

**Методические указания по нормированию расходов тепла на отопление и вентиляцию производственных зданий и тепловых электростанций (МУ 34-70-079-84)**

**РД 34.09.210. Методические указания по нормированию расходов тепла на отопление и вентиляцию производственных зданий и тепловых электростанций (МУ 34-70-079-84)**

МИНИСТЕРСТВО ЭНЕРГЕТИКИ И ЭЛЕКТРИФИКАЦИИ СССР

ГЛАВНОЕ ТЕХНИЧЕСКОЕ УПРАВЛЕНИЕ ПО ЭКСПЛУАТАЦИИ ЭНЕРГОСИСТЕМ

### МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

#### ПО НОРМИРОВАНИЮ РАСХОДОВ ТЕПЛА НА ОТОПЛЕНИЕ И ВЕНТИЛЯЦИЮ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ЗДАНИЙ ТЕПЛОВЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ

**РД 34.09.210-84**

**(МУ 34-70-079-84)**

УДК 621.311.22.004.1:697.921.452

*Срок действия установлен*

*с 01.01.85 г.*

*до 01.01.95 г.*

**РАЗРАБОТАНО** предприятием "Сибтехэнерго" и Московским головным предприятием Союзтехэнерго

**ИСПОЛНИТЕЛИ** *В.Ф.РЫБАЛКО, В.Н.КОМАРОВ, Н.Б.КОБЕЛЕВА* (Сибтехэнерго), *Л.Д.САТАНОВ* (МГП Союзтехэнерго)

**СОГЛАСОВАНО** с Научно-исследовательским институтом планирования и нормативов при Госплане СССР

Заместитель директора *А.С.ХРЯЦЕВ*

**УТВЕРЖДЕНО** Главным техническим управлением по эксплуатации энергосистем 07.07.84г.

Начальник *В.И.ГОРИН*

До выхода настоящих Методических указаний отсутствовали единые требования по составлению (расчету) норм расхода тепла на отопление и вентиляцию производственных зданий ТЭС. Отсутствие норм расхода тепла не позволяет правильно учитывать теплопотребление на отопление и вентиляцию и, следовательно, правильно рассчитывать технико-экономические показатели работы ТЭС.

По ряду причин, определяемых типом установленного оборудования, архитектурно-планировочными решениями производственных зданий, климатическими условиями зоны расположения ТЭС, типом ограждающих конструкций и видом топлива, составление единых норм расхода тепла на отопление и вентиляцию зданий ТЭС не представляется возможным.

Руководствуясь настоящими Методическими указаниями, следует определять нормативные расходы тепла на отопление и вентиляцию производственных зданий с учетом индивидуальных особенностей для конкретной ТЭС.

Сопоставление полученных нормативных расходов тепла с фактическим теплопотреблением позволит оценивать рациональность расходования тепла на отопление и вентиляцию, намечать и выполнять мероприятия по достижению нормативных расходов тепла.

Нормирование расходов тепла на отопление и вентиляцию производственных зданий ТЭС будет способствовать повышению уровня эксплуатации систем отопления и вентиляции, устранению перерасходов тепла на собственные нужды.

## 1.1. Основные положения

1.1.1. Нормирование расхода тепловой энергии (тепла) - это установление плановой меры ее потребления.

1.1.2. Норма расхода тепла на отопление и вентиляцию производственных зданий - это плановый показатель его расхода на обогрев зданий за определенный период в определенных климатических условиях.

1.1.3. Основными показателями нормирования расходов тепла на отопление и вентиляцию на уровне энергопредприятия являются индивидуальные и групповые нормы.

1.1.4. Индивидуальная норма расхода тепла на отопление и вентиляцию - это плановое значение расхода теплота на обогрев, которое устанавливается для зданий производственного назначения при определенных эксплуатационных условиях. Индивидуальные нормы используются для расчета групповых норм.

1.1.5. Групповая норма - это плановое значение расхода тепла на отопление и вентиляцию хозяйственным объектом на соответствующем уровне планирования (в данном случае - на уровне электростанции) при обогреве зданий для принятых в планируемом периоде режима эксплуатации, размера производства продукции и климатических условий. Групповая норма является общепроизводственной нормой.

1.1.6. В нормы расхода тепла на отопление и вентиляцию не включаются затраты тепла, вызванные отступлениями от установленных режимов работы оборудования, принятой технологии, и других энергетических затрат, а также затраты тепла на строительство и капитальный ремонт зданий и сооружений, монтаж и наладку нового технологического оборудования, отпуск тепла внешним потребителям (для поселков, детским учреждениям, клубам и т.п.). Эти расходы тепла должны нормироваться отдельно.

## 1.2. Классификация производственных зданий ТЭС по характеру избытков явного тепла и схемам общеобменной вентиляции

1.2.1. Производственные здания тепловых электростанций по характеру (режиму) теплопотребления делятся на две категории в зависимости от значения избытков явного тепла (ГОСТ 12.1.005-76).

К первой категории относятся производственные здания со значительными избытками явного тепла [более 20 ккал/(м<sup>3</sup>·ч)]: главные корпуса, пусковые и пуско-отопительные котельные.

Ко второй категории относятся производственные здания с незначительными избытками явного тепла [не более 20 ккал/(м<sup>3</sup>·ч)]: инженерно-бытовые корпуса, объединенные вспомогательные корпуса, помещения насосных и др.

1.2.2. В производственных зданиях ТЭС первой категории следует различать по высоте следующие две зоны:

- условная рабочая зона, заключенная между нулевой отметкой и отметкой обслуживания основного технологического оборудования;

- рабочая зона, занимающая по высоте 2 м от отметки обслуживания основного технологического оборудования.

1.2.3. В производственных зданиях первой категории предусматривается постоянное (при работающем основном технологическом оборудовании) и дежурное (при неработающем оборудовании) отопление.

Расчет тепловых потерь для определения тепловой нагрузки системы постоянного отопления производится только для объема условной рабочей зоны здания.

Расчет тепловых потерь для определения тепловой нагрузки системы дежурного отопления производится для всего объема здания.

В производственных зданиях второй категории предусматривается только постоянное отопление.

1.2.4. В расчетах тепловых потерь ограждающими конструкциями принимаются теплотехнические характеристики фактически смонтированных ограждающих конструкций. Доля остекления ограждающих конструкций принимается по данным фактических измерений.

Использование в расчетах тепловых потерь главного корпуса справочных или проектных удельных тепловых характеристик не допускается.

1.2.5. В зависимости от схемы и конструктивного исполнения системы общеобменной вентиляции главные корпуса всех тепловых электростанций разделяются на пять типов (рис. 1):

1-й - с общеобменной вентиляцией за счет использования аэрации;

2-й - со смешанной общеобменной вентиляцией, при которой в машинном отделении предусматривается вентиляция с использованием аэрации, а в котельном отделении - с помощью приточных установок калориферами "на просос";

3-й - с общеобменной вентиляцией с помощью приточных установок с калориферами "на просос";

4-й - со смешанной общеобменной вентиляцией, при которой в машинном отделении предусматриваются приточные установки с механическим побуждением, а в котельном отделении - калориферы "на просос";

5-й - с общеобменной вентиляцией с помощью приточных установок с механическим побуждением.

Системы общеобменной вентиляции главных корпусов типов 3, 4, 5, кроме того, по доле расхода наружного воздуха в зимний период в номинальном расходе на дутьевые вентиляторы котлов подразделяются на два вида:

а - с частичным забором воздуха дутьевыми вентиляторами котлов из котельного отделения (3а, 4а, 5а);

б - со 100%-ным забором воздуха дутьевыми вентиляторами котлов из котельного отделения (3б, 4б, 5б).

Система смешанной общеобменной вентиляции котельного отделения (тип 2) может быть только с частичным забором воздуха из помещения дутьевыми вентиляторами котлов.

### 1.3. Классификация систем вентиляции производственных зданий ТЭС по назначению

1.3.1. По своему назначению все системы вентиляции производственных зданий ТЭС первой категории подразделяются на:

- местную;

- зональную;

технологическую.

В производственных зданиях ТЭС второй категории могут иметь место только приточные установки местной системы вентиляции.

1.3.2. Конструктивно самостоятельные приточные установки зональной системы вентиляции могут иметь место только в главных корпусах типов 1 и 2 (машинное отделение). В главных корпусах остальных типов: 2 (котельное отделение), 3, 4 и 5 приточные установки зональной системы вентиляции входят в приточные установки системы общеобменной вентиляции.

Расход наружного воздуха на зональную вентиляцию принимается для главных корпусов всех типов равным 10% суммарной производительности дутьевых вентиляторов при номинальной тепловой производительности котлов [4].

Распределение расхода воздуха на машинное и котельное отделения производится пропорционально объемам их рабочих зон.

а)

б)

в)

г)

д)

Рис.1. Схемы общеобменной вентиляции главных корпусов тепловых электростанций:

а - д - соответственно 1-й - 5-й типы главных корпусов; 1 - открывающиеся фрамуги;

2 - калориферы "напросос"; 3 - приточные установки с механическим побуждением;

4 - фонарь в котельном отделении; м.о. и к.о. - соответственно машинное и котельное отделения

### 1.4. Классификация систем вентиляции производственных зданий ТЭС по характеру распределения теплотребления

1.4.1. Под тепловой нагрузкой на вентиляцию понимается расход тепла на нагрев наружного воздуха в специальных приточных установках, включая калориферы "на просос".

- 1.4.2. Тепловая нагрузка наместную и зональную вентиляцию учитывается в расходе тепла на собственные нужды электростанции.
- 1.4.3. Тепловая нагрузка на технологическую вентиляцию для главных корпусов типов 2 (кабальное отделение), 3, 4 и 5, определяемая как разность между нагрузками на общеобменную и зональную вентиляцию, учитывается только в тепловом балансе котлов.
- 1.4.4. Температура воздуха после приточных установок принимается в эксплуатационных расчетах по проектным данным или данным наладочной организации.
- 1.4.5. Расход наружного воздуха приточные установки всех систем вентиляции, кроме зональной, при расчетах принимается по проектным данным, данным наладочной организации или фактическим измерениям.
- 1.4.6. Расход наружного воздуха приточные установки с механическим побуждением системы общеобменной вентиляции вида б со 100%-ным забором воздуха дутьевыми вентиляторами котлов из котельного отделения допускается, в виде исключения, принимать по значению суммарного расхода воздуха на дутьевые вентиляторы при номинальной тепловой производительности котлов при отсутствии забора воздуха снаружи и фонаря на кровле главного корпуса.

### 1.5. Характеристика норм расхода тепла

- 1.5.1. Норма расхода тепла на отопление производственных зданий первой категории зависит от климатических условий, теплотехнических характеристик ограждающих конструкций и коэффициента (b) простоев основного технологического оборудования.
- 1.5.2. Норма расхода тепла на отопление производственных зданий второй категории зависит только от климатических условий и теплотехнических характеристик ограждающих конструкций.
- 1.5.3. Норма расхода тепла наместную вентиляцию для главных корпусов всех типов, а также производственных зданий второй категории зависит от климатических условий, расхода и температуры воздуха на выходе из приточной установки.
- 1.5.4. Норма расхода тепла на зональную вентиляцию для главных корпусов всех типов зависит от климатических условий, расхода и температуры воздуха на выходе из приточной установки, а также коэффициента (g) использования номинальной тепловой производительности котлов (с учетом простоев котлов в ремонтах).
- 1.5.5. Норма расхода тепла на зональную вентиляцию для главных корпусов типов 1 и 2 (машинное отделение) при отсутствии приточных установок зональной вентиляции должна учитываться в норм расхода тепла на отопление.
- 1.5.6. Норма расхода тепла на общеобменную вентиляцию (зональную и технологическую) для главных корпусов типов 4а (машинное отделение) и 5а зависит от климатических условий, расхода и температуры воздуха на выходе из приточных установок.
- 1.5.7. Норма расхода тепла на общеобменную вентиляцию (зональную и технологическую) для главных корпусов типов 2 (котельное отделение), 3а, 3б, 4б, 5б зависит от климатических условий, расхода и температуры выдаваемого воздуха, а также коэффициента (g) использования номинальной тепловой производительности котлов (с учетом простоев котлов в ремонтах).
- Зависимость норм расходов тепла от различных условий приведена в табл. 1.
- 1.5.8. Индивидуальные нормы расхода тепла на отопление, вентиляцию и кондиционирование воздуха определяются на единицу строительного объема производственных зданий и на градус разности расчетных температур внутреннего и наружного воздуха (в единице измерения  $\frac{\text{ккал}}{\text{м}^3 \cdot \text{ч} \cdot \text{°C}}$ ) или на единицу установленной тепловой производительности котлов и на градус разности расчетных температур внутреннего и наружного воздуха (в единице измерения  $\frac{\text{ккал/ч}}{\text{Гкал} \cdot \text{ч} \cdot \text{°C}}$ ).
- Индивидуальные нормы расхода тепла на отопление приводятся к единой расчетной температуре наружного воздуха - 30°C.
- 1.5.9. Норма расхода тепла на технологическую вентиляцию предназначена только для использования на ТЭС для планирования и отчетности теплоснабжения на технологические нужды, использование ее для сопоставления с аналогичной нормой других тепловых электростанций не допускается.

Таблица 1

Норма расхода тепла	Условия (параметры)						
	Расчетная температура наружного воздуха $t_{H}^P, \text{°C}$	Расчетная температура воздуха внутри помещения $t_{B}^P, \text{°C}$	Удельная тепловая характеристика здания $q, \frac{\text{ккал}}{\text{м}^3 \cdot \text{ч} \cdot \text{°C}}$	Коэффициент простоев основного технологического оборудования b	Расход наружного воздуха G, $\text{м}^3/\text{ч}$	Температура воздуха на выходе из приточной установки $t_B, \text{°C}$	Коэффициент использования номинальной тепловой мощности котлов g
Отопление производственных зданий первой категории	+	+	+	+	-	-	-

Отопление производственных зданий второй категории	+	+	+	-	-	-	-
Местная вентиляция	+	-	-	-	+	+	-
Зональная вентиляция	+	-	-	-	+	+	+
Общеобменная вентиляция главных корпусов типов 4а и 5а	+	-	-	-	+	+	-
Общеобменная вентиляция главных корпусов типов 2 (котельное отделение), 3а, 3б, 4б и 5б	+	-	-	-	+	+	+

*Примечание.* + зависит; - не зависит.

## 2. Определение расчетных тепловых нагрузок на отопление производственных зданий ТЭС

Расчетная тепловая нагрузка на отопление любого производственного здания ТЭС определяется по формуле:

$$Q_o = Q_{г.л.} + Q_{инф}, \quad (1)$$

где

$Q_o$  - расчетная тепловая нагрузка на отопление, Гкал/ч;

$Q_{г.л.}$  - расчетные тепловые потери через ограждающие конструкции, Гкал/ч;

$Q_{инф}$  - расчетные тепловые потери на инфильтрацию наружного воздуха, Гкал/ч.

### 2.1. Тепловые потери ограждающими конструкциями

2.1.1. Тепловые потери зданий первой категории определяются по формулам:

для систем постоянного отопления

$$Q_{г.л.} = \left\{ \sum F_{в.р.з}^i \left[ K_{ст}^i + \rho^i (K_{ок}^i - K_{ст}^i) \right] \right\} (t_B^{CP} - t_H^P) \cdot 10^{-6}, \quad (2)$$

для систем дежурного отопления

$$Q_{г.л.} = \left\{ \sum F_{ст}^i \left[ K_{ст}^i + \rho^i (K_{ок}^i - K_{ст}^i) \right] + \sum S^i K_{пот}^i \right\} (t_B^P - t_H^P) \cdot 10^{-6}, \quad (3)$$

где

$F_{в.р.з}^i$  - площади стеновых ограждающих конструкций условной рабочей зоны с одинаковыми коэффициентами теплопередачи, м<sup>2</sup>;

$K_{ст}^i$  - коэффициенты теплопередачи соответствующих стеновых конструкций, ккал/(м<sup>2</sup>·ч·°С);

$\rho^i$  - коэффициенты остекления соответствующих ограждающих конструкций;

$K_{ок}^i$  - коэффициенты теплопередачи окон на соответствующих стеновых конструкциях, ккал/(м<sup>2</sup>·ч·°С);

$t_B^{CP}$  - средняя температура воздуха в условной рабочей зоне при постоянном отоплении, °С;

$t_H^P$  - расчетная температура наружного воздуха для отопления, °С;

$F_{ст}^i$  - площади всех стеновых ограждающих конструкций с одинаковыми коэффициентами теплопередачи, м<sup>2</sup>;

$S^i$  - площади перекрытий с одинаковыми коэффициентами теплопередачи, м<sup>2</sup>;

$K_{пот}^i$  - коэффициенты теплопередачи соответствующих конструкций перекрытий, ккал/(м<sup>2</sup>·ч·°С);

$t_B^P$  - расчетная температура воздуха внутри помещений при дежурном отоплении, °С.

Площадь наружных стен условной рабочей зоны определяется по формуле:

$$F_{y.p.z} = P h_{y.p.z}, \quad (4)$$

где

$P$  - периметр здания, м;

$h_{y.p.z}$  - высота условной рабочей зоны (от нулевой отметки до отметки площадки обслуживания оборудования), м.

2.1.2. Тепловые потери зданий второй категории определяются через удельную тепловую характеристику здания по формуле:

$$Q_{T.H} = q V (t_B^P - t_H^P) \cdot 10^{-6}, \quad (5)$$

где

$q$  - удельная тепловая характеристика здания, ккал/(м<sup>3</sup>·ч·°С);

$V$  - объем здания по наружному обмеру, м<sup>3</sup>;

$t_H^P$  - расчетная температура воздуха отапливаемых помещений, °С.

Удельная тепловая характеристика ( $q$ ) определяется по формуле:

$$q = \frac{P}{S} [K_{ст} + \rho_0 (K_{ок} - K_{ст})] + \frac{1}{h} (K_{лст} - 0,6 K_{пол}), \quad (6)$$

где

$S$  - площадь здания, м<sup>2</sup>,

$\rho_0$  - коэффициент остекления, т.е. отношение площади остекления к площади вертикальных ограждений;

$h$  - высота здания, м;

$K_{ст}, K_{ок}, K_{лст}, K_{пол}$  - коэффициенты теплопередачи соответственно стен, окон, потолка и пола, ккал/(м<sup>2</sup>·ч·°С),

Коэффициенты теплопередачи для смонтированных ограждающих конструкций принимаются по справочным данным или определяются расчетным путем, при этом следует иметь в виду, что сопротивлению теплопередаче есть величина, обратная коэффициенту теплопередачи, т.е.  $R = 1 / K$ .

Общее сопротивление теплопередаче многослойного ограждения  $R_0$  равно сумме сопротивлений теплопроводности отдельных материальных слоев  $R_i$ , теплопередаче воздушной прослойки  $R_{в.лп}$  и теплообмену на внутренней  $R_{в}$  и наружной  $R_{н}$  поверхностях ограждения.

$$R_0 = R_{в} + \sum R_i + R_{в.лп} + R_{н}, \quad (7)$$

Коэффициент теплопередачи ограждения  $K$  определяется в виде

$$\frac{1}{K} = R_0 = \frac{1}{\alpha_{в}} + \sum \frac{\delta_i}{\lambda_i} + R_{в.лп} + \frac{1}{\alpha_{н}}, \quad (8)$$

где

$\alpha_{в}, \alpha_{н}$  - коэффициенты теплообмена на внутренней и наружной поверхностях ограждения, ккал/(м<sup>2</sup>·ч·°С);

$\delta_i, \lambda_i$  - толщина (м) и теплопроводность [ккал/(м<sup>2</sup>·ч·°С)]  $i$ -го слоя материала ограждения.

Коэффициент теплообмена на внутренней поверхности ограждения  $\alpha_{в}$  принимается по табл. 2 [1].

Коэффициент теплообмена на наружной поверхности ограждения  $\alpha_{н}$  принимается по табл. 3 [1].

Термические сопротивления замкнутых воздушных прослоек  $R_{в.лп}$  принимаются по табл. 4 [1].

Значения необходимых для расчета величин приведены в приложениях 1-8.

## 2.2. Тепловые потери на инфильтрацию воздуха

2.2.1. Расчетные тепловые потери на инфильтрацию наружного воздуха для систем дежурного и постоянного отопления зданий первой категории определяются по формуле:

$$Q_{ннн} = \alpha C \rho V (t_B^p - t_H^p) 10^{-6}, \quad (9)$$

где

$\alpha$  - коэффициент кратности воздухообмена;

$V$  - объем здания (для систем дежурного отопления), объем условной рабочей зоны (для систем постоянного отопления), м<sup>3</sup>;

$t_B^p$  - расчетная температура воздуха (для систем дежурного отопления), средняя температура воздуха условной рабочей зоны (для систем постоянного отопления), °С;

$t_H^p$  - расчетная температура наружного воздуха для отопления, °С.

Объем условной рабочей зоны определяется по формуле:

$$V_{y.p.z} = S h_{y.p.z}, \quad (10)$$

где

$S$  - площадь здания, м<sup>2</sup>;

$h_{y.p.z}$  - высота условной рабочей зоны, м.

Таблица 2

Поверхность	$\alpha_B$ ккал/(м <sup>2</sup> ·ч·°С)
Стен, полов и потолков (гладких или с выступающими ребрами) при отношении $h/a$ ребер к расстоянию $a$ между гранями соседних ребер $h/a \leq 0,3$	7,5
Потолков с выступающими ребрами при соотношении $h/a > 0,3$	6,5
<i>Примечание.</i> Для потолков с кессонами при отношении $h/a > 0,3$ (где $a$ - меньшая сторона кессона) следует принимать $\alpha_B = 6$ ккал/(м <sup>2</sup> ·ч·°С)	

Таблица 3

Поверхности ограждающих конструкций	$\alpha_H$ ккал/(м <sup>2</sup> ·ч·°С)	
	Зимние условия	Летние условия
Соприкасающиеся непосредственно с наружным воздухом : наружные стены и заполнения световых проемов;	20	$5 + 10\sqrt{U}$
покрытия	20	$7,5 + 2,2U$
Непосредственно не соприкасающиеся с наружным воздухом: выходящие на чердак	10	10
над холодными подвалами и подпольями	5	5
вентилируемых воздушных прослоек и холодных (проветриваемых) подполий зданий, сооружаемых в северной строительной-климатической зоне	15	15
<i>Примечание.</i> Скорость ветра $U$ следует принимать по СНиП П-А. 6-72: для зимних условий - равную максимальной скорости из средних скоростей ветра по румбам за январь, повторяемость которых составляет 16% и более; для летних условий - минимальную скорость ветра по румбам за июль, повторяемость которой составляет 16% и более, но не менее 1 м/с.		

Таблица 4

Толщина прослойки, мм	Значения $R_{в.лр}$ (м <sup>2</sup> ·ч·°С/ккал) для горизонтальных прослоек при потоке тепла			
	снизу вверх и для вертикальных прослоек при температуре воздуха в прослойке		сверху вниз при температуре воздуха в прослойке	
	положительной	отрицательной	положительной	отрицательной
10	0,15	0,17	0,15	0,18
20	0,16	0,18	0,18	0,22
30	0,16	0,19	0,19	0,24
50	0,16	0,2	0,2	0,26
100	0,17	0,21	0,21	0,27
150	0,18	0,21	0,22	0,28

200-300	0,18	0,22	0,22	0,28
Примечание. Значения $R_{в.лп}$ определены при разности температур на поверхностях прослоек, равной 10°C. При разности температур, отличающейся от 10 °С, следует вводить коэффициенты: 1,05 при 8 °С; 1,1 при 6 °С; 1,15 при 4 °С и 1,2 при 2 °С.				

Значение коэффициента  $\alpha$  зависит от назначения помещения и схемы общеобменной вентиляции и принимается по табл.5.

Таблица 5

Система общеобменной вентиляции	Тип главного корпуса	Значение $\alpha$ для	
		машинного отделения	котельного отделения
С использованием аэрации	1	0,4	0,7
С использованием аэрации в машинном отделении и с калориферами "на просос" в котельном отделении	2	0,4	0,4
С калориферами "на просос" в машинном и котельном отделениях	3а, 3б	0,3	0,4
Приточные установки с механическим побуждением в машинном отделении и с калориферами "на просос" в котельном отделении	4а, 4б	0,2	0,4
Приточные установки с механическим побуждением в машинном и котельном отделениях	5а, 5б	0,2	0,2

2.2.2. Расчетное значение тепловых потерь на инфильтрацию наружного воздуха для систем отопления зданий второй категории определяется по формуле:

$$Q_{инф} = \sum CG_n (t_B^p - t_H^p) A \cdot 10^{-6}, \quad (11)$$

где

$A$  - коэффициент, учитывающий подогрев инфилирующего воздуха в конструкции окна (0,8 - для двойных и тройных окон в раздельных переплетах; 1 - для одинарных окон, окон в спаренных переплетах, дверей и ворот);

$G_n$  - количество наружного воздуха, поступающего в помещение через неплотности окон, дверей и ворот, кг/ч;

$$G_n = F_{н.о} j_{\Delta y} B_{инф}, \quad (12)$$

$F_{н.о}$  - площадь одного наружного ограждения помещения, равная  $H\ell$  (где  $H$  - высота помещения;  $\ell$  - длина стены);

$j_{\Delta y}$  - единица расхода инфильтрационного воздуха через 1 м<sup>2</sup> поверхности наружного ограждения, кг/(м<sup>2</sup>·ч);

$B_{инф}$  - коэффициент, показывающий, сколько единиц расхода составляет инфильтрация в рассматриваемом случае;

$$j_{\Delta y} = 0,036 i_{н.о} (H\Delta t)^{0,5}, \quad (13)$$

$i_{н.о}$  - средний по площади ограждения коэффициент воздухопроницаемости;

- разность наружной и внутренней температур воздуха, °С.

Для наружных ограждений, имеющих окна, двери или ворота разной конструкции, значение  $i_{н.о}$  определяется как средневзвешенное по площади:

$$i_{н.о} = \frac{\sum i_k F_k}{F_{н.о}}, \quad (14)$$

где

$i_k$  - коэффициент воздухопроницаемости конструкции;

$F_k$  - площадь, занимаемая этой конструкцией, м<sup>2</sup>.

Для нестандартных окон, дверей и ворот площадью  $F_k$  при ширине щели притворов  $\delta_{щ}$ , м (обычно для окон в деревянных переплетах - 0,001, в металлических - 0,0005, для ворот и дверей - 0,002), и длине щелей притворов  $\ell_{щ}$  (м), коэффициент воздухопроницаемости определяется как



$$i_x = 8700 \frac{\delta_{ш} \ell_{ш}}{F_x}, \quad (15)$$

Коэффициент  $E_{в.ж.ж.м}$  для помещений содносторонним остеклением равен 0,5; для помещений с двусторонним остеклением  $E_{в.ж.ж.м}$  определяется по рис.2, где скорость ветра учитывается с помощью относительного ветрового давления

$$\bar{P}_v = 12 \frac{V_H^2 C_H}{H \Delta t}, \quad (16)$$

Рис.2. Зависимость коэффициента  $E_{в.ж.ж.м}$  для помещения с двусторонним остеклением от относительного ветрового давления  $\bar{P}_v$  [1]

### 3. Определение расчетных тепловых нагрузок на вентиляцию и кондиционирование воздуха

#### 3.1. Вентиляция

Расчетная среднечасовая за сутки тепловая нагрузка приточной установки местной, зональной или общеобменной (зональной плюс технологической) вентиляции (Гкал/ч) определяется по формуле:

$$Q_B = \alpha C \rho L (t_B^P - t_H^P) 10^{-6}, \quad (17)$$

где

$\alpha$  - поправочный коэффициент;

$\rho$  - плотность наружного воздуха, кг/м<sup>3</sup>;

$L$  - расход наружного воздуха, м<sup>3</sup>/ч;

$t_B^P$  - расчетная температура выдаваемого воздуха, °С;

$t_H^P$  - расчетная температура наружного воздуха, °С.

Поправочный коэффициент  $\alpha$  принимается равным:

- для приточных установок местной вентиляции со сменным режимом работы: 0,5 - при односменной, 0,75 - при двухсменной и 1,0 - при постоянной работе;

- для приточных установок зональной вентиляции всех типов главных корпусов ТЭС - 0,1, при этом расход наружного воздуха принимается равным суммарной производительности дутьевых вентиляторов котла при номинальной нагрузке;

- для приточных установок общеобменной вентиляции при определении расхода воздуха по данным измерений - 1,0;

- для приточных установок общеобменной вентиляции с механическим побуждением при определении расхода воздуха по номинальной производительности дутьевых вентиляторов котлов в главных корпусах типов 4б (машинное отделение) и 5б - 1,2.

Расход наружного воздуха для всех приточных установок принимается по проектным данным, данным наладочной организации или данным измерений.

Для приточных установок систем общеобменной вентиляции главных корпусов типов 4б (машинное отделение) и 5б при отсутствии заборных устройств наружного воздуха на дутьевые вентиляторы котлов и отсутствии фонарей на крыше главного корпуса допускается принимать расход воздуха для приточных установок равным сумме производительностей дутьевых вентиляторов при номинальной нагрузке котлов. Распределение суммарного расхода воздуха по приточным установкам машинного и котельного отделений производится либо по проектным данным, либо по соотношению поверхностей нагрева.

Измерение расходов воздуха по приточным установкам производится в соответствии с требованиями, приведенными в [7].

Измерение расходов воздуха по приточным установкам общеобменной вентиляции с калориферами "напросос" производится при полностью открытых регулирующих шиберах и различных температурах наружного воздуха с интервалом примерно в 10°C.

Полученные в результате измерений данные пересчитываются на условия номинальной производительности котла по формуле:

$$\bar{L}_p^i = \frac{\bar{L}_z^i}{\gamma_z},$$

где

$\bar{L}_p^i$  - расчетный расход воздуха при данной температуре наружного воздуха, м<sup>3</sup>/ч;

$\bar{L}_z^i$  - полученный по данным измерений расход воздуха при данной температуре наружного воздуха, м<sup>3</sup>/ч;

$\gamma_z$  - коэффициент использования установленной тепловой производительности котлов во время проведения измерения;

$$\gamma_z = Q_K^{CP} / Q_K^H$$

$Q_K^{CP}$  - средняя тепловая производительность котлов во время измерения, Гкал/ч;

$Q_K^H$  - номинальная тепловая производительность котлов, Гкал/ч.

По полученным данным расчетных расходов наружного воздуха по приточным установкам общеобменной вентиляции калориферами "напросос" строится графическая зависимость расчетного расхода воздуха от температуры наружного воздуха (рис.3).

Рис.3. Зависимость расчетного расхода воздуха на приточные установки с калориферами "напросос"

Для приточных установок с механическим побуждением (местной, зональной и общеобменной вентиляции) в качестве расчетных расходов воздуха принимаются данные одной серии измерений (при любой температуре наружного воздуха и любой тепловой производительности котлов).

## 3.2. Кондиционирование воздуха

Расчетная тепловая нагрузка на кондиционирование воздуха (Гкал/ч) определяется по формуле:

$$Q_x = C \rho L (t_B - t_H^P) 10^{-6}, \quad (18)$$

где

$t_B$  - температура воздуха на выходе из кондиционера, °С.

Температура воздуха на выходе из кондиционера принимается по проектным данным или данным наладочной организации.

Расход воздуха на кондиционер принимается по данным измерений.

## 4. Определение норм расхода тепла на отопление, вентиляцию и кондиционирование воздуха

### 4.1. Отопление

4.1.1. Норма расхода тепла на отопление производственных зданий первой категории определяется по формуле:

$$q_{O}^H = \frac{Q_O^H (t_B^P - t_H^i)}{(t_B^P - t_H^P)} (1 - \beta) + \frac{Q_O^B (t_B^P - t_H^i)}{(t_B^P - t_H^P)} \beta, \quad (19)$$

где

$Q_O^H$  - расчетная тепловая нагрузка системы постоянного отопления, Гкал/ч;

$Q_O^B$  - расчетная тепловая нагрузка системы дежурного отопления, Гкал/ч;

$t_B^P$  - расчетная температура воздуха внутри помещения при постоянном и дежурном отоплении, °С;

$t_H^P$  - расчетная температура наружного воздуха для систем отопления, °С;

$t_H^i$  - текущее значение температуры наружного воздуха для построения графиков (среднее фактическое или ожидаемое за определенный период при использовании норм для отчетности и планирования), °С;

$\beta$  - доля времени нахождения энергоблоков (котлов и турбоагрегатов) в простоях за определенный период времени;

$$\beta = \frac{\sum n_i}{Z}, \quad (20)$$

$\sum n_i$  - суммарная продолжительность простоя энергоблоков в рассматриваемом периоде, ч;

$Z$  - количество энергоблоков, шт.;

$n$  - продолжительность рассматриваемого периода, ч.

4.1.2. Норма расхода тепла на отопление производственных зданий второй категории определяется по формуле:

$$q_{O}^H = \frac{Q_O (t_B^P - t_H^i)}{(t_B^P - t_H^P)}, \quad (21)$$

где

$Q_O$  - расчетная тепловая нагрузка на отопление, Гкал/ч;

$t_B^P$  - расчетная температура воздуха внутри помещения, °С;

$t_H^P$  - расчетная температура наружного воздуха для отопления, °С;

$t_H^i$  - текущее значение температуры наружного воздуха, °С.

## 4.2. Вентиляция

4.2.1. Норма расхода тепла на местную и зональную вентиляцию определяется по формуле:

$$q_{В.С.Н}^H = \frac{\sum Q_{М.В} (t_B^P - t_H^i)}{(t_B^{CP} - t_H^P)} + \frac{Q_{З.В} (t_B^P - t_H^i)}{(t_B^P - t_H^P)} \gamma, \quad (22)$$

где

$\sum Q_{М.В}$  - суммарная расчетная тепловая нагрузка всех местных приточных установок, Гкал/ч;

$t_B^P$  - расчетная температура воздуха на выходе из приточной установки, °С;

$t_H^i$  - текущее значение температуры наружного воздуха (среднее за определенный период), °С;

$t_B^{CP}$  - усредненная (по тепловой нагрузке) температура воздуха на выходе из приточных установок, °С;

$Q_{З.В}$  - расчетная тепловая нагрузка приточных установок зональной системы вентиляции, Гкал/ч;

$\gamma$  - коэффициент использования номинальной тепловой производительности котлов за рассматриваемый период;

$$\gamma = Q_K^{CP} / Q_K^H,$$

$Q_K^{CP}$  - средняя тепловая производительность котлов, Гкал/ч;

$Q_K^H$  - номинальная тепловая производительность котлов, Гкал/ч.

Усредненная температура воздуха ( $t_B^{CP}$ ) на выходе из местных приточных установок определяется по формуле:

$$t_B^{CP} = \frac{\sum Q_{M.B}^i t_B^i}{\sum Q_{M.B}^i},$$

где

$Q_{M.B}^i$  - расчетная тепловая производительность местной приточной установки, Гкал/ч;

$t_B^i$  - расчетная температура воздуха на выходе из соответствующей приточной установки, °С.

4.2.2. Норма расхода тепла на общеобменную вентиляцию (зональная плюс технологическая) определяется по формуле:

$$q_{O.B}^H = \frac{Q_{O.B} (t_B^P - t_H^i)}{(t_B^P - t_H^P)} \gamma, \quad (23)$$

где

$Q_{O.B}$  - расчетная тепловая нагрузка приточных установок общеобменной вентиляции, Гкал/ч.

Для главных корпусов типов 4а (машинное отделение) и 5а коэффициент  $\gamma$  принимается равным 1.

4.2.3. Норма расхода тепла на технологическую вентиляцию определяется по формулам:

- для главных корпусов типов 4а (машинное отделение) и 5а

$$q_{T.B}^H = (Q_{O.B} - Q_{3.B}) \gamma \cdot \left( \frac{t_B^P - t_H^i}{t_B^P - t_H^P} \right), \quad (24)$$

- для главных корпусов остальных типов, кроме 1 и 2 (машинное отделение)

$$q_{T.B}^H = (Q_{O.B} - Q_{3.B}) \cdot \left( \frac{t_B^P - t_H^i}{t_B^P - t_H^P} \right) \cdot \gamma, \quad (25)$$

Расход тепла на технологическую вентиляцию для главных корпусов типов 1 и 2 (машинное отделение) отсутствует.

### 4.3. Кондиционирование воздуха

Норма расхода тепла на кондиционирование воздуха определяется по формуле:

$$q_K^H = \frac{Q_K (t_B^P - t_H^i)}{(t_B^P - t_H^P)}, \quad (26)$$

где

$Q_K$  - расчетная тепловая нагрузка на кондиционирование воздуха, Гкал/ч;

$t_B^P$  - расчетная температура воздуха на выходе из кондиционера, °С;

$t_H^P$  - расчетная температура наружного воздуха для отопления, °С.

$t_H^i$  - текущее значение температуры наружного воздуха, °С.

Подсчитанные по приведенным формулам нормы расходов тепла представляются в виде графиков (рис.4, 5 и 6).

Рис. 4. Зависимость нормы расхода тепла на отопление от  $t_H$  и  $\beta$

Рис. 5. Зависимость нормы расхода тепла на вентиляцию от  $t_H$  и  $\gamma$

Рис. 6. Зависимость нормы расхода тепла на кондиционирование воздуха от  $t_H$

#### 4.4. Нормативный расход тепла

Нормативные расходы тепла на отопление, вентиляцию, кондиционирование воздуха и технологическую вентиляцию за определенный период определяются по формулам:

$$Q_O^H = q_O^H n, \quad (27)$$

$$Q_{В.С.Н}^H = q_{В.С.Н}^H n, \quad (28)$$

$$Q_K^H = q_K^H n, \quad (29)$$

$$Q_{Т.В}^H = q_{Т.В}^H n, \quad (30)$$

где

$n$  - продолжительность рассматриваемого периода, ч,

$q_O^H, q_{В.С.Н}^H, q_K^H, q_{Т.В}^H$  - нормы расхода тепла соответственно на отопление, вентиляцию собственных нужд, кондиционирование воздуха и технологическую вентиляцию при средней температуре наружного воздуха рассматриваемый период, Гкал/ч.

#### 4.5. Индивидуальные нормы расхода тепла

##### 4.5.1. Индивидуальные нормы расхода тепла на отопление

Индивидуальные нормы расхода тепла на отопление производственных зданий первой категории выражаются в виде:

$$H_O = \alpha_O \frac{Q_O^H 10^6}{V(t_B^P - t_H^P)}, \text{ ккал}/(\text{м}^3 \cdot \text{ч} \cdot \text{°C}) \quad (31)$$

$$\text{или } H_O = \alpha_O \frac{Q_O^H 10^6}{\sum Q_K^H (t_B^P - t_H^P)}, \frac{\text{ккал}/\text{ч}}{\text{Гкал}/(\text{ч} \cdot \text{°C})} \quad (32)$$

где

$Q_O^H$  - расчетная тепловая нагрузка систем постоянного отопления, Гкал/ч;

$V$  - объем отапливаемого здания, м<sup>3</sup>;

$t_B^P$  - расчетная температура воздуха внутри помещений при постоянном отоплении, °С;

$t_H^P$  - расчетная температура наружного воздуха для отопления, °С;

$\sum Q_K^H$  - суммарная номинальная тепловая производительность котлов, Гкал/ч;

$\alpha_O$  - поправочный коэффициент, учитывающий расход тепла на систему дежурного отопления;

$$\alpha_O = \beta(B-1) + 1, \quad (33)$$

$\beta$  - доля времени нахождения энергоблоков (котлов и турбин) в простоях;

$$\beta = \sum n_i / Z n, \quad (34)$$

$\sum n_i$  - суммарная продолжительность простоев энергоблоков, ч;

$Z$  - количество энергоблоков, шт.;

$n$  - продолжительность рассматриваемого периода, ч;

$$B = \frac{Q_O^D (t_B^H - t_H^P)}{Q_O^H (t_B^D - t_H^P)}, \quad (35)$$

$Q_O^D$  - расчетная тепловая нагрузка системы дежурного отопления, Гкал/ч;

$t_B^H$  - расчетная температура воздуха внутри помещения при постоянном отоплении, °С;

$t_B^D$  - расчетная температура воздуха внутри помещения при дежурном отоплении, °С.

Подсчитанные по (33) значения коэффициента  $\alpha_O$  в зависимости от значения  $\beta$  и  $B$  приведены на графике рис.7.

Для зданий ТЭС второй категории индивидуальная норма определяется по (31) с коэффициентом  $\alpha_O = 1$ .

Индивидуальная норма расхода тепла на отопление производственных зданий тепловых электростанций, приведенная к расчетной температуре наружного воздуха -30°С, определяется по формуле:

$$H_O^{30} = H_O / \psi_O, \quad (36)$$

где

$\psi_O$  - коэффициент приведения, определяемый по формуле:

$$\psi_O = K(1-\alpha) \frac{t_H^P + 30}{t_B^P - t_H^P} + 1, \quad (37)$$

где

$K$  - поправочный коэффициент; принимается по приведенным ниже данным или по графику рис.8;

$\alpha$  - доля тепловых потерь на инфильтрацию наружного воздуха в общих тепловых потерях здания;

$$\alpha = \frac{Q_{инф}}{Q_O}$$

$\alpha$	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
$K$	1,015	1,020	1,030	1,050	1,080	1,115	1,155	1,200	1,250

Подсчитанные по (37) значения коэффициента приведения  $\psi_O$  в зависимости от значения  $\alpha$  приведены в табл.6.

При определении фактической индивидуальной нормы расхода тепла на отопление по заданной приведенной норме по (36) значение коэффициента приведения  $\psi_O$  определяется при значениях  $\alpha$ :

для зданий первой категории  $\alpha = 0,7 \div 0,8$ ;

для зданий второй категории  $\alpha = 0,1 \div 0,2$ .

Рис.7. Зависимость поправочногокоэффициента  $\alpha_o$  от  $\beta$  и  $B$

Рис.8. Зависимость коэффициента  $K_{от}$  а

Таблица 6

а	Расчетная температура наружного воздуха, °С										
	0	-5	-10	-15	-20	-25	-30	-35	-40	-45	-50
0,1	2,71	2,09	1,70	1,44	1,25	1,11	1,00	0,91	0,84	0,78	0,72
0,2	2,53	1,97	1,63	1,39	1,23	1,10	1,00	0,92	0,85	0,80	0,75
0,3	2,35	1,86	1,55	1,35	1,20	1,09	1,00	0,93	0,87	0,82	0,78
0,4	2,18	1,75	1,48	1,30	1,18	1,08	1,00	0,94	0,89	0,85	0,81
0,5	2,0	1,64	1,42	1,26	1,15	1,07	1,00	0,95	0,90	0,87	0,84
0,6	1,84	1,53	1,34	1,22	1,12	1,05	1,00	0,96	0,92	0,89	0,86
0,7	1,65	1,41	1,27	1,17	1,10	1,04	1,00	0,97	0,94	0,91	0,90
0,8	1,45	1,29	1,18	1,12	1,07	1,03	1,00	0,98	0,96	0,94	0,93
0,9	1,23	1,15	1,10	1,06	1,03	1,02	1,00	0,99	0,98	0,97	0,96

*Примечание.* Расчетная температура воздуха внутри помещения равна + 16°С.

Индивидуальные нормы расходатебла на отопление производственных зданий второй категории определяется поформуле:

$$H_o = \frac{Q_o 10^6}{V(t_B^p - t_H^p)}, \text{ ккал}/(\text{м}^3 \cdot \text{ч} \cdot \text{°С}) \quad (38)$$

$$\text{или } H_o = \frac{Q_o 10^6}{\sum Q_K^H (t_B^p - t_H^p)}, \frac{\text{ккал}/\text{ч}}{\text{Гкал}/(\text{ч} \cdot \text{°С})} \quad (39)$$

где

$Q_o$  - расчетная тепловая нагрузка наотопление, Гкал/ч;

$V$  - строительный объёмотапливаемого здания, м<sup>3</sup>;

$t_B^p$  - расчетная температура воздухавнутри помещения, °С;

$t_H^p$  - расчетная температуранаружного воздуха для систем отопления, °С;

$\sum Q_K^H$  - суммарная номинальнаятепловая производительность котлов, Гкал/ч.

#### 4.5.2. Индивидуальные нормырасхода тепла на вентиляцию и кондиционирование воздуха

Индивидуальная норма расхода тепла на вентиляцию производственного здания первой категории определяется по формуле:

$$H_B = \alpha_B \frac{Q_{3,B} 10^6}{V(t_B^P - t_H^P)}, \text{ ккал/(м}^3 \cdot \text{ч} \cdot \text{°C)} \quad (40)$$

$$\text{или } H_B = \alpha_B \frac{Q_{3,B} 10^6}{\sum Q_K^H (t_B^P - t_H^P)}, \frac{\text{ккал/ч}}{\text{Гкал/(ч} \cdot \text{°C)}} \quad (41)$$

где

$Q_{3,B}$  - расчетная тепловая нагрузка на зональную вентиляцию, Гкал/ч;

$\alpha_B$  - поправочный коэффициент, учитывающий режим работы котлов;

$$\alpha_B = \gamma + C, \quad (42)$$

$\gamma$  - коэффициент использования номинальной тепловой производительности котлов;

$$\gamma = Q_K^{CP} / Q_K^H;$$

$Q_K^{CP}$  - средняя тепловая производительность котлов, Гкал/ч;

$Q_K^H$  - номинальная тепловая производительность котлов, Гкал/ч;

$C$  - коэффициент, определяющий соотношение между тепловыми нагрузками на зональную и местную вентиляцию;

$$C = \frac{\sum Q_{M,B} (t_B^P - t_H^P)}{Q_{3,B} (t_B^{CP} - t_H^P)}, \quad (43)$$

$\sum Q_{M,B}$  - суммарная расчетная тепловая нагрузка всех местных приточных установок здания, Гкал/ч;

$t_B^{CP}$  - усредненная (по тепловой нагрузке) температура воздуха на выходе из местных приточных установок, °C.

Подсчитанные по формуле (42) значения поправочного коэффициента  $\alpha_B$  в зависимости от  $\gamma$  и  $C$  приведены на рис.9.

Индивидуальная норма расхода тепла на вентиляцию производственных зданий второй категории [ккал/(м<sup>3</sup>·ч·°C)] определяется по формуле:

$$H_B = \frac{Q_B 10^6}{V(t_B - t_H^P)}, \quad (44)$$

где

$Q_B$  - расчетная тепловая нагрузка местных приточных установок, Гкал/ч;

$V$  - строительный объем здания, м<sup>3</sup>;

$t_B$  - расчетная температура воздуха на выходе из приточных установок, °C.

Рис. 9. Зависимость поправочного коэффициента  $\alpha$  от  $\gamma$  и  $C$

Индивидуальная норма расхода тепла на кондиционирование воздуха [ккал/(м<sup>3</sup>·ч·°C)] определяется по формуле:

$$H_X = \frac{Q_X 10^6}{V(t_B - t_H^P)}, \quad (45)$$



где

$Q_K$  - расчетная тепловая нагрузка на кондиционирование воздуха, Гкал/ч;

$V$  - объем кондиционируемого помещения (здания), м<sup>3</sup>;

$t_B$  - расчетная температура воздуха на выходе из кондиционеров, °С.

#### 4.6. Общепроизводственные нормы расхода тепла на отопление, вентиляцию и кондиционирование воздуха предприятия (ТЭС)

Определение общепроизводственной нормы расхода тепла [ккал/(м<sup>3</sup>·ч·°С)] производится по формуле:

$$H = \bar{H} K_{ТП} K, \quad (46)$$

где

$\bar{H}$  - средневзвешенная норма расхода тепла зданий электростанции [ккал/(м<sup>3</sup>·ч·°С)], определяемая по формуле:

$$\bar{H} = \frac{\sum_{i=1}^n (H_O + H_B + H_K) V_i}{\sum_{i=1}^n V_i}, \quad (47)$$

$H_O, H_B, H_K$  - индивидуальные нормы расхода тепла на отопление, вентиляцию и кондиционирование воздуха отдельных производственных зданий, определяемые по формулам (31), (38), (40), (44), (45) [ккал/(м<sup>3</sup>·ч·°С)];

$V_i$  - наружные строительные объемы производственных зданий, м<sup>3</sup>;

$K_{ТП}$  - коэффициент, учитывающий потери тепла в тепловой сети электростанции; определяется на основании тепловых испытаний тепловой сети или расчетом на основании норм потерь тепла тепловой изоляцией тепловых сетей;

$$K_{ТП} = 1 + \frac{Q_{ТП}}{Q_{ГД}}, \quad (48)$$

$Q_{ТП}$  - годовые потери тепла в тепловой сети, Гкал/год;

$Q_{ГД}$  - годовое потребление тепла производственными зданиями электростанции, Гкал/год;

$K$  - коэффициент, учитывающий отклонение планируемых условий от принятых при расчете индивидуальных норм. Принимается на основе данных по фактическому потреблению тепла на отопление, вентиляцию и кондиционирование воздуха за несколько лет.

Фактический за отчетный период определяется по формуле:

$$K_{\#} = \frac{Q_{ГД}^{\#}}{HV_{\#} n (t_{ВН}^{CP} - t_{Н}^{CP})}, \quad (49)$$

$Q_{ГД}^{\#}$  - фактически потребленное тепло (с учетом потерь в тепловых сетях) при обеспечении нормальных условий эксплуатации, Гкал/год;

$V_{\#}$  - фактический строительный объем зданий, обеспечиваемых теплом, м<sup>3</sup>;

$n$  - продолжительность отопительного периода, ч;

$t_{ВН}^{CP}$  - усредненная (по тепловой нагрузке) температура внутреннего воздуха в зданиях, °С;

$t_{Н}^{CP}$  - средняя температура наружного воздуха за отопительный период, °С.

### 5. Примеры расчета норм расхода тепла на отопление и вентиляцию главного корпуса ТЭС

#### Пример 1.

*Исходные данные.*

В машинном отделении главного корпуса ТЭС установлены две турбины ПТ-60-130/13 и две ПТ-50-130/13 суммарной номинальной мощностью 220 МВт.

В котельном отделении главного корпуса установлены два котла ТП-80 и два ТП-81 суммарной тепловой мощностью 1000

Гкал/ч (1680 т/ч). Суммарная производительность дутьевых вентиляторов при номинальной производительности котла составляет 1328000 м<sup>3</sup>/ч.

Система общеобменной вентиляции главного корпуса - с использованием аэрации.

В машинном отделении имеются двместные приточные установки: одна с расходом наружного воздуха 7500 м<sup>3</sup>/ч для помещения мастерских, расчетная температура выдаваемого воздуха 16°С; режим работы - односменный; другая - с расходом наружного воздуха 5000 м<sup>3</sup>/ч для помещения аккумуляторных батарей, расчетная температура выдаваемого воздуха 16°С, режим работы - постоянный.

В котельном отделении имеется одна действующая местная приточная установка с расходом наружного воздуха 10000 м<sup>3</sup>/ч для помещений мастерских, расчетная температура выдаваемого воздуха 16°С; режим работы - односменный.

Приточные установки систем зональной вентиляции в машинном и котельном отделениях главного корпуса отсутствуют.

Площадки обслуживания оборудования в машинном и котельном отделениях расположены на отметке +8,0 м.

Расчетная температура воздуха на отметках обслуживания: +16°С - в машинном отделении и +14°С - в котельном отделении.

Расчетная температура воздуха при дежурном отоплении в машинном и котельном отделениях равна +10°С. Расчетная температура воздуха в машинном и котельном отделениях на нулевой отметке равна +10°С.

Расчетная температура наружного воздуха для систем отопления и вентиляции равна -39°С.

### *Характеристика ограждающих конструкций*

#### Машинное отделение

Стены - панель из ячеистого бетона,  $\rho = 950 \text{ кг/м}^3$ ,  $d = 300 \text{ мм}$ .

Покрытие - железобетонные сборные крупнопанельные плиты ( $d = 300 \text{ мм}$ ) с утеплителем из пенобетона ( $\rho = 500 \text{ кг/м}^3$ ,  $d = 110 \text{ мм}$ ).

Остекление - одинарное в металлических переплетах - 60%,

блоки стеклянные пустотелые - 40%.

Коэффициент остекления - 0,26.

Коэффициент остекления условной рабочей зоны - 0,08.

#### Котельное отделение

Стены - панель из ячеистого бетона,  $\rho = 950 \text{ кг/м}^3$ ,

по оси 34 (в рядах В-Е)  $d = 300 \text{ мм}$ ;

остальные  $d = 200 \text{ мм}$ .

Покрытие - железобетонные сборные крупнопанельные плиты ( $d = 300 \text{ мм}$ ) с утеплителем из пенобетона ( $\rho = 500 \text{ кг/м}^3$ ) толщиной в рядах В-Д 110 мм; в рядах Д-Е 60 мм.

Остекление - одинарное в металлических переплетах.

Коэффициент остекления наружной стены по оси 34 в рядах В-Е равен 0,2.

Коэффициент остекления остальных наружных стен равен 0,16.

Коэффициенты остекления ограждающих конструкций условной рабочей зоны составляют 0,06 по оси 34 и 0,04 для других стен.

План и разрез главного корпуса ТЭС с указанием размеров приводятся на рис. 10.

Рис. 10. Главный корпус ТЭС в плане и разрезе

*Определение коэффициента теплопередачи для всех типов ограждающих конструкций*

Стены - панели из ячеистого бетона,  $\rho=950 \text{ кг/м}^3$ ;  $d=200 \text{ мм}$ ,  $d=300 \text{ мм}$ .

$$R_{\text{ст}} = \frac{1}{\alpha_{\text{в}}} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_{\text{н}}} \text{ см. (8);}$$

$$\alpha_{\text{в}} = 7,5 \text{ ккал/(м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{°C)} \text{ (по табл.2);}$$

$$\alpha_{\text{н}} = 20 \text{ ккал/(м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{°C)} \text{ (по табл.3);}$$

$$l = 0,325 \text{ ккал/(м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{°C)} \text{ (см. приложение 8);}$$

для условий эксплуатации Б (см. приложение 4)

при  $d=200 \text{ мм}$

$$R_{\text{ст}} = \frac{1}{7,5} + \frac{0,2}{0,325} + \frac{1}{20} = 0,799 \text{ (м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{°C)/ккал;}$$

$$K_{\text{ст}} = 1,25 \text{ ккал/(м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{°C);}$$

при  $d=300 \text{ мм}$

$$R_{\text{ст}} = \frac{1}{7,5} + \frac{0,3}{0,325} + \frac{1}{20} = 1,106 \text{ (м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{°C)/ккал;}$$

$$K_{\text{ст}} = 0,90 \text{ ккал/(м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{°C);}$$

Окна - одинарное остекление в металлических переплетах.

$$R_{\text{ок}} = 0,2 \text{ (м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{°C)/ккал} \text{ (см. приложение 5);}$$

$$K_{\text{ок}} = 5 \text{ ккал/(м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{°C).}$$

Блоки стеклянные пустотелые

$$R_{\text{ок}} = 0,5 \text{ (м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{°C)/ккал} \text{ (см. приложение 5);}$$

$$K_{\text{ок}} = 2 \text{ ккал/(м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{°C).}$$

Покрытия - железобетонные сборные крупнопанельные плиты ( $d=300 \text{ мм}$ ) с утеплителем из пенобетона ( $\rho=500 \text{ кг/м}^3$ ,  $d=110 \text{ мм}$ ).

$$R_{\text{пог}} = 1,02 \text{ (м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{°C)/ккал} \text{ (см. приложение 7);}$$

$$K_{\text{пог}} = 0,98 \text{ ккал/(м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{°C).}$$

То же с утеплителем из пенобетона ( $\rho=500 \text{ кг/м}^3$ ,  $d=60 \text{ мм}$ ).

$$R_{\text{пог}} = 0,68 \text{ (м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{°C)/ккал} \text{ (см. приложение 7);}$$

$$K_{\text{пог}} = 1,47 \text{ ккал/(м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{°C).}$$

*Определение конструктивных величин*

Машинное отделение

Площадь наружных стен всего машинного отделения:

$$F_{CT} = (9 + 34,2 + 39 \cdot 25) \cdot 2 + 146 \cdot 34,2 = 7559 \text{ м}^2$$

Площадь потолка:  $S_{ДОГ} = (39 + 9) \cdot 134 = 6432 \text{ м}^2$

Объем помещения:  $V_{М.О} = (9 \cdot 34,2 + 39 \cdot 25) \cdot 134 = 171895 \text{ м}^3$

Площадь наружных стен условной рабочей зоны:

$$F_{У.Р.З} = (134 + 12 + 96) \cdot 8 = 1936 \text{ м}^2$$

Объем условной рабочей зоны:  $V_{У.Р.З} = 6432 \cdot 8 = 51456 \text{ м}^3$

Объем рабочей зоны:  $V_{Р.З} = 6432 \cdot 2 = 12864 \text{ м}^3$

Котельное отделение

Площадь наружной стены из панелей (d=300 мм):

$$F'_{CT} = 12 \cdot 34,2 + 30 \cdot 47 + 24 \cdot 24 = 2396 \text{ м}^2$$

Площадь остальных наружных стен из панелей (d=200 мм):

$$F''_{CT} = 122(47 + 12,8) + 2396 = 9692 \text{ м}^2$$

Площадь потолка с утеплителем (d= 110 мм):

$$S'_{ДОГ} = 122 \cdot 42 = 5124 \text{ м}^2$$

Площадь потолка с утеплителем (d=60 мм):

$$S''_{ДОГ} = 122 \cdot 24 = 2928 \text{ м}^2$$

Объем помещения  $V_{К.О} = 292361 \text{ м}^3$

Площадь наружной стены условной рабочей зоны из панелей (d=300 мм):

$$F'_{У.Р.З} = 66 \cdot 8 = 528 \text{ м}^2$$

Площадь остальных наружных стен условной рабочей зоны из панелей (d=200 мм):

$$F''_{У.Р.З} = 188 \cdot 8 = 1504 \text{ м}^2$$

Объем условной рабочей зоны помещения:  $V_{У.Р.З} = 8052 \cdot 8 = 64416 \text{ м}^3$

Объем рабочей зоны помещения:  $V_{Р.З} = 8052 \cdot 2 = 16104 \text{ м}^3$

*Определение расчетных тепловых нагрузок на отопление*

*Расчет тепловых потерь через ограждающие конструкции*

Тепловые потери для систем постоянного отопления определяются по (2).

Машинное отделение:

$$Q_{Г.Л} = \left\{ \sum F_{У.Р.З}^i \left[ K_{CT}^i + \rho^i (K_{ОК}^i - K_{CT}^i) \right] \right\} (t_B^{CP} - t_H^P) 10^{-6} =$$

$$1936 \left[ 0,9 + 0,08(3,8 - 0,9) \right] \cdot (13 + 39) \cdot 10^{-6} = 0,114 \text{ Гкал / ч}$$

Коэффициент теплопередачи окон усредняется по зависимости:

$$K_{ОК}^{CP} = \frac{5 \cdot 60 + 2 \cdot 40}{100} = 3,8 \text{ ккал / (м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{°C)}$$

Средняя температура воздуха в условной рабочей зоне находится по зависимости:

$$t_B^{CP} = \frac{t_B^P + 10}{2} = \frac{16 + 10}{2} = 13 \text{ °C}$$

Котельное отделение:

$$Q_{Г.Л} = \left\{ 528 \left[ 0,9 + 0,06(5 - 0,9) \right] + 1504 \left[ 1,25 + 0,04 \cdot (5 - 1,25) \right] \right\} \cdot (12 + 39) \cdot 10^{-6} =$$

$$= 0,138 \text{ Гкал / ч}$$

Средняя температура воздуха условной рабочей зоне определяется по зависимости:

$$t_B^{CP} = \frac{t_B^P + 10}{2} = \frac{14 + 10}{2} = 12 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Тепловые потери для системдежурного отопления определяются по (3).

Машинное отделение:

$$Q_{T,II} = \left\{ \sum F_{CT}^i \left[ K_{CT}^i + \rho^j (K_{OK}^i - K_{CT}^i) \right] + \sum S^i K_{IICT}^i \right\} \cdot (t_B^P - t_H^P) \cdot 10^{-6} = \\ \{ 7559 [0,9 + 0,26 (3,8 - 0,9)] + 6432 \cdot 0,98 \} \cdot (10 + 39) \cdot 10^{-6} = 0,92 \text{ Гкал/ч}$$

Котельное отделение:

$$Q_{T,II} = \{ 2396 [0,9 + 0,2 (5 - 0,9)] + 9692 [1,25 + 0,16 (5 - 1,25)] + 5124 \cdot 0,98 + 2928 \cdot 1,47 \} \times \\ \times (10 + 39) \cdot 10^{-6} = 1,54 \text{ Гкал/ч}$$

#### *Расчет тепловых потерь наинфильтрацию наружного воздуха*

Тепловые потери на инфильтрациюнаружного воздуха для систем постоянного отопления определяются по (9).

Машинное отделение:

$$Q_{ИИФ} = \alpha C \rho V_{V.P.3} (t_B^{CP} - t_H^P) \cdot 10^{-6} = \\ = 0,4 \cdot 0,24 \cdot 1,51 \cdot 51456 \cdot (13 + 39) \cdot 10^{-6} = 0,39 \text{ Гкал/ч},$$

где  $\alpha$  принят равным 0,4(см.табл.5).

Котельное отделение:

$$Q_{ИИФ} = 0,7 \cdot 0,24 \cdot 1,51 \cdot 64416 \cdot (12 + 39) \cdot 10^{-6} = 0,83 \text{ Гкал/ч},$$

где  $\alpha$  принят равным 0,7 (см. табл.5).

Тепловые потери на инфильтрацию наружноговоздуха для систем дежурного отопления определяются по (9).

Машинное отделение:

$$Q_{ИИФ} = \alpha C \rho V_{M.O} (t_B^P - t_H^P) 10^{-6} = 0,4 \cdot 0,24 \cdot 1,51 \cdot 171895 \cdot (10 + 39) \cdot 10^{-6} = 1,22 \text{ Гкал/ч}.$$

Котельное отделение:

$$Q_{ИИФ} = 0,7 \cdot 0,24 \cdot 1,51 \cdot 292361 (10 + 39) \cdot 10^{-6} = 3,63 \text{ Гкал/ч}.$$

#### *Определение расчетных тепловыхнагрузок на отопление*

Расчетная тепловая нагрузка насистему постоянного или дежурного отопления определяется по (1).

Для постоянного отоплениямашинного отделения:

$$Q_O^I = Q_{T,II} + Q_{ИИФ} = 0,114 + 0,39 = 0,504 \text{ Гкал/ч}.$$

Для дежурного отоплениямашинного отделения:

$$Q_O^2 = 0,92 + 1,22 = 2,14 \text{ Гкал/ч}.$$

Для постоянного отоплениякотельного отделения:

$$Q_O^I = 0,138 + 0,83 = 0,968 \text{ Гкал/ч}.$$

Для дежурного отоплениякотельного отделения:

$$Q_O^2 = 1,54 + 3,63 = 5,17 \text{ Гкал/ч}.$$

#### *Определение расчетных тепловыхнагрузок на вентиляцию*

Расчетная тепловая нагрузка навентиляцию (местные и зональные приточные установки) определяется по (17).

Машинное отделение:

Местная приточная установкамастерских:

$$Q_{M.B} = \alpha C \rho L (t_B^p - t_H^p) \cdot 10^{-6} = 0,5 \cdot 0,24 \cdot 1,51 \cdot 7500 (16 + 39) \cdot 10^{-6} = 0,075 \text{ Гкал/ч,}$$

где  $\alpha$  - при односменной работе равен 0,5.

Местная приточная установка аккумуляторной:

$$Q_{M.B} = 1 \cdot 0,24 \cdot 1,51 \cdot 5000 (16 + 39) \cdot 10^{-6} = 0,10 \text{ Гкал/ч.}$$

Зональная приточная установка:

$$Q_{3.B} = \alpha C \rho_{20} L_{3.B} (t_B^p - t_H^p) \cdot 10^{-6} K = 0,1 \cdot 0,24 \cdot 1,205 \cdot 1328000 (16 + 39) \cdot 10^{-6} \cdot 0,443 = 0,936 \text{ Гкал/ч;}$$

здесь  $K$  - отношение объема рабочей зоны машинного отделения к рабочей зоне всего главного корпуса;

$$K = \frac{12864}{28968} = 0,443$$

Котельное отделение:

Местная приточная установка мастеровских:

$$Q_{M.B} = 0,5 \cdot 0,24 \cdot 1,51 \cdot 10000 (16 + 39) \cdot 10^{-6} = 0,10 \text{ Гкал/ч.}$$

Зональная приточная установка:

$$Q_{3.B} = 0,1 \cdot 0,24 \cdot 1,205 \cdot 1328000 (16 + 39) \cdot 10^{-6} \cdot 0,557 = 1,177 \text{ Гкал/ч,}$$

здесь 0,557 - отношение объема рабочей зоны котельного отделения к рабочей зоне всего главного корпуса.

#### *Определение норм расхода тепла на отопление и вентиляцию*

Норма расхода тепла на отопление определяется по (19).

Машинное отделение:

$$q_O^H = \frac{Q_O^H (t_B^p - t_H^i)}{(t_B^p - t_H^p)} (1 - \beta) + \frac{Q_O^H (t_B^p - t_H^i)}{(t_B^p - t_H^p)} \beta = \frac{0,504 (13 - t_H^i)}{(13 + 39)} (1 - \beta) + \frac{2,14 (10 - t_H^i)}{(10 + 39)} \beta = 0,0097 (13 - t_H^i) (1 - \beta) + 0,0437 (10 - t_H^i) \beta$$

Котельное отделение:

$$q_O^H = \frac{0,968 (12 - t_H^i)}{(12 + 39)} (1 - \beta) + \frac{5,17 (10 - t_H^i)}{(10 + 39)} \beta = 0,019 (12 - t_H^i) (1 - \beta) + 0,1055 (10 - t_H^i) \beta$$

По полученным формулам рассчитываются нормы расхода тепла на отопление в зависимости от  $t_H^i$  и  $\beta$  и представляются в виде графиков (рис.11 и 12).

Норма расхода тепла на вентиляцию определяется по (22).

Машинное отделение:

$$q_{B.C.M}^H = \frac{\sum Q_{M.B} (t_B^p - t_H^i)}{(t_B^{CP} - t_H^p)} + \frac{Q_{3.B} (t_B^p - t_H^i)}{(t_B^p - t_H^p)} \gamma = \frac{(0,075 + 0,1) (16 - t_H^i)}{(16 + 39)} + \frac{0,936 (16 - t_H^i)}{(16 + 39)} \gamma = (0,175 + 0,936 \gamma) \cdot \frac{(16 - t_H^i)}{(16 + 39)} \text{ Гкал/ч}$$

Котельное отделение:

$$q_{B.C.M}^H = (0,1 + 1,177 \gamma) \cdot \frac{(16 - t_H^i)}{(16 + 39)} \text{ Гкал/ч.}$$

Для машинного и котельного отделений  $Q_{T.B}$  в данном случае равна нулю.

По полученным формулам рассчитываются нормы расхода тепла на вентиляцию в зависимости от  $t_H^i$  и  $\gamma$  и оформляются в виде графиков (рис.13 и 14).

Рис.11. Зависимость нормырасхода тепла на отопление машинного отделения от  $t_H$  и  $\beta$

Рис.12. Зависимость нормырасхода тепла на отопление котельного отделения от  $t_H$  и  $\beta$

Рис.13. Зависимость нормырасхода тепла на вентиляцию машинного отделения от  $t_H$  и  $\gamma$

Рис.14. Зависимость нормырасхода тепла на вентиляцию котельного отделения от  $t_H$  и  $\gamma$

Расчет нормативного расхода тепла на отопление и вентиляцию главного корпуса ТЭС за определенный период

Исходные данные

Отчетный период - январь.

Число часов в месяце  $n$  - 744.

Средняя температура наружноговоздуха  $t_H^i$  - минус 19°C.

Общее число простоевтурбоагрегата - 120 ч.

Коэффициент использованияустановленной тепловой мощности котла - 90% ( $\gamma=0,9$ ).

Коэффициент  $\beta$  определяется по (20):

$$\beta = \frac{\sum n_i}{Zn} = \frac{120}{4 \cdot 744} = 0,04$$

По графикам определяются нормырасхода тепла на отопление машинного и котельного отделений и получают суммарноезначение нормы:

$$q_O^H = 0,318 + 0,629 = 0,947 \text{ Гкал/ч.}$$

По графикам определяются нормырасхода тепла на вентиляцию машинного и котельного отделений и получаютсуммарное значение нормы:

$$q_{в.с.н}^H = 0,676 + 0,732 = 1,408 \text{ Гкал/ч.}$$

Нормативный расход тепла наотопление и вентиляцию главного корпуса ТЭС за отчетный месяц определяется позависимости

$$Q_{с.н}^H = (q_O^H + q_{в.с.н}^H) n = (0,974 + 1,408) \cdot 744 = 1750,0 \text{ Гкал/мес.}$$

*Определение индивидуальных нормрасхода тепла на отопление и вентиляцию*

Индивидуальные нормы расходатебла на отопление главного корпуса определяются по (31) или (32):

$$H_O = \alpha_O \frac{Q_O^* \cdot 10^6}{V(t_B^* - t_H^*)} = 1,457 \frac{1,472 \cdot 10^6}{464256(16+39)} = 0,084 \text{ ккал/(м}^3 \cdot \text{ч} \cdot \text{°C)};$$

$$H_O = \alpha_O \frac{Q_O^* \cdot 10^6}{\sum Q_K^H (t_B^* - t_H^*)} = 1,457 \frac{1,472 \cdot 10^6}{1000(16+39)} = 39 \frac{\text{ккал/ч}}{(\text{Гкал} \cdot \text{ч} \cdot \text{°C})};$$

$$\alpha_O = \beta(B-1) + 1 = 0,1(5,57-1) + 1 = 1,457 \text{ (при } \beta = 0,1);$$

$$B = \frac{Q_O^* (t_B^* - t_H^*)}{Q_O^* (t_O^* - t_H^*)} = \frac{7,31(16+39)}{1,472(10+39)} = 5,57$$



Индивидуальные нормы расхода тепла на вентиляцию главного корпуса определяются по (40) или (41):

$$H_B = \alpha_B \frac{Q_{3,B} \cdot 10^6}{V(t_B^P - t_H^P)} = 1,13 \frac{2,113 \cdot 10^6}{464256(16+39)} = 0,094 \text{ ккал}/(\text{м}^3 \cdot \text{ч} \cdot \text{°C});$$

$$H_B = \alpha_B \frac{Q_{3,B} \cdot 10^6}{\sum Q_K^H (t_B^P - t_K^P)} = 1,13 \frac{2,113 \cdot 10^6}{1000(16+39)} = 43 \frac{\text{ккал}/\text{ч}}{(\text{Гкал} \cdot \text{ч} \cdot \text{°C})};$$

$$\alpha_B = \gamma + C = 1 + 0,13 = 1,13 \text{ (при } \gamma = 1,0);$$

$$C = \frac{\sum Q_{M,B}(t_B^P - t_H^P)}{Q_{3,B}(t_B^{CP} - t_H^P)} = \frac{0,275(16+39)}{2,113(16+39)} = 0,13$$

Индивидуальные нормы расхода тепла на отопление главного корпуса, приведенные к температуре наружного воздуха - 30°C, определяются по формуле:

$$H_O^{30} = H_O / \psi_O = 0,084 / 0,966 = 0,087 \text{ ккал}/(\text{м}^3 \cdot \text{ч} \cdot \text{°C});$$

$$\text{или } H_O^{30} = H_O / \psi_O = 39 / 0,966 = 40,4 \text{ (ккал}/\text{ч})/(\text{Гкал}/\text{ч} \cdot \text{°C}).$$

$$\psi_O = K(1 - \alpha) \frac{t_H^P + 30}{t_B^P - t_H^P} + 1 = 1,21(1 - 0,83) \frac{-39 + 30}{16 + 39} + 1 = 0,966;$$

$$\alpha = Q_{\text{МН}} / Q_O = 1,22 / 1,472 = 0,83.$$

## Пример 2.

### Исходные данные.

Главный корпус ТЭС аналогичен принятому в первом примере. Отличие состоит только в системе общеобменной вентиляции. В данном случае система общеобменной вентиляции - с механическим побуждением, рассчитанная на 100%-ный забор воздуха дутьевыми вентиляторами котла из котельного отделения.

Главный корпус не имеет фонаря, и дутьевые вентиляторы котла не имеет устройства для забора воздуха снаружи.

Приточные установки общеобменной вентиляции по производительности воздуха распределены следующим образом:

машинное отделение - 60%;

котельное отделение - 40%.

Расчетная температура воздуха на выходе из приточных установок общеобменной вентиляции равна:

в машинном отделении +16°C;

в котельном отделении +12°C.

Расчетные тепловые потери через ограждающие конструкции для систем постоянного и дежурного отопления, а также расчетные тепловые нагрузки на местные приточные установки систем вентиляции соответствуют значениям, приведенным в примере 1.

Следовательно, расчетные тепловые потери через ограждающие конструкции для систем постоянного отопления составят:

для машинного отделения -  $Q_{г.л} = 0,114 \text{ Гкал}/\text{ч}$ ;

для котельного отделения -  $Q_{г.л} = 0,138 \text{ Гкал}/\text{ч}$ .

Расчетные тепловые потери через ограждающие конструкции для систем дежурного отопления составят:

для машинного отделения -  $Q_{г.л} = 0,92 \text{ Гкал}/\text{ч}$ ;

для котельного отделения -  $Q_{г.л} = 1,54 \text{ Гкал}/\text{ч}$ .

Расчетные тепловые потери на инфильтрацию наружного воздуха для систем постоянного отопления определяются по (9).

Машинное отделение:

$$Q_{\text{МН}} = \alpha C \rho V_{в.р.з} (t_B^{CP} - t_H^P) \cdot 10^{-6} = 0,2 \cdot 0,24 \cdot 1,51 \cdot 51456 \cdot (13+39) \cdot 10^{-6} = 0,19 \text{ Гкал}/\text{ч}, \text{ где } \alpha \text{ принят равным } 0,2 \text{ (см. табл.5).}$$

Котельное отделение:

$$Q_{\text{МН}} = 0,2 \cdot 0,24 \cdot 1,51 \cdot 64416 (12+39) \cdot 10^{-6} = 0,24 \text{ Гкал}/\text{ч}, \text{ где } \alpha \text{ принят равным } 0,2 \text{ (см. табл.5).}$$

Расчетные тепловые потери на инфильтрацию наружного воздуха для систем дежурного отопления составят:

для машинного отделения

$$Q_{МЗ} = 0,2 \cdot 0,24 \cdot 1,51 \cdot 171895 (10 + 39) \cdot 10^{-6} = 0,61 \text{ Гкал/ч};$$

для котельного отделения

$$Q_{МЗ} = 0,2 \cdot 0,24 \cdot 1,51 \cdot 292361 (10 + 39) \cdot 10^{-6} = 1,04 \text{ Гкал/ч}.$$

Расчетная тепловая нагрузка на систему постоянного отопления составит:

для машинного отделения

$$Q_{O}^I = Q_{M,II} + Q_{МЗ} = 0,114 + 0,19 = 0,304 \text{ Гкал/ч};$$

для котельного отделения

$$Q_{O}^I = 0,138 + 0,24 = 0,378 \text{ Гкал/ч}.$$

Расчетная тепловая нагрузка на систему дежурного отопления составит:

для машинного отделения

$$Q_{O}^2 = 0,92 + 0,61 = 1,53 \text{ Гкал/ч};$$

для котельного отделения

$$Q_{O}^2 = 1,54 + 1,04 = 2,58 \text{ Гкал/ч}.$$

#### Определение расчетных тепловых нагрузок на вентиляцию

Расчетные тепловые нагрузки на местные приточные установки равны:

для машинного отделения

$$Q_{M,B} = 0,175 \text{ Гкал/ч (по данным примера 1);}$$

для котельного отделения

$$Q_{M,B} = 0,1 \text{ Гкал/ч (по данным примера 1).}$$

Расчетные тепловые нагрузки на приточные установки общеобменной вентиляции определяются по (17).

Машинное отделение:

$$Q_{O,B} = 0,6 \alpha C \rho_{20} L_{в,Б} (t_B^P - t_H^P) \cdot 10^{-6} = 0,6 \cdot 1,2 \cdot 0,24 \cdot 1,205 \cdot 1328000 (16 + 39) \cdot 10^{-6} = 15,21 \text{ Гкал/ч},$$

где

0,6 - доля общего притока воздуха в машинное отделение;

$\alpha$  - принят равным 1,2;

$\rho_{20}$  - плотность воздуха при температуре 20°C.

Котельное отделение:

$$Q_{O,B} = 0,4 \cdot 1,2 \cdot 0,24 \cdot 1,205 \cdot 1328000 (12 + 39) \cdot 10^{-6} = 9,4 \text{ Гкал/ч},$$

где 0,4 - доля общего притока воздуха в котельное отделение.

Расчетные тепловые нагрузки на приточные установки зональной системы вентиляции составят:

для машинного отделения

$$Q_{3,B} = 0,1 \cdot 0,24 \cdot 1,205 \cdot 1328000 (16 + 39) \cdot 0,443 \cdot 10^{-6} = 0,936 \text{ Гкал/ч},$$

где 0,443 - отношение объема рабочей зоны машинного отделения к общему объему рабочей зоны главного корпуса;

для котельного отделения

$$Q_{3,B} = 0,1 \cdot 0,24 \cdot 1,205 \cdot 1328000 (12 + 39) \cdot 0,557 \cdot 10^{-6} = 1,091 \text{ Гкал/ч},$$

где 0,557 - отношение объема рабочей зоны котельного отделения к общему объему рабочей зоны главного корпуса.

Норма расхода тепла на отопление составит:

для машинного отделения

$$q_{O}^H = \frac{Q_{O}^H (t_B^P - t_H^i)}{(t_B^P - t_H^P)} (1 - \beta) + \frac{Q_{O}^H (t_B^P - t_H^i)}{(t_B^P - t_H^P)} \beta = \frac{0,304 (13 - t_H^i)}{(13 + 39)} (1 - \beta) + \frac{1,53 (10 - t_H^i)}{(10 + 39)} \beta = 0,0058 (13 - t_H^i) (1 - \beta) + 0,0312 (10 - t_H^i) \beta$$

для котельного отделения

$$q_{O}^H = \frac{0,378 (12 - t_H^i)}{(12 + 39)} (1 - \beta) + \frac{2,58 (10 - t_H^i)}{(10 + 39)} \beta = 0,0074 (12 - t_H^i) (1 - \beta) + 0,0527 (10 - t_H^i) \beta$$

По полученным формулам строятся графические зависимости (рис. 15 и 16).

Норма расхода тепла на местную изональную вентиляцию составит:

для машинного отделения

$$q_{В.С.Н}^H = \frac{\sum Q_{М.В} (t_B^P - t_H^i)}{(t_B^{СР} - t_H^P)} + \frac{Q_{3.В} (t_B^P - t_H^i)}{(t_B^P - t_H^P)} \gamma = \frac{0,175 (16 - t_H^i)}{(16 + 39)} + \frac{0,936 (16 - t_H^i)}{(16 + 39)} \gamma = 0,0032 (16 - t_H^i) + 0,017 (16 - t_H^i) \gamma,$$

для котельного отделения

$$q_{В.С.Н}^H = \frac{0,1 (16 - t_H^i)}{(16 + 39)} + \frac{1,091 (12 - t_H^i)}{(12 + 39)} \gamma = 0,0018 (16 - t_H^i) + 0,0214 (12 - t_H^i) \gamma.$$

Рис. 15. Зависимость нормы расхода тепла на отопление машинного отделения от  $t_H^i$  и  $\beta$

По подученным формулам строятся графические зависимости (рис. 13 и 17).

Норма расхода тепла на технологическую вентиляцию определяется по (25).

Машинное отделение:

$$q_{Г.В}^H = (Q_{O.В} - Q_{3.В}) \frac{(t_B^P - t_H^i)}{(t_B^P - t_H^P)} \gamma = (15,21 - 0,936) \frac{(16 - t_H^i)}{(16 + 39)} \gamma = 0,26 (16 - t_H^i) \gamma$$

Рис. 16. Зависимость нормы расхода тепла на отопление котельного отделения от  $t_H^i$  и  $\beta$

Котельное отделение:

$$q_{Г.В}^H = (9,4 - 1,091) \frac{(12 - t_H^i)}{(12 + 39)} \gamma = 0,163(12 - t_H^i) \gamma$$

Подсчитанные по данным зависимостям нормы расхода тепла приводятся на графиках (рис. 18 и 19).

*Расчет нормативного расхода тепла на отопление и вентиляцию главного корпуса ТЭС за определенный период*

-

Исходные данные

Отчетный период - январь.

Число часов в месяце  $n$  - 744.

Средняя температура наружного воздуха  $t_H^i$  - минус 19°С.

Общее число простоев турбоагрегата - 120 ч.

Коэффициент использования установленной тепловой мощности котла - 90% ( $\gamma = 0,9$ ).

Коэффициент  $\beta$  определяется по (20).

$$\beta = \frac{\sum n_i}{\sum n} = \frac{120}{4 \cdot 744} = 0,04$$

По графикам рис. 15 и 16 определяются нормы расхода тепла на отопление машинного и котельного отделений и получают суммарное значение нормы:

$$q_{\Sigma}^H = 0,215 + 0,280 = 0,495 \text{ Гкал/ч.}$$

Рис.17. Зависимость нормырасхода тепла на вентиляцию котельного отделения от  $t_H$  и  $\gamma$

Рис.18. Зависимость нормырасхода тепла на технологическую вентиляцию машинного отделения от  $t_H$  и  $\gamma$

Рис.19. Зависимость нормырасхода тепла на технологическую вентиляцию котельного отделения от  $t_H$  и  $\gamma$

По графикам рис.13 и 17определяются нормы расхода тепла на вентиляцию собственных нужд по машинному икотельному отделениям и получают суммарное значение нормы.

$$q_{в.с.н}^H = 0,648 + 0,660 = 1,308 \text{ Гкал/ч}$$

Нормативный расход тепла наотопление и вентиляцию главного корпуса ТЭС за указанный период определяется поформуле:

$$Q_{с.н}^H = (q_O^H + q_{в.с.н}^H) \cdot n = (0,495 + 1,308) \cdot 744 = 1340 \text{ Гкал/мес.}$$

По графикам рис.18 и 19определяются нормы расхода тепла на технологическую вентиляцию машинного икотельного отделений и получают суммарное значение нормы:

$$q_{г.в}^H = 8,20 + 4,55 = 12,75 \text{ Гкал/ч.}$$

Нормативный расход тепла натехнологическую вентиляцию главного корпуса ТЭС за указанный период определяетсяпо (30):

$$Q_{г.в}^H = q_{г.в}^H \cdot n = 12,75 \cdot 744 = 9478 \text{ Гкал/мес.}$$

#### Определение индивидуальных нормрасхода тепла на отопление и вентиляцию

Индивидуальные нормы расходатепла на отопление главного корпуса определяются по формулам (31) или (32):

$$H_O^H = \alpha_O \frac{Q_O^H \cdot 10^6}{V(t_B^P - t_H^P)} = 1,576 \frac{0,682 \cdot 10^6}{464256(16+39)} = 0,045 \text{ ккал/(м}^3 \cdot \text{ч} \cdot \text{°C)}$$

$$\text{или } H_O^H = \alpha_O \frac{Q_O^H \cdot 10^6}{\sum Q_K^H (t_B^P - t_H^P)} = 1,576 \frac{0,682 \cdot 10^6}{1000(16+39)} = 20,8 \frac{\text{ккал/ч}}{\text{Гкал} \cdot \text{ч} \cdot \text{°C}}$$

$$\alpha_0 = 0,1(6,76 - 1) + 1 = 1,576 \text{ (при } \beta = 0,1);$$

$$B = \frac{Q_0^a (t_B^a - t_H^a)}{Q_0^x (t_B^x - t_H^x)} = \frac{4,11(16 + 39)}{0,682(10 + 39)} = 6,76$$

Индивидуальные нормы расхода тепла на вентиляцию главного корпуса определяются по формулам:

$$q_B^{V.H} = \alpha_B \frac{Q_{3.B} \cdot 10^6}{V(t_B^P - t_H^P)} = 1,136 \frac{2,027 \cdot 10^6}{464256(16 + 39)} = 0,09 \text{ ккал/(м}^3 \cdot \text{ч} \cdot \text{°C)};$$

$$q_B^{V.H} = \alpha_B \frac{Q_{3.B} \cdot 10^6}{\sum Q_K^H (t_B^P - t_H^P)} = 1,136 \frac{2,027 \cdot 10^6}{1000(16 + 39)} = 42,0 \frac{\text{ккал/ч}}{\Gamma_{\text{ккал}} \cdot \text{ч} \cdot \text{°C}};$$

$$\alpha_B = \gamma + C = 1 + 0,136 = 1,136 \text{ (при } \gamma = 1);$$

$$C = \frac{\sum Q_{M.B} (t_B^P - t_H^P)}{Q_{3.B} (t_B^{CP} - t_H^P)} = \frac{0,275(16 + 39)}{2,027(10 + 39)} = 0,136$$

Индивидуальные нормы расхода тепла на отопление главного корпуса, приведенные к температуре наружного воздуха - 30°C, определяются по формуле:

$$H_0^{30} = q_0^{V.H} / \psi_0 = 0,045 / 0,93 = 0,048 \text{ ккал/(м}^3 \cdot \text{ч} \cdot \text{°C)};$$

$$\text{или } H_0^{30} = q_0^{V.H} / \psi_0 = 20,8 / 0,93 = 22,4 \frac{\text{ккал/ч}}{\Gamma_{\text{ккал}} \cdot \text{ч} \cdot \text{°C}};$$

$$\psi_0 = K(1 - \alpha) \frac{t_H^P + 30}{t_B^P - t_H^P} + 1 = 1,128(1 - 0,63) \frac{-39 + 30}{16 + 39} + 1 = 0,93$$

$$\alpha = Q_{MH} / Q_0 = 0,43 / 0,682 = 0,63$$

#### Список использованной литературы

1. СПРАВОЧНИК проектировщика. Отопление, водопровод, канализация. - М.: Стройиздат, 1975.
2. СПРАВОЧНИК по наладке эксплуатации водяных тепловых сетей. - М.: Стройиздат, 1982.
3. ОСНОВНЫЕ положения по нормированию расхода топлива, тепловой и электрической энергии в народном хозяйстве. - М.: Атомиздат, 1980.
4. СНиП II-3-79\*. Строительная техника. Нормы проектирования.
5. СНиП II-58-75. Электростанции тепловые. Нормы проектирования. - М.: Стройиздат, 1976.
6. СНиП II-33-75. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха. Нормы проектирования. - М.: Стройиздат, 1976.
7. НАЛАДКА и регулирование систем вентиляции и кондиционирования воздуха. Справочное пособие. - М.: Стройиздат, 1980.
8. ГОСТ 12.1.005-76. Воздух рабочей зоны. Общие санитарно-гигиенические требования.

#### Приложение 1

#### Масса 1 м<sup>3</sup> сухого воздуха (при нормальном атмосферном давлении) [2]

Температура воздуха, °С	Масса, кг	Температура воздуха, °С	Масса, кг	Температура воздуха, °С	Масса, кг	Температура воздуха, °С	Масса, кг
-50	1,583	-20	1,395	10	1,247	40	1,128
-49	1,576	-19	1,390	11	1,243	41	1,124
-48	1,569	-18	1,384	12	1,239	42	1,121
-47	1,562	-17	1,379	13	1,234	43	1,117
-46	1,555	-16	1,374	14	1,230	44	1,114
-45	1,548	-15	1,368	15	1,226	45	1,110
-44	1,541	-14	1,363	16	1,221	46	1,107
-43	1,535	-13	1,358	17	1,217	47	1,103
-42	1,528	-12	1,352	18	1,213	48	1,100

-41	1,522	-11	1,347	19	1,209	49	1,096
-40	1,515	-10	1,342	20	1,205	50	1,093
-39	1,509	-9	1,337	21	1,201	51	1,090
-38	1,502	-8	1,332	22	1,197	52	1,086
-37	1,496	-7	1,327	23	1,193	53	1,083
-36	1,489	-6	1,322	24	1,189	54	1,080
-35	1,483	-5	1,317	25	1,185	55	1,076
-34	1,477	-4	1,312	26	1,181	56	1,073
-33	1,470	-3	1,307	27	1,177	57	1,070
-32	1,465	-2	1,303	28	1,173	58	1,066
-31	1,459	-1	1,298	29	1,169	59	1,063
-30	1,453	0	1,293	30	1,165	60	1,060
-29	1,447	1	1,288	31	1,161	61	1,057
-28	1,441	2	1,284	32	1,157	62	1,054
-27	1,435	3	1,279	33	1,154	63	1,051
-26	1,429	4	1,274	34	1,150	64	1,047
-25	1,423	5	1,270	35	1,148	65	1,044
-24	1,418	6	1,265	36	1,142	66	1,041
-23	1,412	7	1,261	37	1,139	67	1,038
-22	1,406	8	1,256	38	1,135	68	1,035
-21	1,401	9	1,252	39	1,131	69	1,032

## Приложение 2

### Нормы температурно-влажностных условий в рабочей зоне производственных помещений главного корпуса [5]

Наименование помещения	Температура воздуха в рабочей зоне, °С		Относительная влажность воздуха, %	
	в холодный период года	в теплый период года	в холодный период года	в теплый период года
Машинное отделение	16-22	Не выше 33	60-40	60-20
Котельное отделение	10-22	Не выше 33	60-40	60-20
Распределительное устройство собственных нужд	5-20	Не выше 33	70-30	70-30
Помещение панелей реле защиты и сигнализации	18-25	Не выше 30	60-30	60-30
Помещение экспериментального контроля	18-25	Не выше 30	60-30	60-30
Дымососное отделение	12-25	Не выше 33	Не нормируется	
Распределительное устройство электрофильтров	18-25	Не выше 33	Не нормируется	
Надбункерная галерея	Не ниже 10	Не выше 33	Не нормируется	
Деаэрационная этажерка	Не ниже 10	Не выше 33	60-20	60-20
Аккумуляторные и кислотные	Не ниже 10	Не выше 23	Не нормируется	
Кабельный этаж	Не выше 50	Не выше 40	Не нормируется	

*Примечания:* 1. Вне рабочих мест температура воздуха не должна превышать 40°С.  
2. Температура воздуха, перетекающего из машинного отделения в котельное, не должна превышать 33°С.

## Приложение 3

### Нормы температурно-влажностных условий в рабочей зоне производственных помещений для холодного и переходного периодов года [8]

Категория работ	Оптимальные		Допустимые	
	Температура воздуха, °С	Относительная влажность воздуха, %	Температура воздуха, °С	Относительная влажность воздуха, %
Легкая - I	20-23	60-40	19-25	Не более 75
Средней тяжести IIa	18-20		17-23	
IIб	16-18		15-21	
Тяжелая III	16-18		13-19	

## Приложение 4

Условия эксплуатации ограждающих конструкции в зависимости от влажностного режима помещений и зон влажности [4]

Влажностный режим помещения	Условия эксплуатации (А и Б) в зонах влажности (по приложению 1 [4])		
	Сухая	Нормальная	Влажная
Сухой	А	А	Б
Нормальный	А	Б	Б
Влажный или мокрый	Б	Б	Б

## Приложение 5

Значения сопротивления теплопередаче заполнений световых проемов

Заполнения световых проемов	Расстояние между стеклами, мм	$R_o$ ( $m^2 \cdot ^\circ C$ )/ккал
1. Одинарные переплеты (одинарное остекление) по ГОСТ 16407-70 и ГОСТ 12506-67	-	0,2
2. Двойные переплеты спаренные (двойное остекление) по ГОСТ 11214-65 ГОСТ 16407-70 ГОСТ 12506-67	55	0,4
	50	0,4
	55	0,4
3. Двойные переплеты отдельные (двойное остекление) по ГОСТ 11214-65 ГОСТ 16407-70	110	0,44
	100	0,44
4. Тройные переплеты, одинарные плюс спаренные (тройное остекление) по ГОСТ 16289-70	160	0,6
5. Вертикальное остекление из стеклянных пустотелых блоков по ГОСТ 9272-66	-	0,5

*Примечания:* 1. Данные взяты из правил теплотехнического и экономического расчета ограждающих конструкций отапливаемых зданий тепловых и атомных электростанций РТМ 34-345а-76 (ТЭП) .

2. Значения сопротивления теплопередаче приведены для окон, балконных дверей и фонарей с деревянными переплетами и коробками. При применении металлических переплетов и коробок приведенные значения следует уменьшать на 10%.

## Приложение 6

Значения сопротивления теплопередаче стеновых ограждающих конструкций<sup>1</sup>,  $m^2 \cdot ^\circ C$ /ккал

№№ п/п	Ограждающие конструкции	Толщина		Условие эксплуатации	
		утеплителя $\delta$ , мм	ограждения $d$ , мм	"А" $R_o$	"Б" $R_o$
1	2	3	4	5	6
1	Однослойная керамзитобетонная панель  $g = 1200 \text{ кг/м}^3$	-	200	0,75	0,68
		-	250	0,90	0,81
		-	300	1,04	0,93
2	То же Керамзитобетон  $g = 1100 \text{ кг/м}^3$	-	200	0,85	0,79
		-	250	1,02	0,90
		-	300	1,18	1,04
3	То же Керамзитобетон	-	200	0,98	0,85
		-	250	1,18	1,02
		-	300	1,38	1,18



	$g = 1000 \text{ кг/м}^3$				
4	То же Керамзитобетон	-	200	1,07	0,91
		-	240	1,25	1,06
5	$g = 900 \text{ кг/м}^3$ Трехслойная керамзитобетонная панель	130	160	0,81	0,71
		170	200	0,99	0,85
		210	240	1,17	1,00
		270	300	1,44	1,21
		310	400	1,88	1,57
6		90	160	0,83	0,70
		130	200	1,05	0,88
		170	240	1,29	1,05
		230	300	1,62	1,33
		330	400	2,19	1,77
7		120	200	0,79	0,70
		170	250	0,99	0,86
		220	300	1,19	1,03
8	Однослойная бетонная панель	-	160	1,02	0,93
		-	200	1,23	1,11
		-	240	1,44	1,38
		-	300	1,76	1,58
		-	400	2,28	2,04
9	Двухслойная бетонная панель	125	160	0,88	0,79
		165	200	1,09	0,98
		205	240	1,30	1,16
		265	300	1,61	1,44
		365	400	2,14	1,91
10	Двухслойная бетонная панель	165	200	0,77	0,68
		215	250	0,93	0,83
		265	300	1,10	0,91
11	То же Ячеистый бетон (пензолобетон, газозобетон)	165	200	0,77	0,68
		215	250	0,93	0,83
		265	300	1,10	0,97
12	$g = 1000 \text{ кг/м}^3$ Двухслойная бетонная панель	180	200	0,83	0,74
		230	250	0,99	0,88
		280	300	1,16	1,02
13	То же Пензолобетон, газозобетон	180	200	0,83	0,74
		230	250	0,99	0,88
		280	300	1,16	1,02
14	$g = 1000 \text{ кг/м}^3$ Соликальцитные панели $g = 1200 \text{ кг/м}^3$ $I_1 = 0,31, S_1^r = 4,35$ $I_2 = 0,35, S_2^r = 5,0$	-	120	0,57	0,53
		-	200	0,83	0,75
		-	350	1,31	1,18
		-	450	1,63	1,46
		-	600	2,11	1,89
15		100	123	2,04	1,89

16		128	130	2,74	2,74	
17		70	140	1,79	1,79	
18		50	230	1,40	1,27	
19	То же d = 60 мм	60	240	1,80	1,60	
20	Армоцементная панель	30	130	1,30	1,30	
21	То же Утеплитель – минераловатные плиты g = 200 кг/м <sup>3</sup>	30	310	1,02	0,92	
22	То же Утеплитель – пенопласт ПСБ и ПСБС	30	310	1,17	1,17	
23	Алюминиевые панели	130	132	3,43	3,43	
24	Виброкирпичные панели	115	350	2,03	1,67	
25	Наружные стены блочные Стеклянные пустотелые блоки (однокамерные)  I = 0,36 ккал/м·ч·°С	-	98	0,46	0,46	
26	Керамзитобетонные блоки	280	300	g = 400 кг/м <sup>3</sup>	2,53	2,07
g = 600 кг/м <sup>3</sup>				2,07	1,60	
g = 800 кг/м <sup>3</sup>				1,60	1,32	
g = 1000 кг/м <sup>3</sup>				1,32	1,13	
g = 1200 кг/м <sup>3</sup>				1,0	0,90	
g = 1400 кг/м <sup>3</sup>				0,82	0,76	
27	Керамзитобетонные блоки	380	400	g = 400 кг/м <sup>3</sup>	3,37	2,74
g = 600 кг/м <sup>3</sup>				2,74	2,10	
g = 800 кг/м <sup>3</sup>				2,10	1,72	
g = 1000 кг/м <sup>3</sup>				1,72	1,46	
g = 1200 кг/м <sup>3</sup>				1,28	1,15	

28	То же	$g = 1400 \text{ кг/м}^3$	480	500	1,05	0,96	
		$g = 400 \text{ кг/м}^3$			4,20	3,40	
		$g = 600 \text{ кг/м}^3$			3,40	2,60	
		$g = 800 \text{ кг/м}^3$			2,60	2,12	
		$g = 1000 \text{ кг/м}^3$			2,12	1,80	
		$g = 1200 \text{ кг/м}^3$			1,57	1,40	
29	Шлакобетонные блоки на топливных (котельных) шлаках	$g = 1400 \text{ кг/м}^3$	280	300	1,27	1,16	
		$g = 1200 \text{ кг/м}^3$			0,90	0,82	
		$g = 1600 \text{ кг/м}^3$			0,76	0,71	
30	То же	$g = 1200 \text{ кг/м}^3$	380	400	0,67	0,63	
		$g = 1400 \text{ кг/м}^3$			1,15	1,04	
		$g = 1600 \text{ кг/м}^3$			0,96	0,89	
31	То же	$g = 1200 \text{ кг/м}^3$	480	500	0,84	0,79	
		$g = 1400 \text{ кг/м}^3$			1,40	1,27	
		$g = 1600 \text{ кг/м}^3$			1,16	1,07	
32	То же	$g = 1200 \text{ кг/м}^3$	580	600	1,00	0,94	
		$g = 1400 \text{ кг/м}^3$			1,65	1,49	
		$g = 1600 \text{ кг/м}^3$			1,36	1,25	
33	Шлакобетонные блоки на доменных гранулированных шлаках	$g = 1200 \text{ кг/м}^3$	280	300	1,17	1,09	
		$g = 1400 \text{ кг/м}^3$			1,00	0,90	
		$g = 1600 \text{ кг/м}^3$			0,90	0,82	
34	То же	$g = 1200 \text{ кг/м}^3$	380	400	0,82	0,76	
		$g = 1400 \text{ кг/м}^3$			1,28	1,15	
		$g = 1600 \text{ кг/м}^3$			1,15	1,05	
35	То же	$g = 1200 \text{ кг/м}^3$	480	500	1,05	0,96	
		$g = 1400 \text{ кг/м}^3$			1,57	1,40	
		$g = 1600 \text{ кг/м}^3$			1,40	1,27	
36	То же	$g = 1200 \text{ кг/м}^3$	580	600	1,27	1,16	
		$g = 1400 \text{ кг/м}^3$			1,86	1,65	
		$g = 1600 \text{ кг/м}^3$			1,65	1,49	
Стены временного торца							
37			60	180	1,65	1,53	
38			70	120	1,94	1,84	
39			100	102	2,68	2,68	
Кирпичные стены							
Ограждающие конструкции		в кирпичах					
40	Стены из эффективного дырчатого кирпича. Кладка сплошная на тяжелом растворе. Кирпич дырчатый со 105 отверстиями	1,5	-	380	1,13	1,03	
		2,0	-	510	1,45	1,31	
		2,5	-	640	1,78	1,60	
41	То же Кирпич дырчатый со 60 отверстиями	$g = 1300 \text{ кг/м}^3$					
		1,5	-	380	1,03	0,94	
		2,0	-	510	1,31	1,20	
42	То же	2,5	-	640	1,60	1,46	
		1,5	-	380	1,03	0,87	
			2,0	-	510	1,31	1,11

	Кирпич дырчатый со 31 отверстием $g = 1300 \text{ кг/м}^3$	2,5	-	640	1,60	1,34
43	Стены из керамических семищелевых камней. Кладка сплошная на тяжелом растворе $g = 1400 \text{ кг/м}^3$	1,0	-	250	0,74	0,64
		1,5	-	380	1,03	0,87
		2,0	-	510	1,31	1,11
		2,5	-	640	1,60	1,34
№№ п/п	Ограждающие конструкции	Толщина стены		Условие эксплуатации		
		в кирпичах	в мм	"А" $R_0$	"Б" $R_0$	
1	2	3	4	5	6	
44	Стены из обыкновенного глиняного кирпича. Кладка сплошная на тяжелом растворе $g = 1800 \text{ кг/м}^3$	0,5	120	0,38	0,35	
		1,0	250	0,60	0,54	
		1,5	380	0,82	0,73	
		2,0	510	1,03	0,90	
		2,5	640	1,25	1,10	
		3,0	770	1,46	1,28	
45	Стены из силикатного кирпича. Кладка сплошная на тяжелом растворе $g = 1900 \text{ кг/м}^3$	0,5	120	0,37	0,34	
		1,0	250	0,57	0,53	
		1,5	380	0,77	0,69	
		2,0	510	0,97	0,80	
		2,5	640	1,17	1,04	
		3,0	770	1,36	1,20	
46	Стены из обыкновенного глиняного кирпича. Кладка с воздушной прослойкой на тяжелом растворе $g = 1800 \text{ кг/м}^3$	1,5	420	1,01	0,92	
		2,0	550	1,22	1,09	
		2,5	680	1,44	1,29	
47	Стены из силикатного кирпича. Кладка с воздушной прослойкой на тяжелом растворе $g = 1900 \text{ кг/м}^3$	1,5	420	0,96	0,88	
		2,0	550	1,16	1,05	
		2,5	680	1,36	1,23	
48	Сплошная кирпичная стена с утеплителем из пенобетона	0,5	120	0,75	0,69	
		1,0	250	0,98	0,87	
		1,5	380	1,18	1,06	
		2,0	510	1,41	1,24	
49	То же пенобетон $g = 800 \text{ кг/м}^3$ , $d = 80,0 \text{ мм}$	0,5	120	0,88	0,80	
		1,0	250	1,10	0,99	
		1,5	380	1,32	1,17	
		2,0	510	1,53	1,36	
50	То же пенобетон $g = 600 \text{ кг/м}^3$ , $d = 100 \text{ мм}$	0,5	120	1,01	0,91	
		1,0	250	1,22	1,10	
		1,5	380	1,44	1,28	
		2,0	510	1,66	1,47	
51	То же пенобетон $g = 600 \text{ кг/м}^3$ , $d = 120 \text{ мм}$	0,5	120	1,13	1,02	
		1,0	250	1,34	1,21	
		1,5	380	1,57	1,39	
		2,0	510	1,78	1,58	
52	Трехслойная керамзитобетонная панель с плотностью среднего слоя $g = 1200 \text{ кг/м}^3$	-	200	0,65	0,58	
		-	250	0,79	0,71	
		-	300	0,93	0,83	
53	Ограждение из профилированного стального листа с утеплителем - пенополистирол	-	30	1,02	0,99	
		-	50	1,57	1,53	
1 Взяты из указаний ТЭП для теплотехнического расчета ограждающих конструкций зданий тепловых электростанций						

## Приложение 7

### Значения сопротивления теплопередаче конструкций покрытий<sup>1</sup>

Водоизоляционный ковер (10 мм)	Без утеплителя $R_0 = 0,28 \text{ м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{°C} / \text{ккал}$
Выравнивающий слой (15 мм)	
Утеплитель	
Железобетонные сборные крупнопанельные	

плиты (300 мм)										
ПЛИТНЫЕ УТЕПЛИТЕЛИ										
g, кг/м <sup>3</sup>		200	400	600	300	400	500	600	500	300
λ <sub>A</sub> , ккал/м·ч·°C		0,05	0,12	0,15	0,10	0,11	0,14	0,16	0,11	0,07
λ <sub>B</sub> , ккал/м·ч·°C		0,06	0,15	0,20	0,11	0,12	0,15	0,18	0,16	0,08
Толщина утеплителя d, мм	R <sub>0</sub> м <sup>2</sup> ·ч·°C/ ккал	Древесно-волокнистые плиты	Керамзитобетон		Пенобетон, бетон ячеистый, пеносиликат			Пеногипс	Минераловатные плиты	
50	R <sub>A</sub>	1,28	-	-	-	-	-	-	-	0,99
	R <sub>B</sub>	1,12	-	-	-	-	-	-	-	0,90
60	R <sub>A</sub>	-	0,78	0,68	0,88	0,83	0,71	0,66	0,83	1,14
	R <sub>B</sub>	-	0,68	0,58	0,83	0,78	0,68	0,61	0,66	1,09
70	R <sub>A</sub>	-	0,86	0,75	0,98	0,92	0,78	0,72	0,92	1,28
	R <sub>B</sub>	-	0,75	0,63	0,92	0,86	0,75	0,67	0,72	1,15
80	R <sub>A</sub>	-	0,95	0,81	1,08	1,01	0,85	0,78	1,01	1,42
	R <sub>B</sub>	-	0,81	0,68	1,01	0,95	0,81	0,72	0,78	1,28
90	R <sub>A</sub>	-	1,03	0,88	1,18	1,10	0,92	0,84	1,10	-
	R <sub>B</sub>	-	0,88	0,73	1,10	1,03	0,88	0,78	0,84	-
100	R <sub>A</sub>	-	1,11	0,95	1,28	1,19	1,00	0,90	1,19	1,71
	R <sub>B</sub>	-	0,95	0,78	1,19	1,11	0,95	0,84	0,91	1,53
120	R <sub>A</sub>	-	1,28	1,08	1,48	1,37	1,14	1,03	1,37	1,99
	R <sub>B</sub>	-	1,08	0,88	1,37	1,28	1,08	0,95	1,03	1,78
140	R <sub>A</sub>	-	1,45	1,21	1,68	1,55	1,28	1,15	1,55	-
	R <sub>B</sub>	-	1,21	0,98	1,55	1,45	1,21	1,06	1,15	-
160	R <sub>A</sub>	-	1,63	1,35	1,88	1,73	1,42	1,28	1,73	-
	R <sub>B</sub>	-	1,35	1,08	1,73	1,61	1,35	1,17	1,27	-
180	R <sub>A</sub>	-	1,78	1,48	2,08	1,92	1,57	1,40	1,92	-
	R <sub>B</sub>	-	1,48	1,18	1,92	1,78	1,48	1,28	1,41	-
200	R <sub>A</sub>	-	1,95	1,61	2,28	2,10	1,71	1,53	2,10	3,14
	R <sub>B</sub>	-	1,61	1,28	2,10	1,95	1,61	1,39	1,53	2,78

ПЛИТНЫЕ УТЕПЛИТЕЛИ											ЗАСЫПНЫЕ УТЕПЛИТЕЛИ		
g, кг/м <sup>3</sup>		400	500	190	600	400	600	300	500	600			
λ <sub>A</sub> , ккал/м·ч·°C		0,10	0,15	0,05	0,12	0,11	0,15	0,11	0,15	0,15			
λ <sub>B</sub> , ккал/м·ч·°C		0,12	0,17	0,05	0,15	0,14	0,20	0,13	0,18	0,20			
Толщина утеплителя d, мм	R <sub>0</sub> м <sup>2</sup> ·ч·°C/ ккал	Пеноглитит		Пенопласт ПХВ	Перлитобетон	Фибролит		Керамзит		Пемза, туф			
20	R <sub>A</sub>	-	-	0,68	-	-	-	-	-	-			
	R <sub>B</sub>	-	-	0,68	-	-	-	-	-	-			
30	R <sub>A</sub>	-	-	0,88	-	0,55	0,48	-	-	-			
	R <sub>B</sub>	-	-	0,88	-	0,49	0,43	-	-	-			
40	R <sub>A</sub>	-	-	1,08	-	-	-	0,64	0,55	0,55			
	R <sub>B</sub>	-	-	1,08	-	-	-	0,59	0,50	0,48			
50	R <sub>A</sub>	-	-	1,28	-	0,73	0,61	0,73	0,61	0,61			
	R <sub>B</sub>	-	-	1,28	-	0,64	0,53	0,65	0,55	0,53			
60	R <sub>A</sub>	0,88	0,68	1,48	0,78	0,83	0,68	0,83	0,68	0,68			
	R <sub>B</sub>	0,78	0,63	1,48	0,68	0,71	0,58	0,74	0,61	0,58			
70	R <sub>A</sub>	0,98	0,75	-	0,86	-	-	0,92	0,75	0,75			
	R <sub>B</sub>	0,86	0,69	-	0,75	-	-	0,82	0,67	0,63			
ПЛИТНЫЕ УТЕПЛИТЕЛИ											ЗАСЫПНЫЕ УТЕПЛИТЕЛИ		
g, кг/м <sup>3</sup>		350	500	190	600	400	600	300	500	600			
λ <sub>A</sub> , ккал/м·ч·°C		0,09	0,15	0,05	0,12	0,11	0,15	0,11	0,15	0,15			
λ <sub>B</sub> , ккал/м·ч·°C		0,11	0,17	0,05	0,15	0,14	0,18	0,13	0,18	0,20			
Толщина утеплителя d, мм	R <sub>0</sub> м <sup>2</sup> ·ч·°C/ ккал	Пенокералит		Пенопласт ПХВ	Перлитобетон	Фибролит		Керамзит		Пемза, туф			
80	R <sub>A</sub>	1,17	0,81	-	0,96	-	-	1,01	0,81	0,81			
	R <sub>B</sub>	1,01	0,75	-	0,81	-	-	0,90	0,72	0,68			
90	R <sub>A</sub>	1,28	0,88	-	1,03	-	0,89	1,10	0,88	0,88			
	R <sub>B</sub>	1,10	0,81	-	0,88	-	0,73	0,97	0,77	0,73			
100	R <sub>A</sub>	1,39	0,95	-	1,11	1,19	0,95	1,19	0,95	0,95			
	R <sub>B</sub>	1,19	0,87	-	0,95	0,99	0,78	1,05	0,84	0,78			

120	$R_A$	1,61	1,08	-	1,28	1,37	1,08	1,37	1,08	1,08
	$R_B$	1,37	0,99	-	1,08	1,14	0,88	1,20	0,94	0,87
140	$R_A$	1,83	1,21	-	1,45	-	-	1,55	1,21	1,21
	$R_B$	1,55	1,10	-	1,21	-	-	1,36	1,06	0,98
160	$R_A$	2,06	1,35	-	1,61	-	-	1,73	1,35	1,35
	$R_B$	1,73	1,22	-	1,35	-	-	1,51	1,17	1,08
180	$R_A$	2,28	1,48	-	1,78	-	-	1,92	1,48	1,48
	$R_B$	1,92	1,34	-	1,48	-	-	1,65	1,28	1,18
200	$R_A$	2,50	1,61	-	1,96	2,10	1,61	2,10	1,61	1,61
	$R_B$	2,10	1,46	-	1,61	1,71	1,27	1,82	1,39	1,28

Шлако-известковая кора $l = 0,4$										Без утеплителя									
Утеплитель										$R = 0,536 \text{ м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{°C} / \text{ккал}$									
Плита настила																			
ПЛИТНЫЕ УТЕПЛИТЕЛИ										ЗАСЫПНЫЕ УТЕПЛИТЕЛИ									
$\rho, \text{ кг/м}^3$	400	600	400	500	600	300	500	600	350	500	300	500	1000	700	900	500	600	400	
$\lambda_A, \text{ ккал/м} \cdot \text{ч} \cdot \text{°C}$	0,12	0,15	0,11	0,14	0,16	0,07	0,10	0,15	0,09	0,15	0,11	0,15	0,20	0,15	0,18	0,12	0,15	0,12	
$\lambda_B, \text{ ккал/м} \cdot \text{ч} \cdot \text{°C}$	0,15	0,20	0,12	0,15	0,18	0,08	0,12	0,20	0,11	0,17	0,13	0,18	0,25	0,19	0,22	0,14	0,20	0,15	
Толщина утеплителя $d, \text{ мм}$	$R_0$	Керамзи- тобетон	Пенобетон	Бетон ячеистый	Пеносиликат	Плиты минера- ловатные	Фибро- лит	Пено- кералит	Керамзит	Шлак топливный	Шлак доменный	Тuff, пемза							
40	$R_A$	0,87	0,80	0,90	0,83	0,79	-	-	-	0,98	0,80	0,90	0,80	0,74	0,89	0,76	0,87	0,80	0,87
	$R_B$	0,80	0,74	0,81	0,80	0,76	-	-	-	0,90	0,77	0,85	0,76	0,70	0,70	0,72	0,83	0,74	0,80
50	$R_A$	0,95	0,81	0,99	0,90	0,85	1,25	1,04	0,87	1,10	0,81	0,99	0,87	0,79	0,87	0,88	0,95	0,87	0,95
	$R_B$	0,87	0,79	0,95	0,87	0,82	1,16	0,95	0,79	0,99	0,83	0,92	0,82	0,74	0,80	0,76	0,90	0,79	0,87
60	$R_A$	1,04	0,94	1,08	0,96	0,91	1,39	1,14	0,94	1,20	0,94	1,08	0,94	0,84	0,94	0,87	1,04	0,94	1,04
	$R_B$	0,94	0,84	1,04	0,91	0,87	1,29	1,04	0,84	1,08	0,89	1,00	0,87	0,78	0,85	0,80	0,96	0,84	0,94
80	$R_A$	1,20	1,07	1,26	1,11	1,04	1,68	1,35	-	1,42	1,07	1,26	1,08	0,94	1,07	0,98	1,20	1,07	1,24
	$R_B$	1,07	0,94	1,20	1,07	0,98	1,54	1,21	-	1,26	1,01	1,16	0,98	0,86	0,96	0,90	1,11	0,94	1,07
100	$R_A$	1,37	1,20	1,45	1,25	1,16	1,96	1,54	1,20	1,65	1,20	1,45	1,20	1,04	1,20	1,09	1,37	1,20	1,31
	$R_B$	1,20	1,04	1,37	1,20	1,09	1,79	1,37	1,04	1,45	1,12	1,31	1,09	0,94	1,06	0,99	1,25	1,04	1,20
120	$R_A$	1,54	1,34	1,63	1,39	1,29	2,25	1,74	1,34	1,81	1,34	1,63	1,34	1,14	1,34	1,20	1,54	1,34	1,54
	$R_B$	1,34	1,14	1,54	1,34	1,20	2,04	1,54	1,14	1,63	1,24	1,46	1,20	1,02	1,17	1,08	1,39	1,14	1,34
150	$R_A$	1,79	1,54	1,90	1,61	1,47	-	-	-	2,21	1,54	1,90	1,54	1,29	1,54	1,37	1,79	1,54	1,79
	$R_B$	1,54	1,29	1,79	1,54	1,37	-	-	-	1,90	1,42	1,69	1,37	1,14	1,33	1,22	1,61	1,29	1,54
200	$R_A$	2,20	1,87	2,86	1,97	1,79	-	-	-	2,76	1,87	2,36	1,87	1,54	1,87	1,65	2,20	1,81	2,20
	$R_B$	1,97	1,54	2,20	1,87	1,65	-	-	-	2,36	1,70	2,08	1,65	1,34	1,59	1,45	1,97	1,54	1,87
250	$R_A$	2,62	2,20	2,81	2,32	2,09	-	-	-	3,31	2,20	2,81	2,20	1,79	2,20	1,92	2,62	2,20	2,62
	$R_B$	2,28	1,79	2,62	2,20	1,92	-	-	-	2,84	2,01	2,45	1,98	1,54	1,85	1,67	2,32	1,79	2,24

Тип покрытия	Толщина утеплителя	Толщина ограждения	$R_A$	$R_B$
	$b, \text{ мм}$	$d, \text{ мм}$		
Керамзитобетонные	-	140	0,94	0,80
	-	170	1,09	0,92
	-	200	1,24	1,04
	-			
Керамзитобетонные	-	100	0,74	0,64
	-	120	0,84	0,72
	-	140	0,94	0,80
	-	160	1,04	0,88
	-	180	1,14	0,96
	-	200	1,24	1,04
$\rho = 800 \text{ кг/м}^3$				
Армопенобетонные	-	100	0,71	0,67
	-	120	0,81	0,76
	-	140	0,91	0,84
	-	160	1,00	0,94
Рулонная кровля (60 мм)				
Пенобетон $\rho = 750 \text{ кг/м}^3$				

	-	140	0,91	0,84
	-	160	1,00	0,94
Армирование из автоклавного ячеистого бетона $g = 150 \text{ кг/м}^3$				
	30	-	1,10	1,09
То же Утеплитель – маты минераловатные $g = 150 \text{ кг/м}^3, d = 30 \text{ мм}$	30	-	0,82	0,76
	30.0		0,78	0,73
	40.0		0,98	0,91
	50.0		1,18	1,09
	60.0		1,38	1,27
<b>ПЕРЕХОДНЫЙ МОСТИК</b>				
	100	350	3,79	3,53
Нижнее перекрытие	100	250	2,98	2,78
<b>ПОЛЫ В ЖИЛЬХ ЗДАНИЯХ</b>				
Перекрытия над подвалом	60	384	3,78	3,57
<b>ЭСТАКАДА ТОПЛИВОПОДАЧИ</b>				

	75	76,6	1,68	1,68
	40	-	1,31	1,20
	50	-	1,44	1,34
	60	-	1,58	1,47
	70	-	1,73	1,60
	80	-	1,87	1,73
	90	-	2,00	1,80
	100	-	2,15	1,99
1 См. сноску к приложению 6				

## Приложение 8

### Значения коэффициентов теплопроводности строительных материалов<sup>1</sup>

Материал	Средняя объемная масса, кг/м <sup>3</sup>	Теплопроводность, ккал/(м·ч·°С), при условии эксплуатации ограждения	
		А	Б
<b>Асбестоцементные изделия [удельная теплоемкость 0,2 ккал/(кг·°С)]</b>			
Асбестоцементные плитки и листы	1900	0,25	0,30
Асбестоцементные теплоизоляционные плиты	50	0,09	0,11
То же	300	0,07	0,08
<b>Асфальтовые и битумные материалы [удельная теплоемкость 0,4 ккал/(кг·°С)]</b>			
Асфальт в полах и стяжках	1800	0,65	0,65
Асфальтобетон	2100	0,90	0,90
Битум нефтяной	1050	0,15	0,15
<b>Бетоны [удельная теплоемкость 0,2 ккал/(кг·°С)]</b>			
Железобетон (из бетона на гравии или щебне из природного камня)	2500	1,20	1,40
Бетон из гравии или щебне из природного камня	2400	1,05	1,25
Бетон на гравии	2400	0,80	0,90
Крупнопористый беспесчаный бетон на плотном заполнителе	1900	0,80	0,85
То же	1600	0,55	0,60
Шлакобетон из топливных (котельных) шлаков и бетон на аглопорите	1800	0,70	0,75
То же	1600	0,60	0,75
"-"	1400	0,50	0,55
Шлакобетон из топливных (котельных) шлаков и бетон на аглопорите	1200	0,40	0,45
То же	1000	0,30	0,35
Шлакобетон на доменных гранулированных и малоклинкерном вяжущем	1800	0,50	0,55
То же	1600	0,40	0,50
"-"	1200	0,35	0,40
Термозитобетон (шлакопензобетон)	1600	0,40	0,50
То же	1400	0,35	0,40
"-"	1200	0,30	0,35
Перлитобетон	1200	0,30	0,35
То же	1000	0,23	0,28
"-"	800	0,18	0,22
"-"	600	0,12	0,15
Керамзитобетон	1800	0,65	0,70
То же	1400	0,45	0,50
"-"	1200	0,35	0,40
"-"	1000	0,25	0,30
"-"	800	0,20	0,25
"-"	600	0,15	0,20
"-"	400	0,12	0,15
Бетоны ячеистые (газобетон, пенобетон, газосиликат, пеносиликат)	1000	0,30	0,35
То же	800	0,22	0,25



-"-	600	0,16	0,18
Бетоны ячеистые (газобетон, пенобетон, газосиликат, пеносиликат)	400	0,11	0,12
То же	300	0,10	0,11
Газозолобетон и пенозолобетон	1200	0,35	0,40
То же	1000	0,30	0,35
-"-	800	0,25	0,30
<b>Вата минераловатная и изделия из нее [удельная теплоемкость 0,18 ккал/(кг·°C)]</b>			
Вата минеральная	150	0,045	0,06
Вата стеклянная	100	0,04	0,05
Войлок минераловатный	150 и менее	0,05	0,055
Маты минераловатные в бумажной обкладке	200	0,055	0,06
Плиты минераловатные на битумной связке	400	0,08	0,10
То же	300	0,07	0,08
Плиты минераловатные на синтетической связке	200	0,05	0,06
<b>Газостекло, пеностекло, пеноглинит и стекло [удельная теплоемкость 0,2 ккал/(кг·°C)]</b>			
Газостекло или пеностекло	400	0,10	0,12
То же	300	0,09	0,10
Плиты пеноглинитные	500	0,15	0,17
То же	400	0,10	0,12
Стекло оконное	2500	0,65	0,65
<b>Гипсовые изделия и материалы [удельная теплоемкость 0,2 ккал/(кг·°C)]</b>			
Плиты и камни из чистого гипса	1100	0,30	0,35
Плиты гипсовые с органическими наполнителями [удельная теплоемкость 0,25 ккал/(кг·°C)]	700	0,18	0,20
Гипсобетон на доменных гранулированных шлаках	1000	0,28	0,32
Гипсобетон на топливных (котельных) шлаках	1300	0,40	0,48
Пеногипс и газогипс	500	0,11	0,16
Листы гипсовые обшивочные (сухая штукатурка) [удельная теплоемкость 0,24 ккал/(кг·°C)]	1000	0,17	0,20
<b>Грунтовые материалы [удельная теплоемкость 0,2 ккал/(кг·°C)]</b>			
Глинобитные или сырцовые стены	2000	0,70	0,80
Саманные стены [удельная теплоемкость 0,25 ккал/(кг·°C)]	1600	0,50	0,60
Смазка глино-песчаная	1800	0,50	0,60
Смазка глино-шлаковая	1300	0,40	0,45
Смазка глино-опилочная [удельная теплоемкость 0,3 ккал/(кг·°C)]	800	0,20	0,25
Засыпка из сухого песка	1600	0,40	0,50
Грунт растительный под зданием	1800	0,90	1,00
<b>Дерево и изделия из него [удельная теплоемкость 0,6 ккал/(кг·°C)]</b>			
Сосна и ель поперек волокон	550	0,12	0,15
То же вдоль волокон	550	0,25	0,30
Дуб поперек волокон	800	0,15	0,20
То же вдоль волокон	800	0,30	0,35
Фанера клееная	600	0,13	0,15
Ксилолит лицевой [удельная теплоемкость 0,4 ккал/(кг·°C)]	1800	0,65	0,70
Ксилолит подстилающий [удельная теплоемкость 0,5 ккал/(кг·°C)]	1000	0,25	0,30
Опилки древесные	250	0,06	0,08
Фибролит цементный [удельная теплоемкость 0,5 ккал/(кг·°C)]	600	0,15	0,20
То же	350	0,10	0,13
-"-	300	0,09	0,12
Плиты древесноволокнистые	1000	0,24	0,29
То же	600	0,11	0,14
Плиты древесноволокнистые жесткие (сухая органическая штукатурка)	700	0,15	0,18
Арболит на древесных отходах	700	0,18	0,23
То же	600	0,15	0,19
-"-	500	0,12	0,15
Плиты древесноволокнистые	200	0,05	0,06
<b>Засыпки теплоизоляционные [удельная теплоемкость 0,2 ккал/(кг·°C)]</b>			
Шлак топливный	1000	0,20	0,25
То же	700	0,15	0,19
Шлак доменный гранулированный	900	0,18	0,22
То же	500	0,12	0,14
Керамзит	900	0,30	0,35
То же	500	0,15	0,18
-"-	300	0,11	0,13
Пемза или туф (засыпка) [удельная теплоемкость 0,3 ккал/(кг·°C)]	600	0,15	0,20
То же	400	0,12	0,15
Перлит вспученный	250	0,05	0,08
Вермикулит вспученный	300	0,09	0,12
Трепелы (диатомиты)	700	0,16	0,18
То же	500	0,12	0,15
<b>Камни естественные [удельная теплоемкость 0,22 ккал/(кг·°C)]</b>			
Мрамор, гранит, базальт	2800	2,80	3,00
Песчаники и кварциты	2400	1,50	1,75
Известняки	2000	0,90	1,00
То же	1700	0,70	0,80
Известняк - ракушечник	1400	0,50	0,55
Туф известняковый	1300	0,40	0,45
Туф арктический	1300	0,28	0,30
Туф ереванский	1600	0,36	0,40
Туф фельзитовый	2000	0,84	0,89

Кладка на тяжелом растворе из камня правильной формы при объемной массе камня, кг/м <sup>3</sup>			
2800	2680	2,55	2,75
2000	1960	0,87	0,97
1200	1260	0,39	0,44
Кладка на тяжелом растворе из камня неправильной формы при объемной массе камня, кг/м <sup>3</sup>			
2800	2420	2,05	2,20
2000	1900	0,81	0,91
1200	1380	0,46	0,52
<b>Кирпичная кладка [удельная теплоемкость 0,21 ккал/(кг·°C)]</b>			
Кирпичная кладка из обыкновенного глиняного кирпича на тяжелом растворе	1800	0,60	0,70
То же на легком растворе объемной массой 1400 кг/м <sup>3</sup>	1700	0,55	0,65
Кладка из силикатного кирпича на любом растворе	1900	0,65	0,75
Кладка из пористого кирпича объемной массой 1300 кг/м <sup>3</sup> , а также из семищелевых керамических камней, облицовочных каменей и дырчатого кирпича с 31 отверстием на тяжелом растворе	1400	0,45	0,55
Кладка из дырчатого кирпича со 105 отверстиями на тяжелом растворе	1300	0,40	0,45
То же с 60 отверстиями на тяжелом растворе	1300	0,45	0,50
Кладка из трепельного кирпича объемной массой 1400 кг/м <sup>3</sup> на тяжелом растворе	1200	0,40	0,45
Кладка из шлакового кирпича объемной массой 1400 кг/м <sup>3</sup> на тяжелом растворе	1500	0,55	0,60
<b>Металлы [удельная теплоемкость 0,115 ккал/(кг·°C)]</b>			
Сталь строительная	7830	50	50
Детали чугунные	7200	43	43
Алюминий	2600	190	190
<b>Органические волокнистые теплоизоляционные изделия и материалы [удельная теплоемкость 0,4 ккал/(кг·°C)]</b>			
Соломит и плиты строительные	250	0,07	0,09
Камышит	350	0,08	0,12
То же	250	0,06	0,08
Войлок строительный	150	0,04	0,05
Пакля	150	0,04	0,06
Плиты торфоизоляционные	250	0,05	0,065
<b>Пластмассы и полимеры пористые [удельная теплоемкость 0,35 ккал/(кг·°C)]</b>			
Мипора	20	0,04	0,04
Пенопласт ПХВ	190	0,05	0,05
Пенопласт ПСБ	70	0,04	0,04
Огниропор	30	0,04	0,04
<b>Растворы строительные и штукатурки [удельная теплоемкость 0,20 ккал/(кг·°C)]</b>			
Цементно-песчаный раствор или штукатурка из него	1800	0,65	0,80
Сложный раствор (песок, известь, цемент) или штукатурка из него	1700	0,60	0,75
Известково-песчаный раствор или штукатурка из него	1600	0,60	0,70
Штукатурка из известково-песчаного раствора по драни	1400	0,45	0,55
Цементно-шлаковый раствор	1400	0,45	0,55
То же	1200	0,45	0,55
<b>Рулонные материалы [удельная теплоемкость 0,75 ккал/(кг·°C)]</b>			
Линолеум	1800	0,33	0,33
То же	1600	0,28	0,28
-"-	1350	0,20	0,20
-"-	1100	0,16	0,16
Картон	1000	0,18	0,20
То же	700	0,13	0,15
Релин	1200	0,19	0,19
Рубероид, пергамин, толь	600	0,15	0,15
<sup>1</sup> См. сноску к приложению 6. <i>Примечание.</i> Если объемная масса материалов отличается от приведенных, расчетные физические показатели для них определяются интерполяцией соответственно указанным объемным массам.			

## ОГЛАВЛЕНИЕ

1. Общая часть
2. Определение расчетных тепловых нагрузок на отопление производственных зданий ТЭС
  - 2.1. Тепловые потери ограждающими конструкциями
  - 2.2. Тепловые потери на инфильтрацию воздуха
3. Определение расчетных тепловых нагрузок на вентиляцию и кондиционирование воздуха
  - 3.1. Вентиляция
  - 3.2. Кондиционирование воздуха

4. Определение норм расхода теплота на отопление, вентиляцию и кондиционирование воздуха

4.1. Отопление

4.2. Вентиляция

4.3. Кондиционирование воздуха

4.4. Нормативный расход тепла

4.5. Индивидуальные нормы расхода тепла

4.6. Общепроизводственные нормы расхода тепла на отопление, вентиляцию и кондиционирование воздуха предприятия (ТЭС)

5. Примеры расчета норм расхода тепла на отопление и вентиляцию главного корпуса ТЭС

Список использованной литературы

Приложение 1 Масса 1 м<sup>3</sup> сухого воздуха (при нормальном атмосферном давлении)

Приложение 2 Нормы температурно-влажностных условий в рабочей зоне производственных помещений главного корпуса

Приложение 3 Нормы температурно-влажностных условий в рабочей зоне производственных помещений для холодного и переходного периодов года

Приложение 4 Условия эксплуатации ограждающих конструкции в зависимости от влажностного режима помещений и зон влажности

Приложение 5 Значения сопротивления теплопередаче заполнения световых проемов

Приложение 6 Значения сопротивления теплопередаче стеновых ограждающих конструкций, м<sup>3</sup>·ч·°С/ккал

Приложение 7 Значения сопротивления теплопередаче конструкций покрытий

Приложение 8 Значения коэффициентов теплопроводности строительных материалов