot \frac{t'_в - t'_н}{t'_в - t_н} \qquad (М 3)$$

где Q_o^p, Q_o – расчетная и фактическая нагрузки отопления при произвольной наружной температуре $t_н$, Q_o^p определяется по формуле (6)

По найденному значению $\dfrac{Q_o}{Q_o^p}$ могут быть определены абсолютные значения внутренней температуры $t_в$ и температуры обратной сетевой воды τ_{o2}

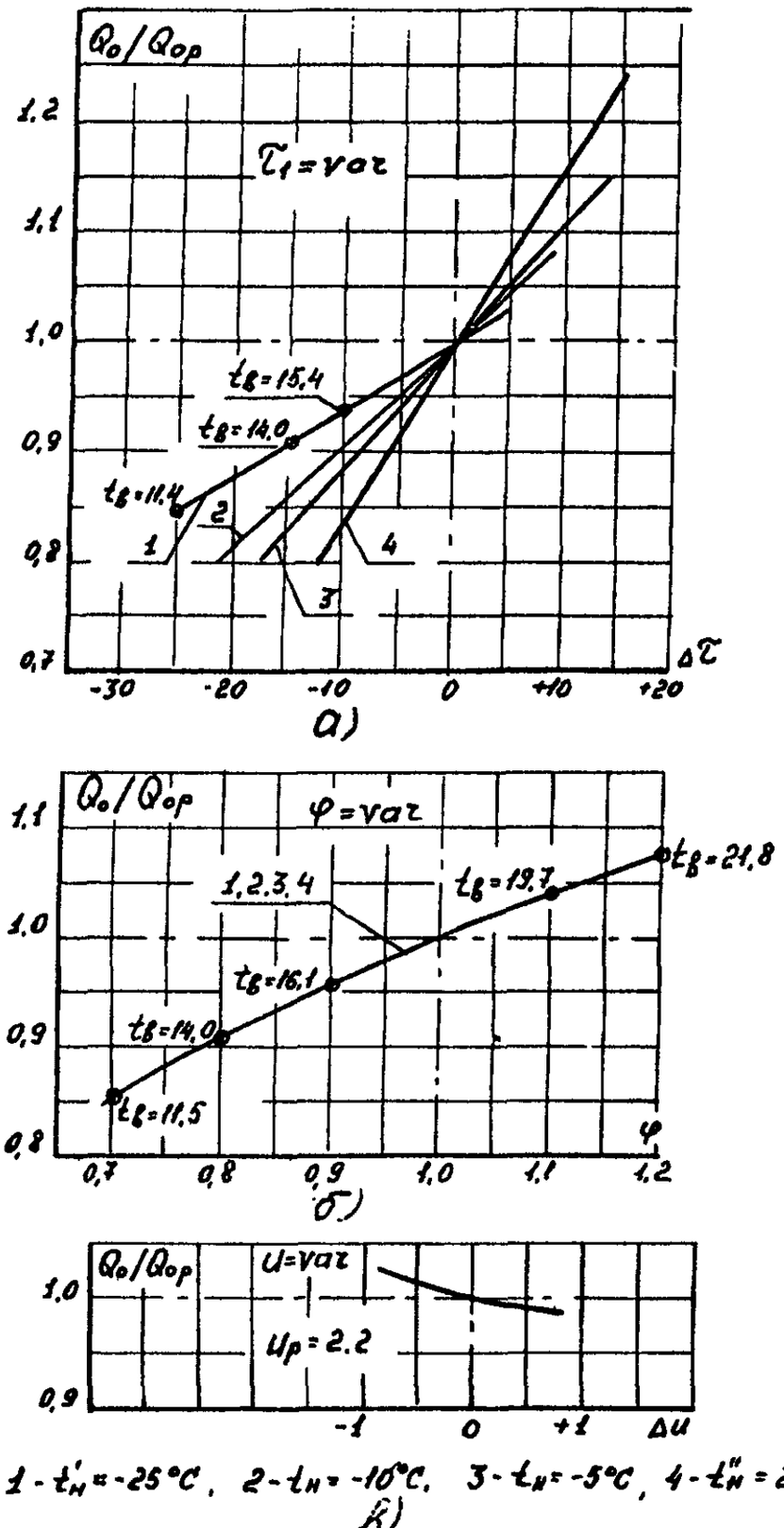


Рисунок М 1 – Относительные расходы тепла на отопление Q_o/Q_{op} при отклонении от расчетных значений следующих параметров *а* – температуры сетевой воды τ_1; *б* – относительного расхода сетевой воды φ; *в* – коэффициента смешения u

$$t_в = t_н + \frac{Q_o}{Q_o^p}(t'_в - t_н), \qquad (М4)$$

$$\tau_{o2} = \tau_{o1} - \frac{Q_o}{\varphi\ G'_o\ c}. \qquad (М5)$$

На рисунке М1 при различных наружных температурах показано влияние на относительный расход тепла на отопление отклонения в обе стороны от расчетных значений следующих параметров

а) температуры сетевой воды τ_1,

б) относительного расхода сетевой воды φ,

в) *коэффициента смешения* u

На *кривых для температуры наружного воздуха* $t'_н = -25$ °С указаны соответствующие относительному расходу тепла внутренние температуры $t_в$

По приведенному уравнению можно определить тепловую производительность отопительной системы при одновременном изменении всех трех указанных параметров

Так например, при $t_н = -10$ °С температура воды в сети τ_1 ниже, чем по отопительному графику, на 5 °С, т е $\tau_1 = 102{,}5$ °С, $\varphi = 1{,}15$, $u = 2{,}2$ При этих условиях по указанной выше формуле

$$\overline{Q}_o = \frac{Q_o}{Q_o^p} = 1{,}01, \quad t_в = 18{,}3\ °С$$

М3 Уравнение характеристики позволяет также определить фактические расходы тепла и воды только по измеренным температурам сетевой воды до и после системы отопления τ_{o1} и τ_{o2} путем сопоставления их с расчетными значениями при данной наружной температуре $t_н$

Для решения указанной задачи уравнение характеристики представляется в следующем виде

$$\overline{Q}_o = \frac{\frac{0{,}5}{1+u}\tau_{o1} + \frac{0{,}5+u}{1+u}\tau_{o2} - t_н}{t'_в - t'_н + \frac{\Delta t'}{\overline{Q}_o^{02}}}, \qquad (М6)$$

где $\overline{Q}_o = \frac{Q_o}{Q'_o}$ – фактическая относительная нагрузка отопления при температуре $t_н$

$$\overline{Q}_o = \frac{t_в - t_н}{t'_в - t'_н}. \qquad (М7)$$

Как следует из этого уравнения, завышение температур τ_{o1} и τ_{o2} по сравнению с расчетными значениями приводит к увеличению относительной нагрузки отопления, т е к перерасходу тепла, занижение этих температур приводит к недодаче тепла на отопление

При отклонении температур τ_{o1} *и* τ_{o2} *от расчетных значений по температурному графику фактический относительный расход тепла* $\overline{Q}_o$ *при произвольной температуре наружного воздуха* $t_н$ *равен*

$$\bar{Q}_o = \bar{Q}_o^p + \Delta\bar{Q} \ , \qquad (М\,8)$$

где $\bar{Q}_o^p$ – относительный расчетный расход тепла на отопление;

$\Delta\bar{Q}_o$ – относительный перерасход или недодача тепла на отопление.

Величина $\Delta\bar{Q}_o$ определяется из следующего выражения

$$\Delta\bar{Q}_o = \bar{q}_1\,\Delta\tau_{o1} + \bar{q}_2\cdot\Delta\tau_{o2} \ , \qquad (М.9)$$

где $\Delta\tau_{o1}$ и $\Delta\tau_{o2}$ – отклонения фактических значений τ_{o1} и τ_{o2} от расчетных значений по графику:

$$\Delta\tau_{o1} = \tau_{o1} - \tau_{o1}^p ; \qquad \Delta\tau_{o2} = \tau_{o2} - \tau_{o2}^p ,$$

$\bar{q}_1$ и $\bar{q}_2$ – коэффициенты изменения относительной отопительной нагрузки на 1 градус отклонения температур от расчетных значений:

$$\bar{q}_1 = \frac{0{,}5}{(1+u)\left(t'_в - t'_н + 0{,}8\dfrac{\Delta t'}{\bar{Q}_o^{0{,}2}}\right)} ; \qquad (М\,10)$$

$$\bar{q}_2 = \frac{(0{,}5+u)}{(1+u)\left(t'_в - t'_н + 0{,}8\dfrac{\Delta t'}{\bar{Q}_o^{0{,}2}}\right)} . \qquad (М.11)$$

Определив таким образом фактический относительный расход тепла $\bar{Q}_o$, можно из уравнения характеристики определить относительный фактический расход сетевой воды по формуле

$$\varphi = \frac{\dfrac{0{,}5+u}{1+u}\delta\tau'_o}{\dfrac{\tau_{o1}-t_н}{\bar{Q}_o} - \left(t'_в - t'_н\right) - \dfrac{\Delta t'}{\bar{Q}_o^{0{,}2}}} . \qquad (М.12)$$

Относительный расход воды может быть определен также и по формуле

$$\varphi = \frac{\bar{Q}_o^p + \Delta\bar{Q}_o}{\bar{Q}_o^p + \dfrac{\Delta\tau_1 - \Delta\tau_2}{\delta\tau'_o}} \qquad (М.13)$$

Источник 1 Соколов Е Я Теплофикация и тепловые сети М · Энергоиздат, 1982 – 360 с ил
2 Зингер Н М Гидравлические и тепловые режимы теплофикационных систем – М Энергоатомиздат, 1986 360 с. ил
3. Соколов Е Я, Сафонов А П, Воронкова Н А Метод контроля отопительной нагрузки// Электрические станции 1990 № 9

Приложение Н
(рекомендуемое)

Тепловые характеристики водо-водяных теплообменников

Н.1 Уравнение характеристики водо-водяных теплообменников

Тепловая нагрузка водо-водяных теплообменников при противоточном течении теплоносителей определяется по формуле

$$Q = \varepsilon \cdot W_м \nabla. \qquad (Н.1)$$

Безразмерная удельная тепловая нагрузка теплообменника определяется из уравнения

$$\varepsilon = \frac{1}{0{,}35 \cdot \frac{W_м}{W_б} + 0{,}65 + \frac{1}{Ф}\sqrt{\frac{W_м}{W_б}}} \le 1. \qquad (Н.2)$$

Параметр подогревателя Ф, характеризующий поверхность теплообменника, является величиной постоянной и определяется по формуле

$$Ф = \frac{к \cdot F}{\sqrt{W_б \cdot W_м}} \qquad (Н.3)$$

На основе расчетных и экспериментальных исследований была предложена следующая формула для определения удельного (отнесенного к 1 м суммарной длины всех последовательно включенных секций теплообменника) параметра кожухотрубных теплообменников:

$$Ф_у = Ф_у^о \cdot (1 + 0{,}003\ t_{мт}^{ср})(1 + 0{,}008\ t_т^{ср}),\ м^{-1}, \qquad (Н.4)$$

где $Ф_у^о$ – удельный параметр подогревателя при температурах обоих теплоносителей, равных 0 °С,

$t_{мт}^{ср}$, $t_т^{ср}$ – средние температуры теплоносителей в межтрубном пространстве и в трубках подогревателя.

Значение $Ф_у^о$ с достаточной степенью точности можно принимать равным 0,1 $м^{-1}$

Н.2 Пример использования уравнения характеристики теплообменных аппаратов для определения расхода сетевой воды

Н.2.1 Исходные данные

Имеется тепловой пункт (абонентский ввод) с зависимым присоединением системы отопления и смешанной схемой присоединения подогревателей горячего водоснабжения На вводе установлен регулятор постоянства расхода воды на систему отопления.

Расчетная нагрузка отопления $Q_o' = 1{,}16$ МВт(1 Гкал/ч).

Максимальная нагрузка горячего водоснабжения

$Q_г^{макс} = 0{,}768$ МВт (0,66 Гкал/ч)

На вводе установлены водо-водяные кожухотрубные теплообменники, на первой ступени 4 секции, на второй – 7 секций

Температурный график в тепловой сети – отопительный

при $t'_н = -25$ °С $\tau_{o1} = 150$ °С, $\tau'_{o2} = 70$ °С, при температуре излома графика $t_н =$ $= 2{,}8\ 5$ °С $\tau_{o1} = 70$ °С, $\tau_{o2} = 41{,}7$ °С

Температуры всдопроводной воды на входе $t_2 = 5$ °С, на выходе $t_1 = 60$ °С

Рециркуляция горячей воды отсутствует

Требуется определить расход сетевой воды на вторую ступень подогревателя и на ввод и температуру обратной сетевой воды при $t_н = 2{,}8$ °С и максимальной нагрузке горячего водоснабжения

Н 2 2 Определение параметров первой и второй ступеней теплообменника Φ_I и Φ_{II}

При расчете подогревателей по смешанной схеме были приняты следующие исходные данные температура сетевой воды после второй ступени подогревателя в точке излома графика равна температуре сетевой воды после системы отопления, т е $\tau_{II} = \tau_{o2} = \tau_c = 41{,}7$ °С

Недогрев водопроводной воды в первой ступени подогревателя равен 10 °С, т е температура водопроводной воды после первой ступени $t_п = 41{,}7 - 10 = 31{,}7$ °С

При этих условиях средние температуры теплоносителей

для первой ступени $t_т^{ср} = 18{,}35$ °С,

$t_{мт}^{ср} = 35{,}15$ °С,

для второй ступени $t_т^{ср} = 45{,}85$ °С,

$t_{мг}^{ср} = 55{,}85$ °С

Значения удельных параметров
для первой ступени

$$\Phi_у = 0{,}1(1 + 0{,}003 \quad 35{,}15)(1 + 0{,}008 \quad 18{,}35) = 0{,}127 \text{ м}^{\ 1},$$

для второи ступени

$$\Phi_у = 0{,}1(1 + 0{,}003 \quad 55{,}85)(1 + 0{,}008 \quad 44{,}85) = 0{,}159 \text{ м}^{-1}$$

При длине одной секции 4 м параметры первой и второй ступеней равны
$\Phi_I = 0{,}127 \quad 4 \quad 4 = 2{,}027,$
$\Phi_{II} = 0{,}159 \quad 7 \quad 4 = 4{,}466$

Н 2 3 Определение расхода сетевой воды и температур сетевой и водопроводной воды

Эквивалент расхода сетевой воды на горячее водоснабжение W_{II} определяется из решения следующей системы уравнений

тепловая нагрузка второй ступени

$$Q_{II} = \iota_{II} \quad W_{мII} \quad (\tau_1 - t_{II}) = W_в(t_1 - t_{II}) = W_{II}(\tau_1 - \tau_{II}),$$

тепловая нагрузка первой ступени

$$Q_I = \varepsilon_I \quad W_{мI} (\tau_c - t_2) = W_в(t_п - t_1), \qquad (Н6)$$

уравнение смешения

$$W_{II}\,\tau_{II} + W_o\,\tau_{o2} = (W_{II} + W_o)\,\tau_c \qquad (Н7)$$

В этих уравнениях $W_{мII}$ и $W_{мI}$ – меньшие значения тепловых эквивалентов расходов, проходящих через вторую и первую ступени подогревателя

Эквивалент расхода водопроводной воды $W_в$ равен

$$W_в = \frac{Q_г^{макс}}{t_1 - t_2} = \frac{0{,}768}{60-5} = 0{,}014 \ \frac{МВт}{К} \ (0{,}012 \ Гкал/ч \ °С),$$

что соответствует расходу водопроводной воды 3,33 кг/с или 12 т/ч

Эквивалент расхода воды на систему отопления W_o равен

$$W_o = \frac{Q_o}{\delta\tau_o'} = \frac{1{,}16}{80} = 0{,}0145 \ \frac{МВт}{К} \ (0{,}0125 \ Гкал/ч \ °С),$$

что соответствует расходу сетевой воды 3,47 кг/с или 12,5 т/ч

Эта система уравнений решается следующим образом Задают расход воды на вторую ступень G_{II} (или его эквивалент W_{II}) и определяют по формуле (Н2) значения безразмерной удельной тепловой нагрузки первой и второй ступеней подогревателя ε_I и ε_{II} В приведенных выше уравнениях содержатся четыре неизвестные величины t_1, $t_п$, τ_{II}, τ_c Из решения системы уравнений определяется t_1 Если t_1 не равно 60 °С, то расчет повторяется при другом значении W_{II}

Принимаем W_{II} равным 0,014 МВт/К (0,012 Гкал/ч °С), что соответствует расходу воды 3,33 кг/с или 12 т/ч Эквивалент расхода сетевой воды через первую ступень

$$(W_o + W_{II}) = 0{,}014 + 0{,}0145 = 0{,}0285 \ МВт/К \ (0{,}0245 \ Гкал/ч \ °С)$$

Определяем по формуле (Н2) ε_I и ε_{II}

$$\varepsilon_I = \frac{1}{0{,}35\frac{0{,}014}{0{,}0285} + 0{,}65 + \frac{1}{2{,}027}\sqrt{\frac{0{,}014}{0{,}0285}}} = 0{,}858,$$

$$\varepsilon_{II} = \frac{1}{0{,}35\frac{0\,014}{0{,}014} + 0{,}65 + \frac{1}{4\,466}\sqrt{\frac{0\,014}{0{,}014}}} = 0{,}817$$

Подставляя в уравнения известные величины, получаем следующую систему уравнений

$0{,}817 \quad 0{,}014(70 - t_п) = 0{,}014(t_1 - t_п)$

$0{,}817 \quad 0{,}014(70 - t_п) = 0{,}014(70 - \tau_{II})$

$0{,}858 \quad 0{,}014(\tau_c - 5) = 0{,}014(t_п - 5)$

$0{,}014 \quad \tau_{II} + 0{,}0145 \quad 41{,}7 = 0{,}0285 \quad \tau_c$

Из решения этой системы $t_1 = 63{,}97$ °С

Поскольку t_1 превышает требуемое значение 60 °С задаемся новым значением W_{II} Принимаем $W_{II} = 0{,}0114$ МВт/К (0,0098 Гкал/ч °С), что соответствует расходу 2,72 кг/с или 9,8 т/ч

При этом значении W_{II} $\varepsilon_I = 0{,}833$, $\varepsilon_{II} = 0{,}879$

Уравнения (Н 5 – Н 7) принимают вид

$0{,}879 \quad 0{,}0114(70 - t_п) = 0{,}014(t_1 - t_п)$

$0{,}879 \quad 0{,}0114(70 - t_п) = 0{,}0114(70 - \tau_{II})$

$0{,}833 \quad 0{,}014(\tau_c - 5) = 0{,}014\ (t_п - 5)$

$0{,}0114 \quad \tau_{II} + 0{,}0145 \quad 41{,}7 = 0{,}0259 \quad \tau_c$

Из решения этой системы уравнений

$t_1 = 59{,}98$ °С, $t_п = 34{,}5$ °С, $\tau_{II} = 38{,}8$ °С, $\tau_c = 40{,}4$ °С

Поскольку t_1 практически равно 60 °С дальнейшего пересчета не требуется

Расход сетевой воды на ввод составит

$G_c = G_o + G_{II} = 3{,}47 + 2{,}72 = 6{,}19$ кг/с (22,3 т/ч)

Температура обратной сетевой воды определяется из уравнения теплового баланса первой ступени

$$\tau_2 = \tau_c - \frac{W_в(t_п - 5)}{(W_{II} + W_o)}, \qquad (Н\,8)$$

$$\tau_2 = 40{,}4 - \frac{0{,}014(34{,}5 - 5)}{0{,}0259} = 24{,}45\ °С$$

Приведенный пример показывает большую трудоемкость расчета и необходимость использования для этой цели ПЭВМ

Н 3 Примеры применения уравнения характеристики для оценки эффективности работы теплообменника

Н 3 1 Пример 1

Пусть для I ступени подогревателя известны следующие данные

расход водопроводной воды $G_в = 2{,}78$ кг/сек (10 т/ч), температуры водопроводной воды на входе $t_2 = 5$ °С, на выходе $t_1 = 35$ °С, температуры сетевой воды на входе $\tau_1 = 60$ °С, на выходе $\tau_2 = 40$ °С

Установлено 3 секции теплообменника $D_y = 200$ мм

На основе известных данных определим тепловую нагрузку теплообменника и расход сетевой воды

$Q = G_в\, c(t_1 - t_2) = 2{,}78 \quad 4{,}19\ (35 - 5) = 349{,}2$ кВт (0,3 Гкал/ч),

$$G_c = \frac{Q}{c(\tau_1 - \tau_2)} = \frac{349{,}2}{4{,}19(60 - 40)} = 4{,}17\ кг/сек\ (15т/ч)$$

С помощью уравнения характеристики определим, какая должна быть тепловая нагрузка данного теплообменника, т е насколько эффективно он работает

Средняя температура греющего теплоносителя $t_{мт}^{ср} = 50$ °С

Средняя температура нагреваемого теплоносителя $t_{т}^{ср} = 20$ °С

Удельный параметр $\Phi_у = 0{,}1(1 + 0{,}003 \quad 50)(1 + 0{,}008 \quad 20) = 0{,}133$ м$^{-1}$

При числе секций z = 3 и длине одной секции 4 м параметр теплообменника $\Phi = 0{,}133 \quad 3 \quad 4 = 1{,}601$

Безразмерная удельная тепловая производительность

$$\varepsilon = \frac{1}{0{,}35\ \frac{2{,}78}{4{,}17} + 0{,}65 + \frac{1}{1{,}601}\ \sqrt{\frac{2{,}78}{4{,}17}}} = \frac{1}{1{,}393} = 0{,}718$$

По уравнению характеристики определяем тепловую нагрузку

$Q = 0{,}718 \quad 2{,}78 \quad 4{,}19 \quad (60 - 5) = 459{,}2$ кВт (0,395 Гкал/ч)

При этом значении Q уточним значения температур теплоносителей на выходе из теплообменника и средние температуры теплоносителей

$$\tau_2 = \tau_1 - \frac{Q}{G_c \ c} = 60 - \frac{459{,}2}{4{,}17 \ \ 4{,}19} = 33{,}7 \text{ °С},$$

$$t_2 = t_1 + \frac{Q}{G_в \ c} = 5 + \frac{459{,}2}{2{,}78 \ \ 4{,}19} = 44{,}4 \text{ °С},$$

$$t_{мт}^{ср} = (60 + 33{,}7) \quad 0{,}5 = 46{,}8 \text{ °С},$$

$$t_{т}^{ср} = (5 + 44{,}4) \quad 0{,}5 = 24{,}7 \text{ °С}$$

Уточняем новое значение удельного параметра $\Phi_у$

$\Phi_у = 0{,}1(1 + 0{,}003 \quad 46{,}8)\ (1 + 0{,}008 \quad 24{,}7) = 0{,}1366$ м$^{-1}$

При числе секций z = 3 новое значение параметра и безразмерной удельной тепловой производительности

$\Phi = 0{,}1366 \quad 12 = 1{,}639,$

$$\varepsilon = \frac{1}{0{,}35\ \frac{2{,}78}{4{,}17} + 0{,}65 + \frac{1}{1{,}639}\ \sqrt{\frac{2{,}78}{4{,}17}}} = 0{,}724$$

Уточненное значение тепловой нагрузки теплообменника

$Q = 0{,}724 \quad 2{,}78 \quad 4{,}19\ (60 - 5) = 463{,}3$ кВт (0,398 Гкал/ч)

Эффективность работы теплообменника

$\beta = \frac{349{,}2}{463{,}3} = 0{,}75$, что можно считать вполне допустимым

Н32 Пример 2

Примем, что при тех же исходных данных на вводе установлено 6 секций теплообменника, и определим его тепловую эффективность

Определяем параметр теплообменника и безразмерную удельную тепловую производительность

$$\Phi = 0{,}133 \quad 6 \quad 4 = 3{,}202$$

$$\varepsilon = \frac{1}{0{,}35\ \frac{2{,}78}{4{,}17} + 0{,}65 + \frac{1}{3{,}202}\ \sqrt{\frac{2{,}78}{4{,}17}}} = 0{,}879.$$

Тепловая производительность теплообменника по уравнению характеристики

$$Q = \varepsilon\ W_м\ \ \nabla = 0{,}879 \quad 2{,}78 \quad 4{,}19 \quad (60 - 5) = 562{,}3 \text{ кВт } (0{,}483 \text{ Гкал/ч})$$

Определяем температуры теплоносителей на выходе

$$\tau_2 = 60 - \frac{562{,}3}{4{,}17\ \ 4{,}19} = 27{,}8\ ^\circ\text{C},$$

$$t_2 = 5 + \frac{562{,}3}{2{,}78\ \ 4{,}19} = 53{,}3\ ^\circ\text{C}$$

При этом расчетный недогрев на горячем конце составит

$\delta t = 60 - 53{,}3 = 6{,}7\ ^\circ\text{C}$

По исходным данным величина этого недогрева составляет

$\delta t = 60 - 35 = 25\ ^\circ\text{C}$, что свидетельствует о низкой эффективности теплообменника

Величина тепловой эффективности

$$\beta = \frac{349{,}2}{562{,}3} = 0{,}62$$

Источник 1 Соколов Е Я Теплофикация и тепловые сети – М Энергоиздат 1982 – 320 с
2 Зингер Н М Гидравлические и тепловые режимы теплофикационных систем М Энергоатомиздат, 1986 – 360 с ил

Приложение П
(справочное)

Сопротивления кожухотрубных теплообменников

Таблица П.1

Наименование	Наружный диаметр корпуса секции							
	57	76	89	114	168	219	273	325
Сопротивление трубок $S_{тр}$, м·ч^2/м^6	$106{,}4 \cdot 10^{-3}$	$35{,}1 \cdot 10^{-3}$	$11{,}9 \cdot 10^{-3}$	$4{,}80 \cdot 10^{-3}$	$1{,}26 \cdot 10^{-3}$	$0{,}42 \cdot 10^{-3}$	$0{,}14 \cdot 10^{-3}$	$0{,}07 \cdot 10^{-3}$
Сопротивление межтрубного пространства, $S_{мт}$, м·ч^2/м^6	$63{,}1 \cdot 10^{-3}$	$15{,}6 \cdot 10^{-3}$	$10{,}3 \cdot 10^{-3}$	$3{,}40 \cdot 10^{-3}$	$0{,}57 \cdot 10^{-3}$	$0{,}196 \cdot 10^{-3}$	$0{,}09 \cdot 10^{-3}$	$0{,}04 \cdot 10^{-3}$

Источник: ГОСТ 27590–88, Подогреватели водо-водяные систем теплоснабжения. – М.: Издательство стандартов, 1988.

Приложение Р
(справочное)

Пример проведения энергообследования центрального теплового пункта

Р 1 Описание ЦТП и его оборудования

ЦТП обслуживает 5 шестнадцатиэтажных и 2 семнадцатиэтажных здания Суммарная тепловая нагрузка ЦТП составляет 4,45 МВт (3,8 Гкал/ч), в том числе

расчетная отопления	3,41 МВт (2,93 Гкал/ч)
средняя горячего водоснабжения	1,04 МВт (0,89 Гкал/ч)

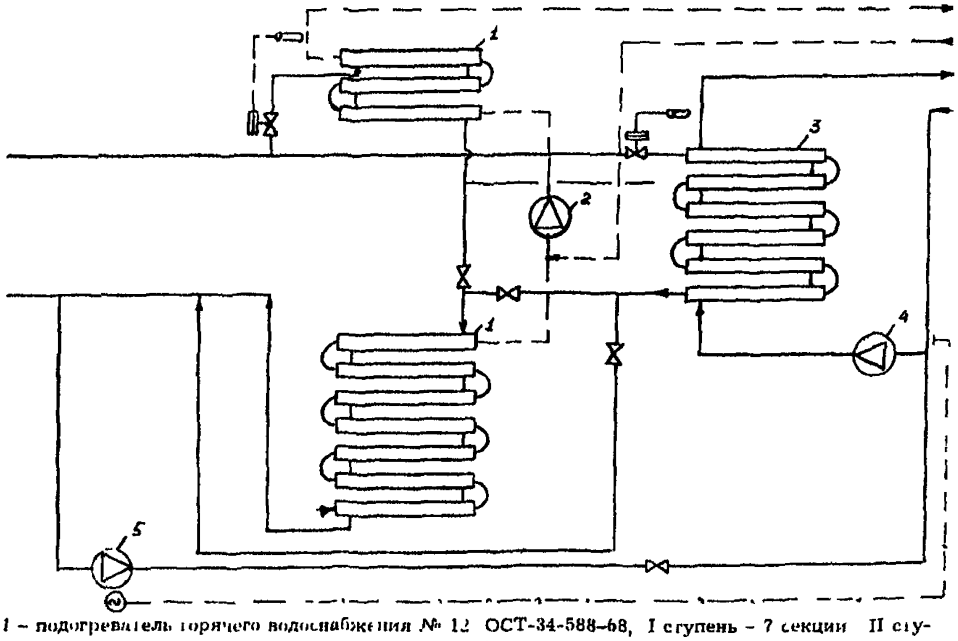
Число жителей 2285 человек

ЦТП получает тепло в виде горячей воды от котельной

Система отопления присоединена к тепловой сети по независимой схеме через водо-водяной теплообменник, система горячего водоснабжения – по двухступенчатой смешанной схеме

Температурный график от котельной – отопительный, в квартальной сети после подогревателя отопления график 105–70 °С с установкой дроссельных шайб в зданиях Схема ЦТП с указанием основного теплообменного и насосного оборудования, а также КИП и автоматики приведена на рисунке Р 1

Задачей энергообследования являлось определение фактических тепловых нагрузок, расходов и температур теплоносителей, а также оценка эффективности работы оборудования и разработка рекомендаций по энергосбережению



1 – подогреватель горячего водоснабжения № 12 ОСТ-34-588-68, I ступень – 7 секции II ступень – 3 секции 2 – циркуляционный насос К-90/20, 3 шт, 3 – подогреватель отопления № 14 ОСТ-34-588-68, 6 секций, 4 – отопительные насосы К-90/55А, 5 – подпиточный насос ВК 2х2В, 2 шт

Рисунок Р 1 – Принципиальная тепловая схема ЦТП

Р.2 Система отопления

Поскольку значение проектной нагрузки известно, были рассчитаны на ПЭВМ режимы работы системы отопления при проектной нагрузке

Q_o = 3,41 МВт (2,93 Гкал/ч).

Соответствующие зависимости нагрузки отопления, температур сетевой воды и в квартальной сети, а также расходов воды сетевой и в квартальной сети от температуры наружного воздуха представлены на рисунке Р.2.

Измерялись следующие параметры:

температуры сетевой воды перед и после подогревателя отопления $\tau_{п1}$ и $\tau_{п2}$;

температуры в квартальной сети перед и после подогревателя отопления τ_{o2} и τ_{o1};

расход сетевой воды на подогреватель отопления $G_п$;

расход в квартальной сети (сети отопления) G_o.

Результаты измерений этих параметров в различные дни при различных наружных температурах, а также их обработки и сопоставления с проектными значениями приведены на рисунке Р.2 и в таблице Р.1, из которой следует, что измеренные нагрузки отопления близки к проектным, расхождение в среднем составляет 3 %.

Результаты испытаний теплообменника системы отопления приведены в таблице Р.2.

Поскольку измерялись расходы и температуры обоих теплоносителей, были определены значения фактического коэффициента теплопередачи и расчетного. Эффективность работы теплообменника β определялась как отношение фактического коэффициента к расчетному.

Результаты испытаний, приведенные в таблице Р.2 показали, что величина β не превышает 0,5 вместо обычных 0,7–0,8 при удовлетворительной работе теплообменника. Причиной низкого значения могло явиться зарастание трубок накипью и отложениями или уменьшение сечения для прохода воды между трубками в результате дефектов опорных перегородок в межтрубном пространстве. Требуется обследование теплообменника с целью устранения причин его низкой эффективности.

Р.3 Система горячего водоснабжения

Производились измерения расходов водопроводной воды на горячее водоснабжение и ее температур до и после подогрева. Расходы тепла на горячее водоснабжение, усредненные за каждый час для одних суток, приведены на рисунке Р.3, а среднесуточные нагрузки горячего водоснабжения за неделю – на рисунке Р.4.

Результаты испытаний показали, что средненедельная нагрузка горячего водоснабжения составляет 0,768 МВт (0,66 Гкал/ч), что ниже проектной, равной 1,04 МВт (0,894 Гкал/ч), на 24 %.

Определялся максимальный часовой расход тепла на горячее водоснабжение за все дни недели и коэффициенты часовой неравномерности, т.е. отношение максимального расхода к среднесуточному. Результаты измерений за одну полную неделю с 24 по 30 января 1994 г. приведены в таблице Р.3.

Как показали испытания, проведенные за три недели, эти показатели достаточно устойчивы и близки к обычным значениям.

Фактический расход воды на одного жителя составляет 108 л/сут, что близко к рекомендуемым значениям.

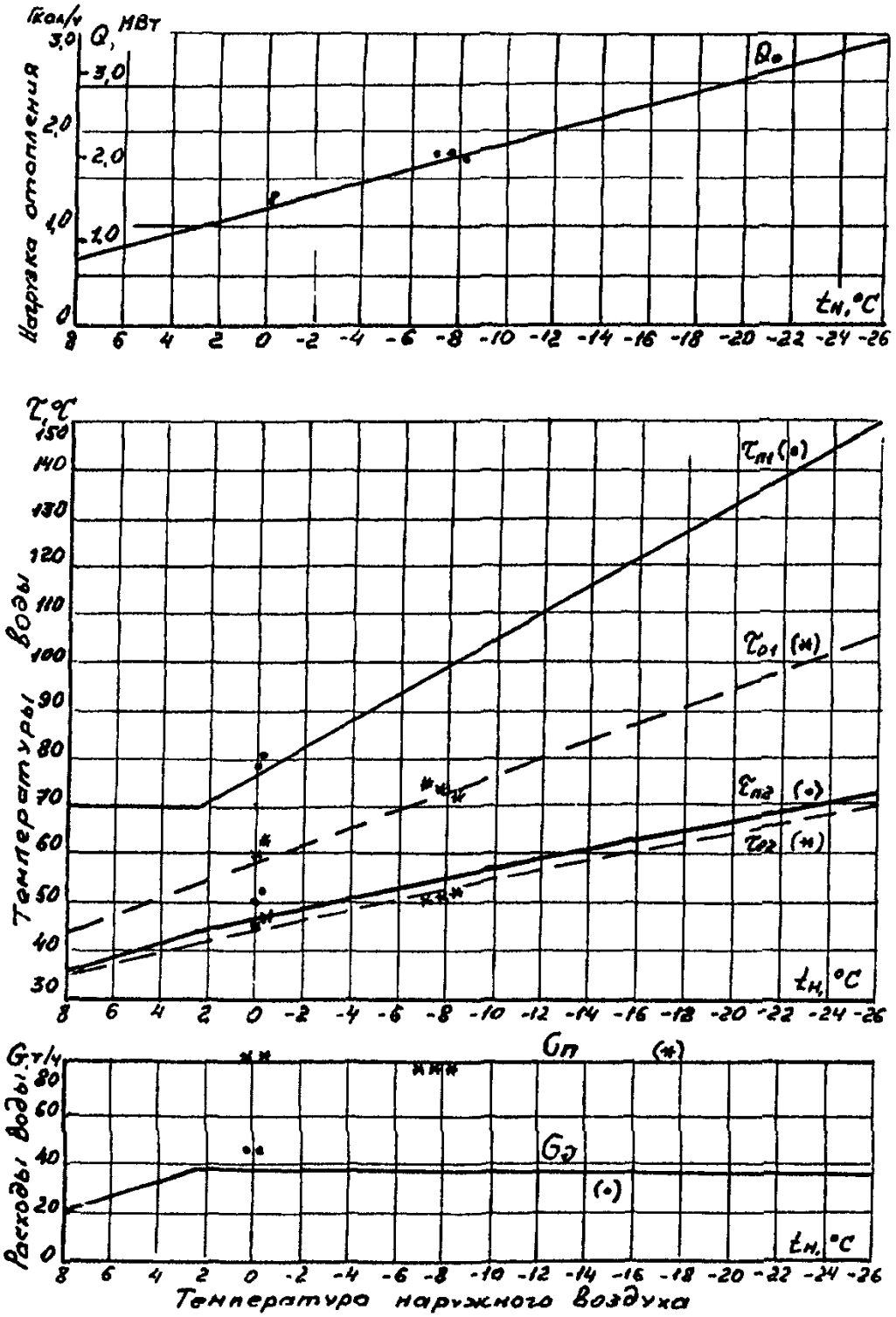


Рисунок Р 2 – Режимы работы системы отопления при проектной нагрузке Q'_0=3,41 МВт

Таблица Р.1 – **Результаты испытаний системы отопления**

Дата	Температура наружного воздуха, °С	Внешняя сеть			Квартальная сеть			Тепловая нагрузка			Внутренняя температура, °С
		Расход, т/ч	Температуры, °С		Расход, т/ч	Температуры, °С		измеренная, МВт / Гкал/ч	проектная, МВт / Гкал/ч	относительное отклонение, %	
	$t_н$	$G_п$	$\tau_{п1}$	$\tau_{п2}$	$G_о$	$\tau_{о1}$	$\tau_{о2}$	$Q_о^и$	$Q_о^п$	–	$t_в$
27.12.93	0	46,2	78,2	51,3	83,4	60,7	45,8	1,44 / 1,24	1,40 / 1,20	3	18,5
28.12.93	0	46,3	79,1	52,0	83,7	61,4	46,4	1,47 / 1,26	1,40 / 1,20	5	18,8
13.01.94	-7,0	–	–	–	82,0	73,6	52,4	2,02 / 1,74	1,94 / 1,67	4	19,0
14.01.94	-8,0	–	–	–	83,0	72,9	52,4	1,98 / 1,70	2,02 / 1,74	2	17,4
15.01.94	-7,33	–	–	–	82,0	73,4	52,4	2,01 / 1,73	1,97 / 1,69	2	18,5

Таблица Р.2 – **Результаты испытаний теплообменника системы отопления**

Дата	Время	Греющая вода			Нагреваемая вода			Нагрузка отопления, МВт / Гкал/ч	Отношение фактического коэффициента теплопередачи к расчетному
		Расход, т/ч	Температуры, °С		Расход, т/ч	Температуры, °С			
	час. мин.	$G_п$	$\tau_{п1}$	$\tau_{п2}$	$G_о$	$\tau_{о1}$	$\tau_{о2}$	$Q_о$	β
28.12.93	14.08	47,52	79,51	52,59	80,20	62,25	46,30	1,487 / 1,279	0,500
28.12.93	14.20	47,20	80,09	52,70	79,80	62,51	46,30	1,503 / 1,293	0,498
28.12.93	14.43	47,65	80,42	52,78	80,30	62,70	46,30	1,531 / 1,317	0,498
28.12.93	15.15	47,77	80,60	52,80	80,60	62,80	46,30	1,544 / 1,328	0,499
05.01.94	15.30	53,76	85,71	57,90	79,95	68,91	50,21	1,738 / 1,495	0,505

Таблица Р.3

Характеристики нагрузки горячего водоснабжения	Дни недели						
	понедельник	вторник	среда	четверг	пятница	суббота	воскресенье
Среднесуточная нагрузка $Q_г^{ср}$, МВт/(Гкал/ч)	0,663 / 0,57	0,651 / 0,56	0,686 / 0,59	0,698 / 0,60	0,686 / 0,59	0,942 / 0,81	1,047 / 0,90
Коэффициент часовой неравномерности	1,982	2,143	2,288	2,050	1,898	1,660	2,100

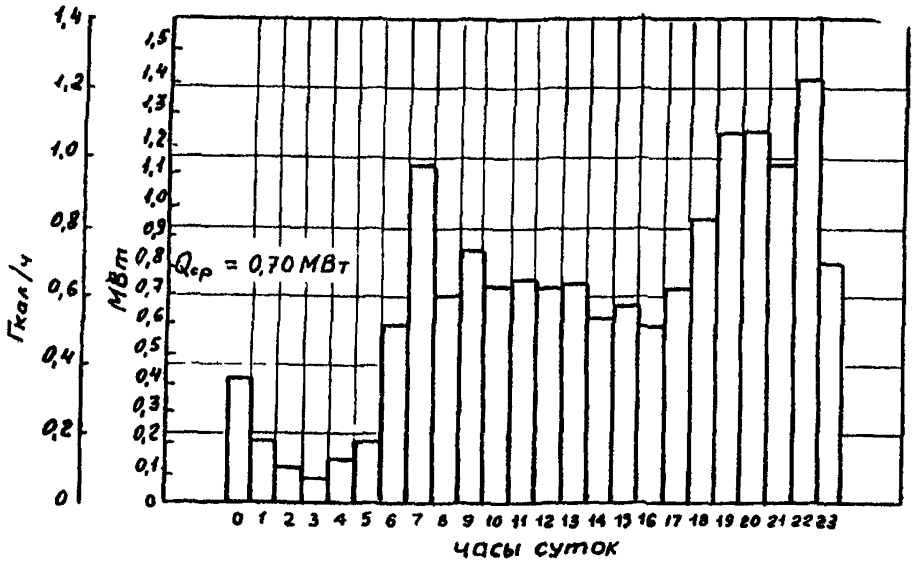


Рисунок Р 3 – Изменение расхода тепла на горячее водоснабжение в течение суток

Температура воды, поступающей в систему горячего водоснабжения, равнялась 57–58 °С Производились измерения расхода воды на рециркуляцию, приведенные на рисунке Р 5

Как видно из рисунка, расход воды на рециркуляцию в ночной период при отсутствии потребления горячеи воды составляет 35,5 т/ч, а при максимальном потреблении горячей воды 32,0 т/ч снижается до 13,6 т/ч Теплопотери в системе горячего водоснабжения $Q_ц$, определенные в ночной период при минимальном водоразборе, составляют 0,35 МВт (0,3 Гкал/ч) или примерно 20 % от максимальной нагрузки горячего водоснабжения, что вдвое больше обычных значений

Поэтому представляется целесообразным сократить расход воды на рециркуляцию путем дросселирования ее в ЦТП перед рециркуляционным насосом

Р.4 Режимы работы ЦТП при проектных и фактических тепловых нагрузках Эффективность рекомендаций по энергосбережению

На рисунке Р 6 представлены режимы работы ЦТП при проектных нагрузках, при нулевой, средней и максимальнои нагрузках горячего водоснабжения, рассчитанные на ПЭВМ.

Были проведены также расчеты режимов работы при фактических, определенных на основе результатов испытаний, нагрузках, фактической эффективности теплообменников и фактических расходах воды на рециркуляцию

Результаты этих расчетов при средней нагрузке горячего водоснабжения приведены на рисунке Р 7 (кривые *1*)

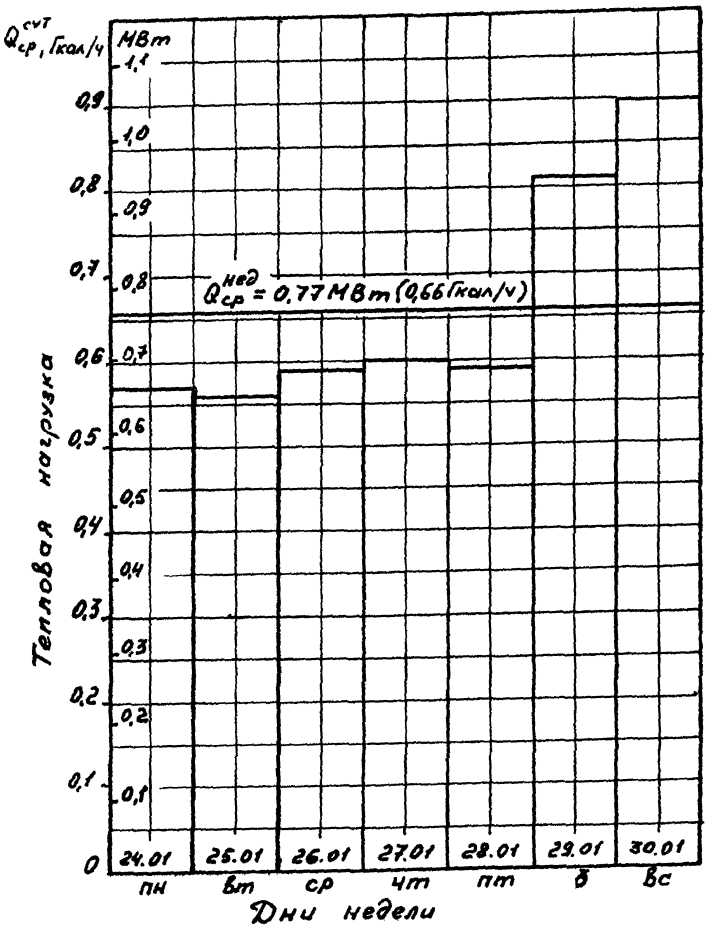


Рисунок Р 4 – ЦТП Среднесуточные нагрузки горячего водоснабжения

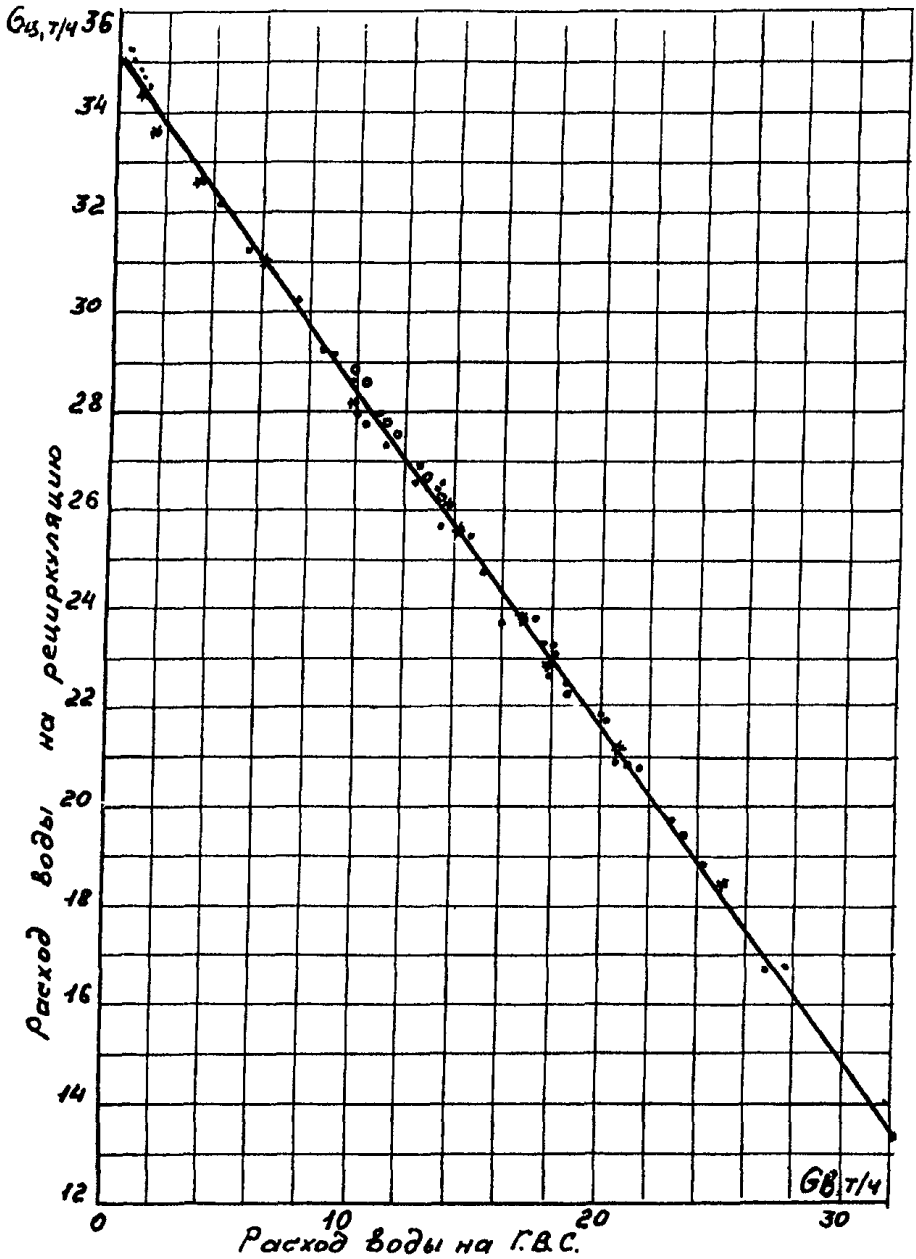


Рисунок Р.5 – ЦТП

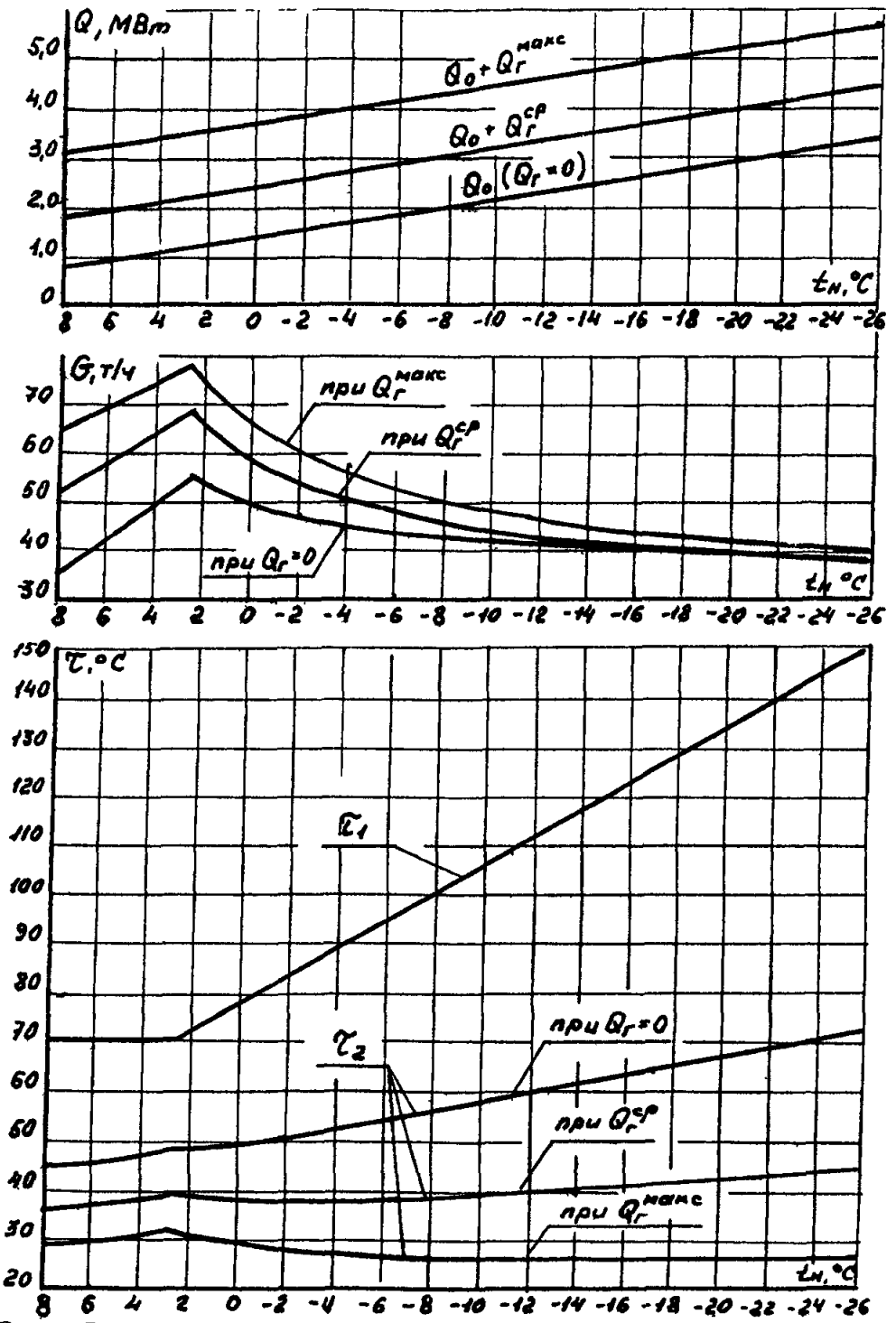
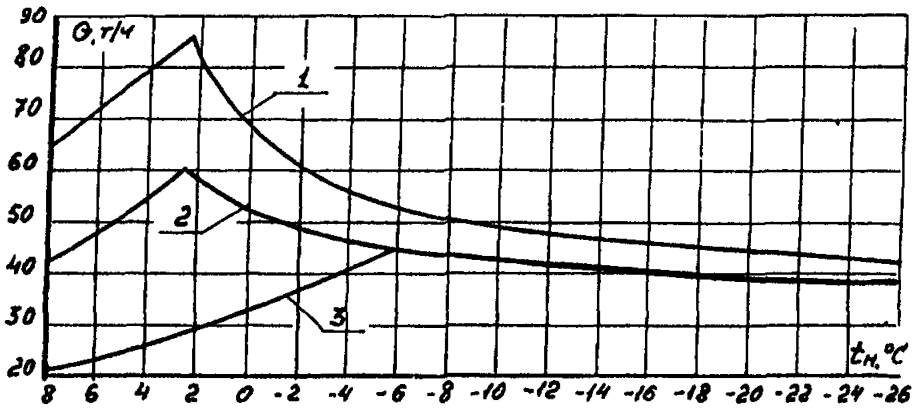


Рисунок Р 6 – Режимы работы ЦТП при проектных нагрузках Отопление Q'_0=3,41 МВт, средняя горячего водоснабжения $Q_г^{ср}$ = 1,04 МВт



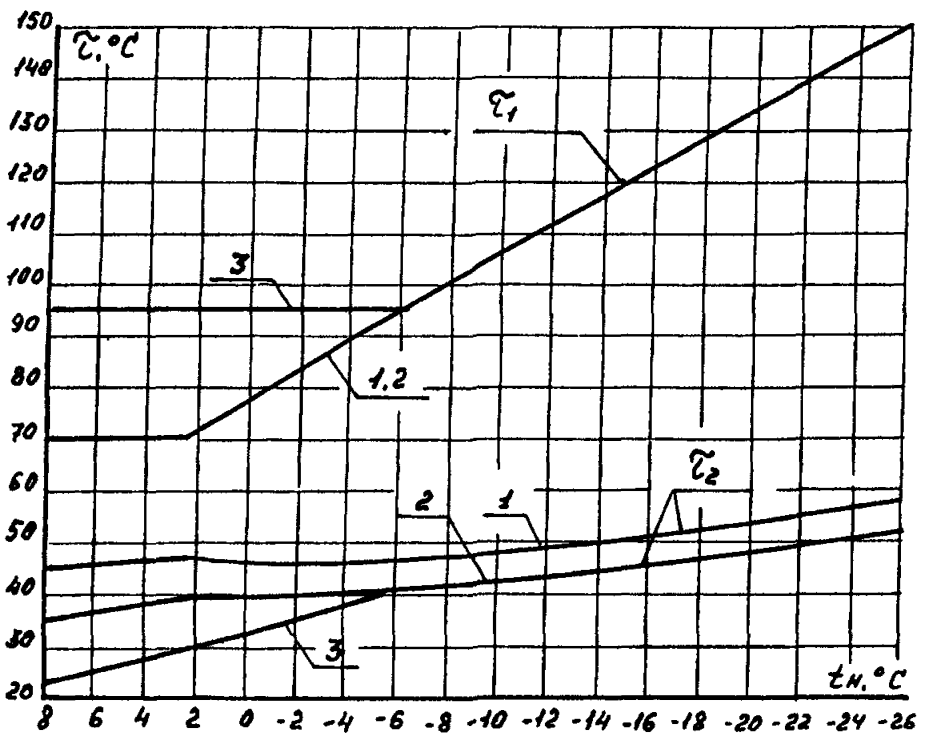


Рисунок Р 7 – Режимы работы ЦТП при фактических тепловых нагрузках и проведении энергосберегающих мероприятии

Увеличенный расход сетевой воды при фактических условиях несмотря на меньшую нагрузку горячего водоснабжения является следствием низкой эффективности теплообменников и завышенных расходов воды и тепла на рециркуляцию.

Для оценки эффективности предлагаемых мероприятий аналогичные расчеты были проведены при снижении расхода воды на рециркуляцию вдвое и увеличении эффективности теплообменников в 1,5 раза (с 0,5 до 0,75).

Результаты этих расчетов также приведены на рисунке Р.7 *(кривые 2).* Как следует из результатов этих расчетов, расход воды на ЦТП в точке излома температурного графика при средней нагрузке горячего водоснабжения снижается с 86 т/ч до 60 т/ч, т.е. на 30 %.

Расход воды может быть дополнительно сокращен при повышении температуры излома графика выше принятой в настоящее время 70 °С. При наличии на ЦТП регулятора отпуска тепла это не приведет к перерасходу тепла.

На рисунке Р.7 (кривые *3*) приведены результаты расчета режимов работы ЦТП при повышении температуры излома графика до 95 °С. Расход сетевой воды может быть при этом снижен с 60 до 45 т/ч, или еще на 25 % при новой температуре наружного воздуха, соответствующей излому графика –6,2 °С.

СОДЕРЖАНИЕ

1 Определения 2
2 Обозначения 2
3 Задачи энергообследования 6
4 Определение расчетных тепловых нагрузок 6
4 1 Система отопления 6
4 2 Система горячего водоснабжения 6
5 Определение расчетных расходов теплоносителя на тепловых пунктах и температур обратной сетевой воды 7
6 Определение фактических показателей теплопотребляющих установок 7
6 1 Измерительная аппаратура 8
6 1 1 *Общие требования* 8
6 1 2 *Измерения расходов* 8
6 1 3 *Измерения давления* 8
6 1 4 *Измерения температуры* 8
6 1 5 *Организация процесса измерений* 9
6 2 Методика измерений 9
6 2 1 Система отопления 9
6 2 1 1 Расход сетевой воды и воды во внутриквартальной сети 9
6 2 1 2 Температуры воды 10
6 2 1 3 Температуры воздуха в отапливаемых помещениях 10
6 2 1 4 Давления 10
6 2 1 5 Условия измерений 10
6 2 2 Система горячего водоснабжения 10
6 2 2 1 Расходы 10
6 2 2 2 Температуры 11
6 2 2 3 Давления 11
6 2 2 4 Условия измерении 11
7 Обработка результатов измерений и их анализ 11
7 1 Система отопления 11
7 2 Система горячего водоснабжения 13
7 3 Тепловой пункт 14
Приложение А Определение расчетной нагрузки отопления здания по его наружному объему 15
Приложение Б Максимальный расход теплоты (максимальная тепловая мощность) на одного жителя при расчетной наружной температуре 16
Приложение В Теплотехнические показатели наиболее распространенных современных типовых жилых зданий 17
Приложение Г Отопительные характеристики жилых зданий 18
Приложение Д Удельные тепловые характеристики административных, лечебных и культурно-просветительных зданий и зданий детских учреждений 20
Приложение Е Удельные тепловые характеристики промышленных зданий 21

Приложение Ж Ориентировочные нормы расхода горячей воды 24
Приложение И Коэффициент часовой неравномерности потребления горячей воды в жилых зданиях 26
Приложение К Программа расчета параметров абонентских вводов на ПЭВМ 27
Приложение Л Результаты расчетов требуемых параметров тепловых пунктов на ПЭВМ 28
Приложение М Уравнение характеристики системы отопления 35
Приложение Н Тепловые характеристики водо-водяных теплообменников 39
Приложение П Сопротивления кожухотрубных теплообменников .. 45
Приложение Р Пример проведения энергообследования центрального теплового пункта 46

Подписано в печать 23.03.97. Печать офсетная. Формат 60x90 1/16. Уч.-изд. л. 3,7
Тираж 100 экз. Зак. № 25. Заказное.

ПМВ ВТИ. 109280, Москва, ул. Автозаводская, 14/23.

gost.e-ecolog.ru