

Министерство образования Республики Беларусь

Учреждение образования
«Гомельский государственный технический
университет имени П. О. Сухого»

Кафедра «Промышленная теплоэнергетика и экология»

Т. С. Юфанова, И. Р. Погарцев

ИСТОЧНИКИ И СИСТЕМЫ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

**ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ
по одноименной дисциплине
для студентов специальностей 1-43 01 05
«Промышленная теплоэнергетика» и 1-43 01 07
«Техническая эксплуатация
энергооборудования организаций»**

Гомель 2009

УДК 658.264(075.8)
ББК 31.38я73
Ю93

*Рекомендовано научно-методическим советом
энергетического факультета ГГТУ им. П. О. Сухого
(протокол № 10 от 25.06.2008 г.)*

Рецензент: канд. техн. наук, доц. каф. «Физика» ГГТУ им. П. О. Сухого *А. И. Кравченко*

Юфанова, Т. С

Ю93

Источники и системы теплоснабжения промышленных предприятий : лаборатор. практикум по одноим. дисциплине для студентов специальностей 1-43 01 05 «Промышленная теплоэнергетика» и 1-43 01 07 «Техническая эксплуатация энергооборудования организаций» / Т. С. Юфанова, И. Р. Погарцев. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2009. – 35 с. – Систем. требования: PC не ниже Intel Celeron 300 МГц ; 32 Mb RAM ; свободное место на HDD 16 Mb ; Windows 98 и выше ; Adobe Acrobat Reader. – Режим доступа: <http://lib.gstu.local>. – Загл. с титул. экрана.

Рассмотрены методы определения термического сопротивления ограждающих конструкций зданий, теплопотерь через ограждающие конструкции здания и требуемой тепловой мощности системы отопления, расчетных тепловых нагрузок района и построения годового графика расхода тепла по продолжительности тепловых нагрузок.

Для студентов специальностей 1-43 01 05 «Промышленная теплоэнергетика» и 1-43 01 07 «Техническая эксплуатация энергооборудования организаций».

**УДК 658.264(075.8)
ББК 31.38я73**

© Учреждение образования «Гомельский
государственный технический университет
имени П. О. Сухого», 2009

ВВЕДЕНИЕ

В методическом указании приведены шесть лабораторных работ, охватывающих материал основных разделов курса «Источники и системы теплоснабжения промышленных предприятий».

В приложениях к лабораторным работам приведена литература и справочный материал, необходимость в котором может возникнуть в процессе выполнения работ.

Руководство включает следующие лабораторные работы: определение термического сопротивления ограждающих конструкций зданий, определение теплопотерь через ограждающие конструкции здания и определение требуемой тепловой мощности системы отопления, определение расчетных тепловых нагрузок района и построение годового графика расхода тепла по продолжительности тепловых нагрузок, изучение устройства теплового пункта и исследование параметров его работы, выбор и расчет секционного водо-водяного подогревателя, определение годового расхода условного топлива на ТЭЦ.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №1

Определение термического сопротивления ограждающих конструкций зданий

Цель работы: Ознакомиться с методикой определения термического сопротивления и для конкретного помещения определить толщину и термическое сопротивление наружного ограждения, пола и потолка и определить тепловлажностный режим ограждений.

Теоретические сведения

Определение термического сопротивления ограждающих конструкций необходимо для расчета потерь теплоты теплопередачей через эти конструкции и определения тепловой мощности системы отопления здания.

Сопротивление теплопередаче R_o определяется для тех ограждающих конструкций, через которые имеет место перенос теплоты. Такими ограждениями являются наружные стены, окна, перекрытия над подвалом или подпольем, чердачное перекрытие или бесчердачное покрытие, а также внутренние ограждения, если разность расчетных температур воздуха в помещениях, разделенных стенкой, более 3°C .

Ограждения большинства зданий состоит из нескольких слоев, материал которых различен. Сопротивление теплопередачи таких ограждений определяется по формуле:

$$R_o = R_e + \sum_{i=1}^{i=n} R_i + R_n, \quad (1)$$

где R_e , R_n - сопротивление теплоотдачи у внутренней и наружной поверхности ограждения, $\text{m}^2 \cdot \text{K} / \text{Вт}$;

$\sum_{i=1}^{i=n} R_i$ - сумма термических сопротивлений всех слоев ограждения, включая воздушные прослойки,

$$R_i = \delta_i / \lambda_i, \quad (2)$$

где δ_i - толщина однородного слоя ограждения, м;

λ_i - коэффициент теплопроводности однородного слоя ограждения, $\text{Вт} / \text{м} \cdot \text{K}$, принимается согласно СНиП [3].

Наружные массивные ограждения (стена, перекрытие и т.п.)

Исходными данными для расчета являются:

- расчетные параметры внутреннего воздуха (температура t_B и относительная влажность φ_B), принимаемые по нормам проектирования зданий и сооружений соответствующего назначения;
- расчетная температура наружного воздуха ($t_{н.о.}$)
- конструкция наружного ограждения (материал и толщина отдельных слоев).

Исходя из конструкции ограждения определяют фактическое сопротивление теплопередачи R_o (формула 1)

Полы и стены, углубленные в землю

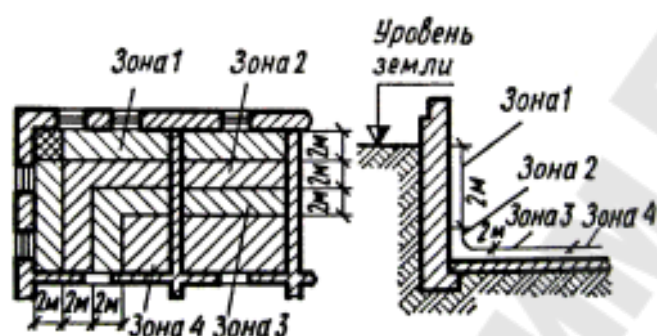


Рис.1. Схема разбивки пола по грунту и заглубленных стен на зоны обмера и вычисления поверхностей

Теплопотери через полы, расположенные на грунте, вычисляются по зонам с учетом расстояния от наружных стен. Зоной называется полоса шириной 2.0 м, параллельная линии стены. Нумерация зон начинается от стены. Условная величина термического сопротивления теплопередачи отдельных зон не утепленных полов на грунте $R_{н.п.}$ при $\lambda \geq 1,163$ Вт/м·К принимается независимо от толщины конструкции:

для первой зоны – $2,15 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$;

для второй зоны – $4,3 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$;

для третьей зоны – $8,6 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$;

для остальной зоны – $14,15 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$.

Сопротивление теплопередаче утепленного пола на грунте или стены, углубленной в землю, для отдельных зон определяется суммой, $\text{м}^2 \cdot \text{°С}/\text{Вт}$:

$$R_{y.n.}^i = R_{н.п.}^i + \sum \frac{\delta_{y.c.}}{\lambda_{y.c.}}, \quad (3)$$

где $\sum \frac{\delta_{y.c.}}{\lambda_{y.c.}}$ – сумма термических сопротивлений утепляющих слоев, $\text{м}^2 \cdot \text{К} / \text{Вт}$.

Сопротивление теплопередаче полов на лагах принимают как для утепленного пола с коэффициентом 1,18. При этом в качестве утепляющих слоев учитывают воздушную прослойку, дощатый пол и специальный слой засыпки.

Полученное значение R_o каждого ограждения (кроме дверей, окон, световых фонарей) следует проверить:

а) на соответствие санитарно-гигиеническим условиям:

$$R_o \geq R_o^{mp}. \quad (4)$$

R_o^{mp} рассчитывается по формуле, $\text{м}^2 \cdot \text{К} / \text{Вт}$:

$$R_o^{mp} = \frac{(t_g - t_n) \cdot n}{\Delta t^H} \cdot R_g, \quad (5)$$

где n – коэффициент, зависящий от положения наружной поверхности ограждения по отношению к наружному воздуху (приложение 1);

Δt^H – нормируемый температурный перепад (приложение 2)

t_g – расчетная температура воздуха внутри помещения, °С;

t_n – температура наружного воздуха, °С.

б) на отсутствие конденсации водяных паров на внутренней поверхности ограждения согласно условию:

$$\tau_g > t_{g.p.} \quad (6)$$

где τ_g – температура внутренней поверхности ограждения, °С;

$t_{g.p.}$ – температура точки росы при расчетной температуре и относительной влажности внутреннего воздуха, определяется по i-d диаграмме (Приложение 5) согласно рис.2.

При снижении температуры насыщенного воздуха ниже точки росы из воздуха начнет конденсироваться влага. Если влажный воздух находится в строительном материале и охлаждается теплопроводностью ниже точки росы, то из воздуха в материал будет конденсироваться влага. Присутствие влаги в материале увеличивает теплопроводность материала, что в наружных ограждениях будет приводить к возрастанию трансмиссионных теплопотерь. Если температура влажного материала становится ниже 0 °С, то влага в материале замерзнет. Замерзание влаги в строительном материале приводит к его разрушению, намоканию внутренних стен, повреждению внутренней отделки.

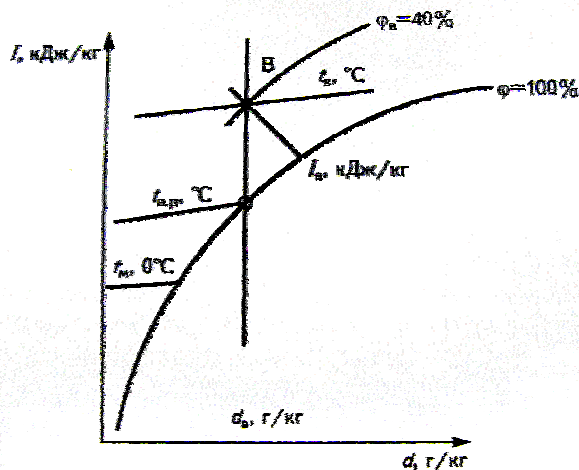


Рис. 2. Нахождение на i - d -диаграмме параметров влажного воздуха
 $t_{в}$ - температура, °С; $d_{в}$ - влагосодержание, г/кг; $\varphi_{в}$ - степень насыщения воздуха водяными парами, %; $\varphi = 100\%$ - полностью насыщенный водяными парами воздух; $i_{в}$ - энтальпия воздуха, кДж/кг; $t_{в.р.}$ - температура точки росы влажного воздуха, °С; $t_{м.} = 0\text{ °С}$ - температура строительного материала при 0 °С, когда замерзает вода.

Температура на внутренней поверхности наружных ограждений,
 °С:

$$\tau_{в} = t_{в} - \frac{R_{в}}{R_{о}}(t_{в} - t_{н.о.}). \quad (7)$$

Если условия, приведенные в пунктах а, б, не соблюдаются, необходимо увеличить толщину ограждения или утепляющего слоя (при многослойной конструкции).

Световые проемы (окна, балконные двери и фонари)

Сопротивление теплопередаче заполнений световых проемов $R_{о}$ определяется исходя из принятого в проекте типа заполнения [3, прил.6*]

Наружные двери и ворота

Сопротивление теплопередаче наружных дверей и ворот определяют в зависимости от принятой в проекте конструкции дверей и ворот, с последующей проверкой условия:

$$R_{о} \geq 0,6 \cdot R_{о}^{mp}, \quad (8)$$

где $R_{о}^{mp}$ - требуемое сопротивление теплопередаче наружной стены проектируемого здания, $\text{м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$.

Порядок выполнения работы

1. Выбираем для конкретного ограждения величину Δt_n , R_o , t_e , t_n и определяем из приложения 1 значение величины n .

2. Рассчитаем величину R_o^{mp} .

3. Приравнявая $R_o^{mp} = R_o$ из уравнения для R_o (формула 1) находим толщину основного слоя строительной конструкции, м:

$$\delta_{o.к.} = \left[R_o^{mp} - \left(R_e + R_n + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \dots + \frac{\delta_n}{\lambda_n} \right) \right] \cdot \lambda_{o.к.}, \quad (9)$$

где $\frac{\delta_1}{\lambda_1}, \frac{\delta_2}{\lambda_2}, \dots, \frac{\delta_n}{\lambda_n}$ – сумма термических сопротивлений утепляющих слоев конструкции ограждения (определяется в зависимости от конструкции ограждения).

4. Полученную толщину ограждения округляем до стандартного значения в большую сторону.

5. По ранее приведенному уравнению для R_o определяем термическое сопротивление с учетом полученного значения $\delta_{o.к.}$.

6. Определяем температуру внутренних поверхностей ограждений (формула 7) и проверяем условие отсутствия конденсации водяных паров на этих поверхностях (формула 6).

6. Полученные значения сводим в таблицу расчетных данных

Таблица 1

Таблица расчетных данных

Наименование ограждения	Конструкция	R_o^{mp} , м ² ·К/Вт	$\delta_{o.к.}$, м	R_o , м ² ·К/Вт
Наружное ограждение				
Пол				
Потолок				
Окна		-	-	
Двери				

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №2

Определение теплотерь через ограждающие конструкции здания и определение требуемой тепловой мощности системы отопления

Цель работы: Ознакомиться с методикой расчета теплотерь через ограждающие конструкции и определить потери тепла одним из помещений здания.

Теоретические сведения

Потери тепла помещения через стены, полы и потолки учитываются при проектировании систем отопления и состоят из основных и добавочных. Основные теплотери определяются по формуле, Вт:

$$Q = (t_{в} - t_{н}) \cdot F / R_o, (1)$$

где $t_{в}$, $t_{н}$, R_o – величины, принимаемые из лабораторной работы № 1;
 F – поверхность ограждения, м².

Линейные размеры поверхностей ограждений при подсчете теплотерь должны определяться следующим образом:

высота стен первого этажа: при наличии пола, расположенного непосредственно на грунте, - между уровнями полов первого и второго этажей; при наличии пола на лагах – от верхнего уровня подготовки пола первого этажа до уровня пола второго этажа; при наличии неотапливаемого подвала или подполья – от уровня нижней поверхности конструкции пола второго этажа;

высота стен промежуточного этажа – между уровнями полов данного и вышележащего этажей;

высота верхнего этажа – от уровня пола до верха утепляющего слоя чердачного перекрытия;

длина наружных стен в не угловых помещениях – между осями внутренних стен, а в угловых помещениях – от внешних поверхностей наружных стен до осей внутренних;

длина внутренних стен – от внутренних поверхностей наружных стен до осей внутренних стен или между осями внутренних стен;

поверхность потолков и полов над подвалами или подпольями измеряется между осями внутренних стен до осей внутренних стен;

поверхность окон, дверей и фонарей – по наименьшим размерам проемов к свету;

поверхность участков полов на грунте или лагах, расположенных возле угла наружных стен, вводится в расчет дважды, т. е. по направлению обеих наружных стен, составляющих угол.

При расчете теплопотерь через наружные стены и окна допускается для упрощения работы вычитание величины коэффициента теплопередачи стены из величины коэффициента теплопередачи окна, не вычитая в этом случае площади окон из площади стен. Для дверей подобное упрощение расчетов не допускается.

К добавочным теплопотерям относятся потери на различную ориентацию ограждений относительно сторон света, их обдуваемость ветром, на высоту ограждений, на подогрев холодного воздуха, поступающего через двери. Добавочные потери учитываются в процентах от основных теплопотерь.

Порядок выполнения работы

После конструирования ограждения при условии $R_o > R_o^{mp}$ производят расчет теплопотерь всего здания, который оформляется в виде таблицы расчетных данных (таблица 1).

Расчет производится по помещениям. Помещения нумеруются по этажам и номерные знаки наносятся на план и в графу 1 табл. по следующему правилу: помещения подвала нумеруются, начиная с №1 и далее, помещения первого этажа – с № 101, второго – с № 201, третьего – с № 301 и т. д.

Остальные графы таблицы теплопотерь имеют следующее назначение: графа 2 указывает наименование помещения (например, жилая комната, кухня, столовая, коридор и т. д.); графа 3 – сокращенное наименование ограждений (Н. С. – наружные стены; В.С. – внутренние стены; О. О. – одинарное окно; О. Д. – окно двойное; Пл. – пол; Пот. – потолок); графа 4 – ориентация по сторонам света фасада здания; графа 5 – размеры поверхностей ограждений (выписываются по обмеру в метрах); графа 6 – площадь ограждения; графа 7 – температура воздуха внутри помещения (принимается согласно СНиП); графа 9 – коэффициент теплопередачи $k = 1/R_o$ (определяется расчетным путем по изложенной методике); графа 10 – потери тепла ограждением (получаются в результате перемножения граф 6, 8, 9).

Теплопотери, полученные в графе 10, необходимо скорректировать добавками, учитывающими дополнительные факторы и оказы-

вающими существенное влияние на внутренние температуры в отапливаемых помещения. Эти добавки вносятся в графы 11, 12, 13 и выражаются в процентах от основных теплопотерь.

Графа 11-добавки на различную ориентацию наружных ограждений по сторонам света. Для ограждений, обращенных на север, восток, северо-восток, северо-запад – 10%; на запад и юго-запад – 5%; на юг и юго-восток – 0%.

Графа 12 – добавка на обдувание ограждений ветром. Принимаем для наружных вертикальных и наклонных ограждений зданий в местностях со средней со средней скоростью ветра до 5 включительно за три наиболее холодных месяца в следующем количестве:

- а) на ограждения, защищенные от ветра, - 5% ;
- б) на ограждения, не защищенные от ветра, - 10%.

При средней скорости ветра от 5 до 10 за три наиболее холодных месяца добавки на оборудование ветром увеличиваются соответственно в 2 раза, а при средней скорости ветра более 10 - в 3 раза.

В графу 13 вносят прочие добавки, не учтенные ранее. Прочие добавки учитываются в следующих случаях:

а) для помещения (кроме производственных), имеющих две наружные стены и более предусматривается дополнительная добавка на 5 % от охлаждения через наружные стены и окна;

б) в общественных зданиях для помещений более 4 м значение теплопотерь увеличивается на 2% на каждый метр высоты сверх 4 м, но не более 15% (кроме производственных помещений и лестничных клеток);

в) для компенсации потерь тепла на подогрев холодного воздуха, врывающегося в помещение при открывании дверей, добавки составляют, %: при двойных дверях без тамбура между ними – $100n$; то же, но с тамбуром, снабженным дверью, - $80n$; при одинарных дверях без тамбура – $65n$; где n – число этажей.

В графу 14 вносится сумма граф 11, 12, 13.

Общая расчетная потеря тепла записывается в графу 15 и получается как сумма граф 10 и 14, выраженная в тепловых единицах.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №3

Определение расчетных тепловых нагрузок района и построение годового графика расхода тепла по продолжительности тепловых нагрузок.

Цель работы: для района города новой застройки с жилой площадью $F_{ж}$ определить по укрупненным показателям суммарную тепловую нагрузку отопления, вентиляции и горячего водоснабжения, а также годовой расход теплоты, и построить годовой график продолжительности тепловой нагрузки.

Теоретические сведения

В системах централизованного теплоснабжения (ЦТ) по тепловым сетям подается теплота различным тепловым потребителям. Несмотря на значительное разнообразие тепловой нагрузки, ее можно разбить на две группы по характеру протекания во времени: 1) сезонная; 2) круглогодочная.

Изменения сезонной нагрузки зависят главным образом от климатических условий: температуры наружного воздуха, направления и скорости ветра, солнечного излучения, влажности воздуха и т.п. Основную роль играет наружная температура. К сезонной тепловой нагрузке относятся отопление, вентиляция, кондиционирование воздуха. Ни один из указанных видов нагрузки не имеет круглогодочного характера. К круглогодочной нагрузке относятся технологическая нагрузка и горячее водоснабжение.

Одна из первоочередных задач при проектировании и разработке режима эксплуатации систем централизованного теплоснабжения заключается в определении значений и характера тепловых нагрузок.

Порядок выполнения работы

В качестве исходных данных для расчета принимаются: наименование населенного пункта; общая площадь жилых зданий $F_{ж}$, м²; расчетная температура наружного воздуха для проектирования отопления $t_{н.о.}$, °С; расчетная температура наружного воздуха для проектирования вентиляции $t_{н.в.}$, °С; средняя температура наружного воздуха за отопительный период $t_{н}^{cp}$, °С; продолжительность отопительного периода n_o , с.

Расчетная отопительная нагрузка жилых и общественных зданий района, Вт:

$$Q_o = q_o \cdot F_{жс} \cdot (1 + k_{общ.}), \quad (1)$$

где q_o – укрупненный показатель максимального расхода теплоты на отопление 1 м² общей площади жилых зданий [1, приложение 5], Вт/м²;

$k_{общ.}$ – коэффициент, учитывающий расход теплоты на отопление общественных зданий, принимается $k_{общ.} = 0,25$.

Расчетная тепловая нагрузка вентиляции общественных зданий, Вт:

$$Q_v = k_v \cdot k_{общ.} \cdot q_o \cdot F_{жс}, \quad (2)$$

где k_v – коэффициент, учитывающий расход теплоты на вентиляцию общественных зданий, принимается $k_v = 0,4$.

Число жителей района города, чел.:

$$m = F_{жс} / f_{жс}, \quad (3)$$

где $f_{жс}$ – норма жилой площади, $f_{жс} = 20$ м²/чел.

Средненедельная тепловая нагрузка горячего водоснабжения (ГВС) жилых и общественных зданий для зимнего периода, Вт:

$$Q_z^{cp.n.} = 1,2 \cdot m \cdot (a_{жс} + a_{общ.}) \cdot (t_z - t_x) \cdot c_p / n_c, \quad (4)$$

где $a_{жс}$ – средненедельный расход воды на ГВС на 1 чел. В сутки для жилых зданий, $a_{жс} = 110$ л/чел.сут.;

$a_{общ.}$ – то же для общественных зданий, $a_{общ.} = 20$ л/чел.сут.;

t_z – температура горячей воды, $t_z = 55..60$ °С;

t_x – температура холодной воды, $t_x = 5$ °С;

c_p – теплоемкость воды, Дж/кг·К; $c_p = 4190$ Дж/кг·К;

n_c – расчетная длительность подачи воды на ГВС, при круглосуточной подаче $n_c = 24 \cdot 3600 = 86400$ с/сут.

Суммарная расчетная нагрузка района города, МВт:

$$Q = Q_o + Q_v + Q_z^{cp.n.}, \quad (5)$$

Летняя тепловая нагрузка ГВС, Вт:

$$Q_{z.l.}^{cp.n.} = Q_z^{cp.n.} \cdot \varphi_l \cdot \frac{(t_z - t_{x.l.})}{(t_z - t_x)}, \quad (6)$$

где φ_l – коэффициент, учитывающий снижение расхода воды в летний период за счет миграции жителей, $\varphi_l = 0,8$;

$t_{x.l.}$ – температура холодной воды в летний период, $t_{x.l.} = 15$ °С.

Средняя за отопительный период нагрузка отопления, Вт:

$$Q_o^{cp} = Q_o \cdot (t_{в.п.} - t_n^{cp}) / (t_{в.п.} - t_{н.о.}), \quad (7)$$

где $t_{в.р.}$ – температура воздуха внутри помещения, $t_{в.р.}=18$ °С.

Годовой расход теплоты на отопление, МВт:

$$Q_o^{zod} = Q_o^{cp} \cdot n_o \quad (8)$$

Средняя за отопительный период нагрузка вентиляции при работе её по отопительному графику, Вт:

$$Q_в^{cp} = Q_в \cdot (t_{в.р.} - t_n^{cp}) / (t_{в.р.} - t_{н.о.}) \quad (9)$$

Годовой расход теплоты на вентиляцию, Вт:

$$Q_в^{zod} = Q_в^{cp} \cdot n_в \quad (10)$$

где $n_в$ – длительность работы вентиляции, с; рассчитывается из условия её работы 16 час/сут в течение отопительного периода.

Годовой расход теплоты на ГВС, Вт:

$$Q_z^{zod} = Q_z^{cp.н.} \cdot n_o + Q_z^{cp.л.} \cdot n_л \quad (11)$$

где $n_л$ – продолжительность летнего периода, с; $n_л=350 \cdot 24 \cdot 3600 - n_o$.

Суммарный годовой расход теплоты, МВт:

$$Q^{zod} = Q_o^{zod} + Q_в^{zod} + Q_z^{zod} \quad (12)$$

Перед построением графика продолжительности тепловой нагрузки строится график тепловой нагрузки в зависимости от температуры наружного воздуха. Для этого рассчитывается нагрузка каждого вида теплопотребления при трёх характерных температурах наружного воздуха: $t_n=8$ °С (начало отопительного периода), $t_n=t_{н.в.}$ и $t_n=t_{н.о.}$. результаты расчета сводим в таблицу.

Таблица 1

Тепловая нагрузка, МВт	Температура наружного воздуха, °С		
	+8	$t_{н.в.}$	$t_{н.о.}$
Отопление: $Q_o' = Q_o \cdot (t_{в.р.} - t_n) / (t_{в.р.} - t_{н.о.})$			
Вентиляция с учетом длительности суточной работы 16 час.: $Q_в' = Q_в \cdot (t_{в.р.} - t_n) \cdot 16 / (t_{в.р.} - t_{н.в.}) \cdot 24$			
ГВС: $Q_z^{cp.н.}$			
Суммарная нагрузка: $Q' = Q_o' + Q_в' + Q_z^{cp.н.}$			

По суммарной нагрузке Q' и продолжительности стояния температур наружного воздуха [1, приложение 3] строим годовой график продолжительности тепловой нагрузки $Q=f(n)$.

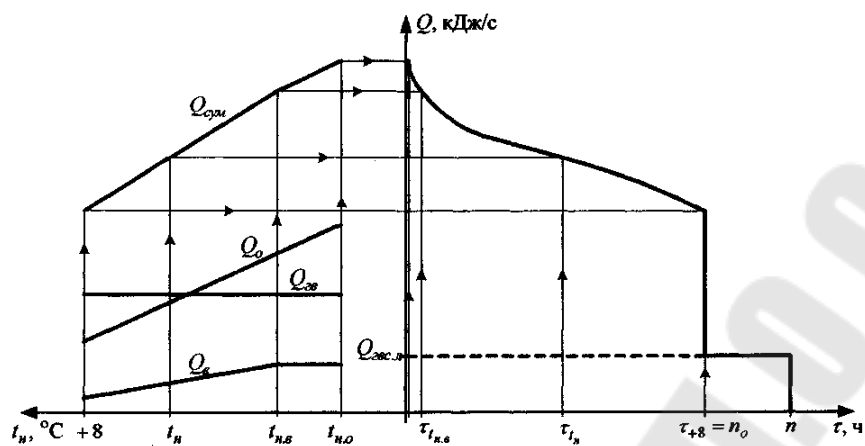


Рис.1 График расхода тепла по продолжительности тепловых нагрузок

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №4

Изучение устройства теплового пункта и исследование параметров его работы

Цель работы: Ознакомиться с устройством теплового пункта, водоструйного элеватора и определить параметры теплоносителя, тепловую мощность системы отопления, коэффициент подмешивания.

Теоретические сведения

Тепловые пункты предназначены для подсоединения систем отопления к тепловым сетям. При этом, если температура воды в тепловой сети выше температуры теплоносителя в система отопления здания присоединение абонента производится по схеме, предложенной проф. Чаплиным В. М. Основным узлом в данной схеме является водоструйный элеватор, с помощью которого часть охлажденной воды, возвращаемой из системы отопления, с температурой t_0 подмешивается к поступающей воде из теплотрассы, доводится до температуры t_s (см. рис. 1) и направляется в систему.

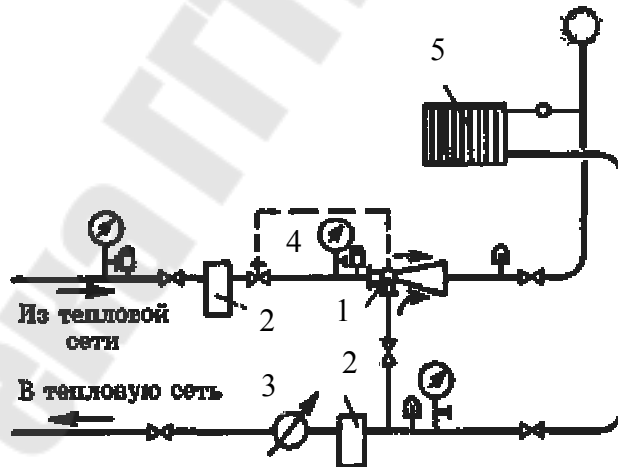


Рис.1. Схема элеваторного узла

1 – элеватор; 2 – фильтр-грязевик; 3 – водомер; 4 – регулятор системы отопления; 5 – отопительный прибор

Количество охлажденной воды, забираемой элеватором из обратной магистрали системы отопления, характеризуется коэффициентом подмешивания β , равным отношением количества подмешиваемой воды G_2 к поступающей из теплотрассы G_1 при температуре t_n :

$$\beta = G_2/G_1 = (t_n - t_2)/(t_2 - t_0). \quad (1)$$

Расход теплоносителя, кг/с, в системе отопления определяется согласно следующей зависимости:

$$G = G_1 + G_2 = G_2(I + \beta^{-1}) = G_1(I + \beta). \quad (2)$$

Величина G_1 фиксируется с помощью расходомера, устанавливаемого обратной магистралю в тепловом узле.

Тепловая мощность системы отопления, кВт:

$$Q = c_p G(t_2 - t_0), \quad (3)$$

где c_p – удельная теплоемкость воды, кДж/кг·К ; $c_p = 4,19$ кДж/кг·К.

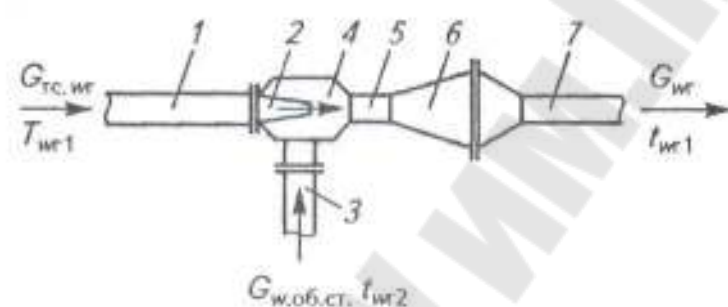


Рис. 2. Принципиальная схема включения водоструйного элеватора

1 - присоединительный трубопровод подачи сетевой воды из системы теплоснабжения; 2 - коническое сопло; 3 - трубопровод обратной воды системы отопления; 4 - камера смешения; 5 - горловина; 6 - диффузор элеватора; 7- подающий трубопровод в систему отопления

Из присоединенного к подающей линии тепловой сети трубопроводу 1 к коническому соплу 2 элеватора поступает горячая сетевая вода в количестве $G_{сч.вр1}$ с температурой $T_{вр1}$. При выходе с высокой скоростью через сопло 2 сетевой воды, вокруг него создается разрежение и возникает эффект эжекции, при этом в камеру смешения элеватора 4 через трубопровод 3 подсасывается обратная вода из системы отопления в количестве $G_{в.об.ст.1}$ с температурой $t_{вр2}$, при этом происходит перемешивание этих потоков. В горловине элеватора 5 протекает выравнивание параметров смеси потока воды $G_{вр2}$. В диффузоре 6 благодаря увеличению по ходу потока площади поперечного сечения скорость и гидродинамическое (скоростное) давление падают, но при этом возрастает гидростатическое давление. Благодаря разности гидростатических давлений в конце диффузора 6 и трубопроводе всасывания 3 создается циркуляционный напор для работы системы отопления.

Для нормальной работы давление в подающем трубопроводе перед элеватором должно быть больше давления в обратном трубопроводе в 5-10 раз.

Порядок выполнения работы

1. Ознакомиться с устройством теплового пункта и расположением в нем основных деталей и приборов.
2. Зарисовать схемы элеваторного узла и элеватора.
3. Подготовить следующую таблицу для записи опытных и расчетных данных:

Таблица 1

Температура горячей воды из тепловой сети, $t_n, ^\circ\text{C}$	Температура воды, поступающей из элеватора в систему отопления, $t_2, ^\circ\text{C}$	Температура охлажденной воды в системе отопления $t_0, ^\circ\text{C}$	Коэффициент подмешивания β	Количество теплоносителя, возвращаемого в тепловую сеть, $G_1, \text{кг/с}$	Тепловая мощность системы отопления, $Q, \text{кВт}$

4. Снять показания термометра; определить расход теплоносителя, возвращаемого в тепловую сеть. Данные занести в таблицу.

5. Определить величину коэффициента подмешивания по уравнению (1).

6. Определить расход теплоносителя в системе отопления по формуле (2).

7. Рассчитать тепловую мощность системы отопления согласно зависимости (3).

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №5

Выбор и расчет секционного водо-водяного подогревателя

Цель работы: ознакомиться с устройством и принципом работы отопительных водонагревателей, устанавливаемых в тепловых пунктах и приобрести навыки в выборе типоразмера отопительного секционного подогревателя и определении числа его секций.

Теоретические сведения

Водо-водяные подогревательные установки на групповых и местных тепловых подстанциях сооружаются обычно из секционных трубчатых теплообменников или из пластинчатых теплообменников.

Широкое применение на практике нашли секционные водо-водяные подогреватели, изготавливаемые по ГОСТ 27590-88 и по ОСТ 34-588-68. Корпуса этих подогревателей выполняются из стальных труб, а поверхность нагрева из латунных трубок Л-68 диаметром 16/14 мм. Трубные решетки приварены к корпусу подогревателя. Подогреватели для горячего водоснабжения изготавливаются без линзового компенсатора на корпусе. Проведенные исследования показывают, что при использовании этих секционных подогревателей для горячего водоснабжения, когда нагреваемая вода проходит внутри латунных трубок, а греющая — в межтрубном пространстве и температура греющей среды не превышает 150 °С, нет необходимости в установке на корпусе подогревателя линзовых компенсаторов, так как и без них напряжения в стенках трубок и корпусе не выходят за допустимые пределы. При использовании подогревателей для отопления греющая вода, как правило, пропускается внутри трубок, а нагреваемая — в межтрубном пространстве. Для компенсации температурных деформаций на корпусе компенсатора должен быть установлен линзовый компенсатор. Допускаемое рабочее давление: внутри трубок подогревателя 1 МПа, в межтрубном пространстве без линзового компенсатора 0,7 МПа.

Подогреватели собираются обычно из секций длиной 4 м, соединенных последовательно между собой как по первичному (греющему), так и по вторичному (нагреваемому) теплоносителю. В таких теплообменниках обычно организован теплообмен по схеме противотока при сравнительно близких скоростях воды в трубках и межтрубном пространстве, что создает условия для получения довольно высо-

ких коэффициентов теплопередачи порядка 1000-1500 Вт/(м·К). Для реализации этих условий необходимо выдержать зазоры между трубками подогревателя по всей их длине в межтрубном пространстве с тем, чтобы наружная поверхность всех трубок равномерно омывалась теплоносителем. Для этой цели в межтрубном пространстве под трубками устанавливаются опорные перегородки. Без опорных перегородок трубки прогибаются, зазоры между ними нарушаются, что приводит к существенному снижению тепловой производительности трубчатых секционных подогревателей.

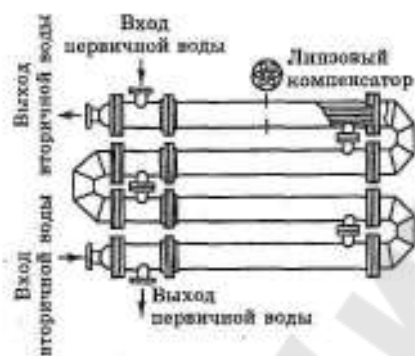


Рис. 1. Секционный водо-водяной подогреватель

Порядок выполнения работы

В качестве исходных данных принимаются: производительность подогревателя Q , Вт; температура сетевой воды на входе в подогреватель τ_1 , °С, и на выходе τ_2 , °С; температура нагреваемой воды на входе в подогреватель t_1 , °С, и на выходе t_2 , °С.

Определяем массовые G , кг/с, и объемные V , м³/с, расходы греющей (трубное пространство) и нагреваемой (межтрубное пространство) воды:

$$G_m = Q / (\tau_1 - \tau_2) \cdot c, \quad (1)$$

$$V_m = G_m / \rho, \quad (2)$$

$$G_{mm} = Q / (t_2 - t_1) \cdot c, \quad (3)$$

$$V_{mm} = G_{mm} / \rho, \quad (4)$$

где c – теплоемкость воды, $c=4190$ Дж/кг·К;

ρ – плотность воды, $\rho=1000$ кг/м³.

Площадь проходного сечения межтрубного пространства, м²:

$$f_{mm} = V_{mm} / \omega_{mm}, \quad (5)$$

где ω_{mm} – скорость воды в межтрубном пространстве, принимается предварительно $\omega_{mm}=0,8$ м/с.

По полученному f_{mm} выбираем подогреватель по ОСТ 34-588-68 [1, приложение 20] и выписываем его характеристики:

- внутренний диаметр корпуса D , мм;
- число латунных трубок (диаметром $d_n/d_g=16/14$ мм) n , шт.;
- площадь проходного сечения межтрубного пространства f_{mm} , m^2 , и трубного пространства f_m , m^2 ;
- гидравлическое сопротивление одной секции трубного пространства S_m , $m \cdot c^2/m^6$, и межтрубного пространства S_{mm} , $m \cdot c^2/m^6$.

Определяем скорость воды в трубках и в межтрубном пространстве, м/с:

$$\omega_m = V_m / f_m; \quad \omega_{mm} = V_{mm} / f_{mm}. \quad (6)$$

Эквивалентный диаметр для межтрубного пространства, м:

$$d_g = 4 \cdot f_{mm} / \pi \cdot (n \cdot d_n + D). \quad (7)$$

Средняя температура воды в трубном (τ_{cp}) и межтрубном (t_{cp}) пространстве, °С:

$$\tau_{cp} = (\tau_1 + \tau_2) / 2; \quad t_{cp} = (t_1 + t_2) / 2. \quad (8)$$

Определяем коэффициенты теплоотдачи, Вт/ $m^2 \cdot K$:

$$\alpha_m = \frac{A_{\delta m} \cdot \omega_m^{0,8}}{d_g^{0,2}}; \quad \alpha_{mm} = \frac{A_{\delta mm} \cdot \omega_{mm}^{0,8}}{d_g^{0,2}}, \quad (9)$$

где $A_{\delta m}$, $A_{\delta mm}$ – коэффициенты, определяются по приложению 6 по τ_{cp} и t_{cp} .

Коэффициент теплопередачи, Вт/ $m^2 \cdot K$:

$$k = \frac{\beta}{\frac{1}{\alpha_m} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_{mm}}}, \quad (10)$$

где β – коэффициент, учитывающий влияние загрязнения поверхности нагрева на коэффициент теплопередачи, $\beta=0,65$;

δ – толщина стенки трубок, м;

λ – теплопроводность трубок, для латуни $\lambda=105$ Вт/м·К.

Среднелогарифмический температурный напор, °С:

$$\Delta t = \frac{\Delta t_{\delta} - \Delta t_m}{\ln \frac{\Delta t_{\delta}}{\Delta t_m}}, \quad (11)$$

где Δt_{δ} , Δt_m – соответственно большая и меньшая разности температур между греющим и нагреваемым теплоносителями, °С.

Площадь поверхности нагрева подогревателя, m^2 :

$$F = \frac{Q}{k \cdot \Delta t}. \quad (12)$$

Длина хода воды по трубкам, м:

$$L_m = \frac{F}{\pi \cdot d_{cp} \cdot n}, \quad (13)$$

где d_{cp} – средний диаметр трубок, м;

$$d_{cp} = 0,5 \cdot (0,016 + 0,014) = 0,015 \text{ м.}$$

Количество секций (при длине одной секции $l_m=4$ м):

$$z = L_m / l_m. \quad (14)$$

Потери напора в трубном и межтрубном пространствах подогревателя, м:

$$\delta H_m = S_m \cdot z \cdot V_m^2; \quad \delta H_{mt} = S_{mt} \cdot z \cdot V_{mt}^2. \quad (15)$$

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №6

Определение годового расхода условного топлива на ТЭЦ

Цель работы: ознакомиться с устройством и принципом работы ТЭЦ, а также с методикой определения годового расхода условного топлива.

Порядок выполнения работы

Исходные данные:

- установлены две турбины ПТ-50/60-130/7;
- начальные параметры пара $p_0=13$ МПа, $t_0=555$ °С;
- давление пара в промышленном отборе $p_n=0,7$ МПа;
- давление пара в отопительном отборе $p_m=0,09$ МПа;
- давление в конденсаторе $p_k=0,005$ МПа;
- температура питательной воды $t_{н.в.}=230$ °С;
- годовая выработка электроэнергии на ТЭЦ Э, кВт·час/год;
- годовая выработка теплоты:
 - с паром промышленных отборов Q_1 , ГДж/год;
 - с паром отопительных отборов Q_2 , ГДж/год;
 - выработка теплоты пиковыми водогрейными котлами $Q_{м.п.}=Q_3$, ГДж/год;
 - суммарная годовая выработка теплоты Q , ГДж/год;
- температура конденсата от потребителей пара и от сетевых подогревателей $t_{к.м.1}=t_{к.м.2}=96$ °С;
- температура конденсационного потока ТЭЦ $t_k=32$ °С;
- КПД энергетических котлов $\eta=0,9$;
- КПД пиковых водогрейных котлов $\eta=0,86$;
- внутренний относительный КПД турбин $\eta_{oi}=0.82$;
- электромеханический КПД турбин $\eta_{эм}=0,98$;
- конденсат на ТЭЦ возвращается полностью;
- потерей теплоты во внутренних трубопроводах ТЭЦ пренебречь.

Расчет.

Определяем энтальпии пара (h_0 , кДж/кг), конденсата ($h_{к.т.}$, h_k , кДж/кг), питательной воды ($h_{н.в.}$, кДж/кг) [5, приложение 1] и изоэнтальпные перепады: $H_{m1}=760$ кДж/кг, $H_{m2}=1100$ кДж/кг, $H_{м.к.}=1465$ кДж/кг.

Использованный теплоперепад потока пара, кДж/кг:

$$h_{m1} = h_0 - H_{m1} \cdot \eta_{oi}, \quad (1)$$

$$h_{m2} = h_0 - H_{m2} \cdot \eta_{oi}, \quad (2)$$

$$h_{m.k.} = h_0 - H_{m.k.} \cdot \eta_{oi}. \quad (3)$$

Параметры пара условного регенеративного отбора турбин ТЭЦ (для подогрева конденсата промышленного и отопительного отборов):

$$t_{p1} = t_{p2} = 0,5 \cdot (t_{n.в.} + t_{к.м.1}) \text{ } ^\circ\text{C}; \quad (4)$$

$$p_{p1} = p_{p2} = 0,67 \text{ МПа};$$

$$H_{p1} = H_{p2} = 765 \text{ кДж/кг};$$

$$h_{p1} = h_{p2} = h_0 - H_{p1} \cdot \eta_{oi} \text{ кДж/кг}. \quad (5)$$

Относительная выработка электроэнергии за счет регенеративного подогрева конденсата паром отборов:

$$e_{m1} = \frac{H_{p1} \cdot (h_{n.в.} - h_{к.м.})}{H_{m1} \cdot (h_{p1} - h_{n.в.})}; \quad (6) \quad e_{m2} = \frac{H_{p2} \cdot (h_{n.в.} - h_{к.м.})}{H_{m2} \cdot (h_{p2} - h_{n.в.})}. \quad (7)$$

Удельная комбинированная выработка электроэнергии на тепловом потреблении производственного и отопительного отборов, кВт·час/ГДж:

$$\mathcal{E}_{m1} = \frac{278 \cdot H_{m1} \cdot \eta_{oi} \cdot \eta_{эм} \cdot (1 + e_{m1})}{h_{m1} - h_{к.м.1}}; \quad (8)$$

$$\mathcal{E}_{m2} = \frac{278 \cdot H_{m2} \cdot \eta_{oi} \cdot \eta_{эм} \cdot (1 + e_{m2})}{h_{m2} - h_{к.м.2}}. \quad (9)$$

Годовая выработка электроэнергии на тепловом потреблении и по конденсационному циклу на ТЭЦ, кВт·час/год:

$$\mathcal{E}_m = \mathcal{E}_{m1} \cdot Q_1 + \mathcal{E}_{m2} \cdot Q_2; \quad (10)$$

$$\mathcal{E}_{к.м.} = \mathcal{E} - \mathcal{E}_m. \quad (11)$$

Параметры пара условного регенеративного отбора для подогрева конденсационного потока ТЭЦ:

$$t_p = 0,5 \cdot (t_{n.в.} + t_k) \text{ } ^\circ\text{C}; \quad (12)$$

$$p_p = 0,279 \text{ МПа}; \quad H_p = 920 \text{ кДж/кг};$$

$$h_p = h_0 - H_p \cdot \eta_{oi} \text{ кДж/кг}. \quad (13)$$

Значения относительной выработки электроэнергии и КПД для конденсационной выработки:

$$e_{к.м.} = \frac{H_p \cdot (h_{n.в.} - h_k)}{H_{м.к.} \cdot (h_p - h_{н.в.})}; \quad (14)$$

$$\eta_i = \frac{H_{\kappa} \cdot \eta_{oi}}{h_0 - h_{\kappa}}; \quad (15)$$

$$\eta_i^p = \frac{\eta_i \cdot (1 + e_{\kappa.m.})}{1 + e_{\kappa.m.} \cdot \eta_i}. \quad (16)$$

Удельные расходы условного топлива на выработку электроэнергии по теплофикационному и конденсационному циклам, кг/кВт·час:

$$b_m^{\varepsilon} = \frac{0,123}{\eta_{\kappa.c.} \cdot \eta_{\varepsilon m}}; \quad (17)$$

$$b_{\kappa.m.}^{\varepsilon} = \frac{0,123}{\eta_{\kappa.c.} \cdot \eta_{\varepsilon m} \cdot \eta_i^p}. \quad (18)$$

Удельные расходы условного топлива на выработку теплоты в энергетических и пиковых водогрейных котлах ТЭЦ, кг/ГДж:

$$b_m^m = 34,1 / \eta_{\kappa.c.}; \quad (19)$$

$$b_{m.n.}^m = 34,1 / \eta_{\kappa.n.}. \quad (20)$$

Годовой расход условного топлива на ТЭЦ на выработку электроэнергии, на выработку теплоты и суммарный, кг/год:

$$B_{m.\varepsilon.} = b_m^{\varepsilon} \cdot \mathcal{E}_m + b_{\kappa.m.}^{\varepsilon} \cdot \mathcal{E}_{\kappa.m.}; \quad (21)$$

$$B_{m.m.} = b_m^m \cdot (Q_1 + Q_2) + b_{m.n.}^m \cdot Q_{m.n.}; \quad (22)$$

$$B_m = B_{m.\varepsilon.} + B_{m.m.}. \quad (23)$$

ЛИТЕРАТУРА

1. Соколов Е.Я. Теплофикация и тепловые сети: учеб. для вузов. – 7-е изд. – М.: Издательство МЭИ, 2001. – 472 с.
2. Теплоснабжение: учеб. для вузов/ А.А. Ионин, Б.М. Хлыбов и др. Под ред. А.А. Ионина. – М.: Стройиздат, 1982. – 336 с.
3. СНиП II-3-79. Строительная теплотехника / Госстрой СССР. – М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1979. – 63 с.
4. Справочник проектировщика. Проектирование тепловых сетей/ Под ред. А.А. Николаева. – М.: Стройиздат, 1965. – 360 с.
5. Теплоснабжение: учеб. пособие для вузов / В. Е. Козин, Т.А. Левина, А.П. Марков и др. – М.: Высш.шк., 1980. – 408 с.
6. СНиП 2.04.07-86. Тепловые сети / Госстрой СССР. – М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1987. – 48 с.
7. СНиП 2.04.14-88. Тепловая изоляция оборудования и трубопроводов / Госстрой СССР. – М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1989. – 32 с.
8. Варфоломеев Ю.М., Кокорин О.Я. Отопление и тепловые сети: учебник. – М.: ИНФРА-М, 2007. – 480 с.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1

Коэффициент n

Ограждающие конструкции	Коэффициент n
1. Наружные стены и покрытия (в том числе вентилируемые наружным воздухом), перекрытия чердачные (с кровлей из штучных материалов) и над проездами; перекрытия над холодными (без ограждающих стенок) подпольями в Северной строительной-климатической зоне	1
2. Перекрытия над холодными подвалами, сообщающимися с наружным воздухом; перекрытия чердачные (с кровлей из рулонных материалов); перекрытия над холодными (с ограждающими стенками) подпольями и холодными этажами в Северной строительной-климатической зоне	0,9
3. Перекрытия над неотапливаемыми подвалами со световыми проемами в стенах	0,75
4. Перекрытия над неотапливаемыми подвалами без световых проемов в стенах, расположенные выше уровня земли	0,6
5. Перекрытия над неотапливаемыми техническими подпольями, расположенными ниже уровня земли	0,4

Приложение 2

Нормируемый температурный перепад

Здания и помещения	Нормируемый температурный перепад $\Delta t^{\#}$, °С, для		
	Наружных стен и чердачных перекрытий	Покровов	Перекрытий над проездами, подвалами и подпольями
1. Жилые, лечебнопрофилактические и детские учреждения, школы, интернаты	4,0	3,0	2,0
2. Общественные, кроме указанных в п. 1, административные и бытовые, за исключением помещений с влажным или мокрым режимом	4,5	4,0	2,5

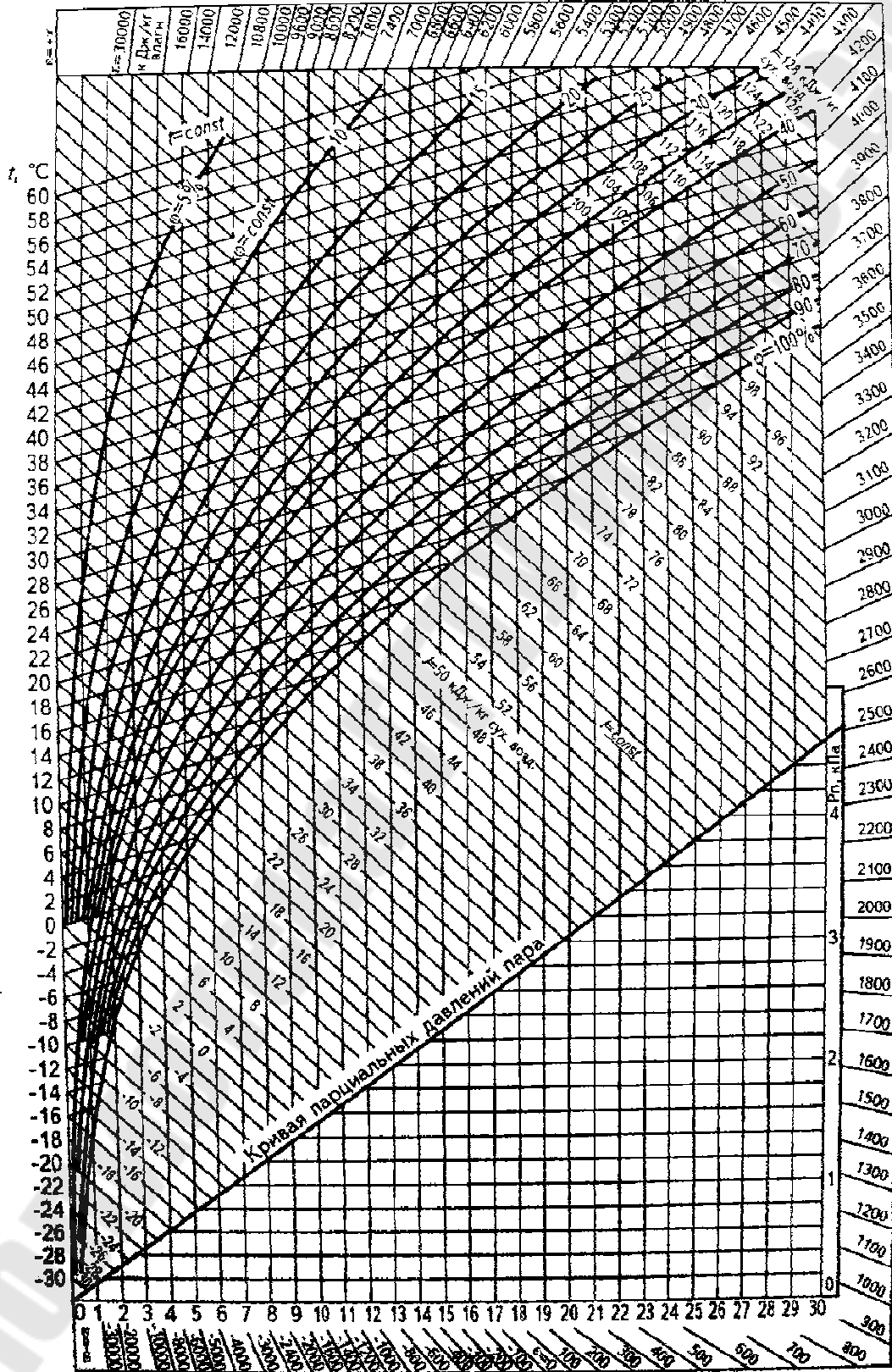
Приложение 3

Внутренняя поверхность ограждающих конструкций	Коэффициент теплоотдачи $\alpha_{в}$, Вт/(кв.м · °С)
1. Стен, полов, гладких потолков, потолков с выступающими ребрами при отношении высоты h ребер к расстоянию a между гранями соседних ребер $\frac{h}{a} \leq 0,3$	8,7
2. Потолков с выступающими ребрами при отношении $\frac{h}{a} > 0,3$	7,6
3. Зенитных фонарей	9,9

Приложение 4

Наружная поверхность ограждающих конструкций	Коэффициент теплоотдачи для зимних условий, $\alpha_{нз}$ Вт/(кв.м · °С)
1. Наружных стен, покрытий, перекрытий над проездами и над холодными (без ограждающих стенок) подпольями в Северной строительной зоне	23
2. Перекрытий над холодными подвалами, сообщающимися с наружным воздухом; перекрытий над холодными (с ограждающими стенками) подпольями и холодными этажами в Северной строительной зоне	17
3. Перекрытий чердачных и над неотапливаемыми подвалами со световыми проемами в стенах, а также наружных стен с воздушной прослойкой, вентилируемой наружным воздухом	12
4. Перекрытий над неотапливаемыми подвалами без световых проемов в стенах, расположенных выше уровня земли, и над неотапливаемыми техническими подпольями, расположенными ниже уровня земли	6

I-d диаграмма влажного воздуха



**Таблица для определения температурных множителей
в зависимости от температуры воды при турбулентном движении**

Температура, °С	A_{θ} , Вт·с ^{0,8} /м ^{2,6} ·К
20	2124
30	2220
40	2400
50	2574
60	2773
70	2896
80	3051
90	3269
100	3315
110	3439
120	3554
130	3663
140	3762
150	3852
160	3937
170	4012
180	4076

Физические свойства строительных материалов

Наименование материалов	Средняя плотность конструкции, $кг/м^3$	Расчетный коэффициент теплопроводности, $\lambda, Вт/м \cdot град$	
		А	Б
1	2	3	4
Бетон на гравии или щебне из природного камня	2400	1,22	1,45
Крупнопористый беспесчаный бетон на плотном заполнителе	1900	0,93	0,99
То же	1600	0,64	0,70
Шлакобетон на топливных (котельных) шлаках и бетон на аглопорите	1800	0,81	0,87
Перлитобетон	1200	0,35	0,41
	1000	0,27	0,33
	800	0,21	0,26
	600	0,14	0,17
Керамзитобетон	1800	0,76	0,81
	1400	0,41	0,53
	1200	0,41	0,47
	1000	0,29	0,35
	800	0,23	0,29
	600	0,17	0,23
	400	0,14	0,17
Засыпки теплоизоляционные (теплоемкость $C = 0,838, кДж/кг \cdot град$)			
Шлак топливный	1000	0,23	0,29
То же	700	0,17	0,22
Шлак доменной гранулированный	900	0,21	0,26
То же	500	0,14	0,16
Керамзит	900	0,35	0,41
То же	500	0,17	0,21
	300	0,13	0,15
Пемза или туф (засыпки)***	600	0,17	0,23

продолжение приложения 7

Наименование материалов	Средняя плотность конструкции, $кг/м^3$	Расчетный коэффициент			
		теплопроводности, $\lambda, Вт/м \cdot град$		Теплоусвоение (при периоде 24 ч), $S, Вт/м^2 \cdot град$	
		А	Б	А	Б
1	2	3	4	5	6
Пемза и туф (засыпки)	400	0,14	0,17	2,26	2,50
Перлит вспученный	250	0,06	0,09	0,94	1,19
Вермикулит вспученный	300	0,10	0,14	0,21	1,59
Трепелы (диатомиты)	700	0,19	0,21	2,80	2,97
То же	500	0,14	0,17	2,06	2,26
К и р п и ч н а я к л а д к а (теплоемкость $C = 0,839, кДж/кг \cdot град$)					
Кирпичная кладка из обыкновенного глиняного обожженного кирпича на тяжелом растворе	1800	0,70	0,81	8,98	10,12
То же, на легком растворе плотностью $1400 кг/м^3$	1700	0,64	0,76	8,32	9,01
Кладка из силикатного кирпича на любом растворе	1900	0,76	0,87	9,54	10,29
Кладка из шлакового кирпича плотностью $1400 кг/м^3$ на тяжелом растворе	1500	0,64	0,70	7,82	8,14
Растворы строительные и штукатурка (теплоемкость $C = 0,838, кДж/кг \cdot град$)					
Цементно-песчаный раствор или штукатурка из него	1800	0,76	0,93	9,07	10,06
Сложны раствор (песок известь, цемент) или штукатурка из него	1700	0,70	0,87	8,47	9,48
Известково-песчаный раствор или штукатурка из него	1600	0,70	0,81	8,21	8,90
Штукатурка известково-песчаным раствором по грани	1400	0,52	0,64	6,63	7,39
Цементно-шлаковый раствор	1200	0,47	0,52	5,82	6,16

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	3
Лабораторная работа №1. Определение термического сопротивления ограждающих конструкций зданий.....	4
Лабораторная работа №2. Определение теплотерь через ограждающие конструкции здания и определение требуемой тепловой мощности системы отопления.....	9
Лабораторная работа №3. Определение расчетных тепловых нагрузок района и построение годового графика расхода тепла по продолжительности тепловых нагрузок.....	13
Лабораторная работа №4. Изучение устройства теплового пункта и исследование параметров его работы.....	17
Лабораторная работа №5. Выбор и расчет секционного водо-водяного подогревателя.....	20
Лабораторная работа №6. Определение годового расхода условного топлива на ТЭЦ.....	24
Литература.....	27
Приложения.....	28

**Юфанова Татьяна Сергеевна
Погарцев Игорь Робертович**

**ИСТОЧНИКИ И СИСТЕМЫ
ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ
ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ**

**Лабораторный практикум
по одноименной дисциплине
для студентов специальностей 1-43 01 05
«Промышленная теплоэнергетика» и 1-43 01 07
«Техническая эксплуатация
энергооборудования организаций»**

Подписано в печать 05.10.09.

Формат 60x84/16. Бумага офсетная. Гарнитура «Таймс».

Цифровая печать. Усл. печ. л. 2,56. Уч.-изд. л. 2,25.

Изд. № 101.

E-mail: ic@gstu.gomel.by

<http://www.gstu.gomel.by>

Отпечатано на цифровом дуплекаторе
с макета оригинала авторского для внутреннего использования.

Учреждение образования «Гомельский государственный
технический университет имени П. О. Сухого».

246746, г. Гомель, пр. Октября, 48.