

**Методические указания по испытанию тепловой изоляции  
оборудования и трубопроводов ТЭС  
му 34-70-184-87**

**СОДЕРЖАНИЕ**

1. Общие положения
2. Объект испытаний
3. Основные показатели
4. Точность определения показателей
5. Средства испытания
6. Условия испытаний
7. Подготовка и проведение испытаний
8. Обработка и анализ результатов
9. Оформление результатов
10. Требования безопасности
11. Приложение

Срок действия установлен  
с 01.01.88 г.  
до 01.01.98 г.

Методические указания устанавливают порядок организации, проведения и обработки результатов испытаний тепловой изоляции (в дальнейшем ТИ) основного и вспомогательного оборудования и трубопроводов тепловых электростанций.

Методические указания предназначены для персонала цехов наладки электростанций, служб наладки РЭУ и специализированных организаций, выполняющих работы по испытаниям и паспортизации ТИ на ТЭС.

**1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ**

Испытания ТИ имеют следующие основные цели:

- оценка качества ТИ при приемке после монтажа, ремонта или реконструкции;
- обследование состояния ТИ и ее паспортизация;
- определение суммарных потерь тепла через ТИ для подсчета КПД основного оборудования.

Во всех случаях производится проверка соответствия ТИ установленным нормам потерь тепла через ТИ и температуры на ее поверхности.

Полученные результаты испытаний ТИ позволяют путем сравнения их с нормативными или проектными показателями дать оценку качества выполнения или состояния ТИ, выявить дефектные участки ТИ, наметить пути устранения дефектов.

**2. ОБЪЕКТ ИСПЫТАНИЙ**

Испытаниям подлежит ТИ основного и вспомогательного оборудования и трубопроводов с температурой теплоносителя выше 100°C:

- в котельных цехах: трубопроводы питательной воды, водоперепускные трубы в пределах котла, выпускные трубы, коллекторы экранов, пароотводящие трубы, барабан, пароперепускные трубы, коллекторы пароперегревателя, трубопроводы перегретого пара (основного и вторично перегретого), холодные линии вторично перегретого пара, установка для подачи собственного конденсата на впрыски; обмуровка котла, воздушный и газовый тракт котла, системы пылеприготовления;
- в турбинных цехах: турбина, паропроводы свежего и вторично перегретого пара, трубопроводы питательной воды и конденсата, подогреватели, деаэраторы и др.

**3. ОСНОВНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ**

3.1. Основными показателями качества ТИ, подлежащими изменению при тепловых испытаниях, являются: удельные потери тепла с 1 м<sup>2</sup> поверхности ТИ с радиусом кривизны больше 2 м или с поверхности ТИ 1 м длины трубопроводов и температура на внешней поверхности (покровном слое) ТИ.

3.2. Основные показатели работы ТИ определяются "Нормами проектирования тепловой изоляции для трубопроводов и оборудования ТЭС и АЭС" (М.: СПО Союзтехэнерго, 1987) и "Правилами технической эксплуатации электрических станций и сетей" (М.: Энергия, 1977). Значения допустимых потерь тепла через ТИ приведены в справочном приложении 1.

Согласно Нормам и ПТЭ (параграф 23.14) при температуре окружающего воздуха  $+ 25^{\circ}\text{C}$  температура на поверхности ТИ оборудования, находящегося в помещении, не должна превышать следующих значений: при температуре теплоносителя, равной или меньшей  $500^{\circ}\text{C}$ ,  $- 45^{\circ}\text{C}$ , при температуре  $501 - 650^{\circ}\text{C}$   $- 48^{\circ}\text{C}$ .

Для объектов, расположенных на открытом воздухе, температура на поверхности ТИ не должна превышать  $55^{\circ}\text{C}$  при металлическом покровном слое и  $60^{\circ}\text{C}$  - при других видах покровного слоя.

3.3. В связи с тем, что удельные потери тепла и температура на поверхности ТИ нормируются в зависимости от температуры окружающего воздуха, во время испытаний должны проводиться измерения температуры окружающего воздуха вблизи мест измерений ( $0,8 - 1,5$  м от точки измерения удельных потерь тепла).

3.4. Для котлов и турбин, работающих в полу涓иковом или пиковом режимах с регулярными остановами и пусками, важным показателем качества ТИ является степень остывания изолированного оборудования за определенное время после его останова. Допустимые графики остывания, представляющие собой зависимость температуры на поверхности оборудования или трубопроводов от времени, приведены в справочном приложении 2.

#### 4. ТОЧНОСТЬ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ

4.1. Точность определения основных показателей должна составлять:

Удельные потери тепла (%) при диапазоне измерений:

0 - 100 Вт/м <sup>2</sup> .....	$\pm 12$
0 - 500 Вт/м <sup>2</sup> .....	$\pm 7$

Приведенные потери тепла с 1 погонного метра (Вт/м)

при диапазоне измерений:

0 - 100 Вт/м <sup>2</sup> .....	$\pm 12$
0 - 500 Вт/м <sup>2</sup> .....	$\pm 35$

Приведенные потери тепла к  $25^{\circ}\text{C}$ , % .....

$\pm 14$

Температура поверхности ТИ,  $^{\circ}\text{C}$  .....

$\pm 3$

Приведенная температура поверхности ТИ к

$25^{\circ}\text{C}$ , % .....

$\pm 5$

Температура поверхности металла изолируемого

оборудования,  $^{\circ}\text{C}$  .....

$\pm 6$

Температура окружающего воздуха,  $^{\circ}\text{C}$  .....

$\pm 1$

4.2. Точность измерения линейных размеров ТИ должна соответствовать следующим значениям:

Толщина ТИ, мм .....

$\pm 5$

Периметр поверхности ТИ, мм .....

$\pm 10$

Общая длина внешней поверхности ТИ, мм .....

$\pm 50$

#### 5. СРЕДСТВА ИСПЫТАНИЯ

5.1. Для измерения удельных потерь тепла с ТИ в окружающую среду должен применяться тепломер ИТП-2 с диапазоном измерений 0 - 500 Вт/м<sup>2</sup>. Для измерений на ТИ с неметаллическим покровным слоем или металлическим окрашенным используются окрашенные датчики, для ТИ с металлическим блестящим покровным слоем должны применяться неокрашенные датчики. Для плоских поверхностей ТИ и поверхностей с радиусом кривизны больше 2 м применяются плоские датчики, для поверхностей ТИ с радиусом кривизны меньше 2 м должны применяться цилиндрические поясковые датчики.

5.2. Для измерения температуры поверхностей ТИ применяется термометр ЭТП-М (ТУ-7-23-83), выпускаемый Экспериментальной базой Уральского ПромстройНИИпроекта (г. Свердловск). Термометр позволяет измерять температуру металлической поверхности в диапазоне от минус 30 до  $120^{\circ}\text{C}$ . Класс точности 2,5.

5.3. Для измерения температуры поверхности металла применяются зажеченные в специальные бобышки термоэлектроды. Погрешность измерения поверхностными термоэлектрическими термометрами температуры металла не превышает 1% при температуре

до 600° С.

5.4. Для измерения температуры окружающего воздуха следует использовать ртутные термометры общего назначения с ценой деления 1° С.

5.5. Для измерения удельных потерь тепла и температур допускается применение других приборов, аттестованных Госстандартом или допущенных метрологической службой Минэнерго СССР в качестве отраслевых средств измерений, при условии, что они обеспечивают точность измерений не хуже, чем указано в разд. 4.

5.6. Для измерения линейных размеров ТИ применяются линейки металлические и рулетки общего назначения (ГОСТ 8.020-75).

Толщина ТИ измеряется металлической линейкой при наличии свободных торцов или путем прокалывания ТИ толщинометром - заостренным стальным стержнем с нанесенными на нем мерными делениями через 5 мм.

## 6. УСЛОВИЯ ИСПЫТАНИЙ

6.1. Тепловые испытания ТИ на вновь вводимом оборудовании проводятся через 750 - 1000 ч работы оборудования с нанесенной ТИ.

6.2. Испытания (кроме снятия кривых охлаждения) проводятся при стационарной нагрузке котла, по возможности, близкой к номинальной, но не менее 60 - 70% номинальной. В случае останова котла в период испытаний до возобновления испытаний после пуска должно пройти не менее 3 сут для достижения тепловой стационарности теплоизоляционных конструкций.

В период испытаний ТИ ежедневно до и после выполнения измерений следует проводить запись (по произвольной форме) производительности и основных параметров работы оборудования, а также состав работающего вспомогательного оборудования (систем пылеприготовления, подогревателей воды и т.д.).

6.3. Снятие характеристик остывания производится после непрерывной работы энергоблока в течение не менее трех суток с нагрузкой не менее 80% номинальной. В течение 5-6 ч перед остановом температура свежего пара и пара промперегрева должна быть номинальной. Во время измерений должно быть исключено попадание воды или пара на контролируемые узлы и детали оборудования.

## 7. ПОДГОТОВКА И ПРОВЕДЕНИЕ ИСПЫТАНИЙ

7.1. Перед началом испытаний необходимо подробно ознакомиться с проектом ТИ. При этом должны быть выяснены конструкция и материалы ТИ, расчетные общие и удельные потери тепла через ТИ и температура на ее поверхности.

Необходимо ознакомиться также с технологическими схемами оборудования и трубопроводов, желательно, представленными в аксонометрической проекции. Схемы следует сверить с фактическим составом и размещением оборудования и внести при необходимости корректировки.

При отсутствии схем необходимо составить эскизы оборудования и трубопроводов. По месту с учетом подходов, наличия лестниц и площадок следует выбрать точки для проведения измерений при испытаниях.

7.2. Необходимо произвести внешний осмотр и обмер ТИ. При внешнем осмотре следует зафиксировать в письменном виде с отметкой на схеме места с нарушенным покровным слоем, наличие разрушений ТИ (провисания на горизонтальных участках и сползания на вертикальных участках), других видимых дефектов или отсутствие ТИ.

Одновременно следует производить измерение (если возможно - послойно) толщины ТИ - не менее чем в трех точках для каждого изолированного агрегата или трубопровода. Для подсчета площади поверхности ТИ измеряется длина и ширина плоских стен, длина окружности и длина цилиндрических поверхностей ТИ.

7.3. На всех участках с возможными внутренними дефектами ТИ и с недостаточной толщиной ее следует произвести предварительные измерения температуры на поверхности ТИ и окружающего воздуха. При значительном превышении измеренной температуры поверхности над допустимой необходимо произвести вскрытие покровного и при необходимости теплоизоляционного слоя.

7.4. Все дефекты ТИ, выявленные в ходе осмотра, вскрытия и измерений толщины ТИ и температуры на ее поверхности должны быть сведены в общую ведомость, которая передается руководству ТЭС. Все серьезные дефекты ТИ должны быть устранены до начала тепловых испытаний.

7.5. Для снятия характеристик остывания оборудования и трубопроводов необходимо установить стандартные поверхностные термоэлектрические термометры:

- на пароперепускных трубах турбины - по одному в средней по длине точке;
- на клапанах турбины, не оснащенных штатными термометрами, - по одному в сред-

ней по высоте точке;

- на паропроводах (главном и горячего промперегрева) - по одному на концевом участке перед турбиной и в средней части трубопровода, включая имеющиеся штатные термометры.

7.6. Тепловые испытания состоят в измерении потерь тепла через ТИ, температуры поверхности ТИ и окружающего воздуха.

Измерения выполняются:

по барабану котла - по периметру в трех сечениях - осевом и на расстоянии 1,5 - 2 м от торцов, в 2 - 3 точках в каждом сечении;

по трубопроводам, относящимся к котлу, - через каждые 15 - 20 м длины, но не менее 2 - 3 измерений на каждом;

по газовоздушному тракту, системе пылеприготовления - через каждые 10 - 12 м по тракту, на сепараторах и циклонах - в 2-3 точках;

по обмуровке котла - через каждые 3-5 м высоты, в трех точках каждой стенки (фронтовая, боковые, задняя) на каждой выбранной отметке, оборудованной площадками;

по трубопроводам турбинного зала - одна точка через каждые 20-25 м, на коротких высоконагретых - в 1-2 точках;

по теплообменным аппаратам - в 2-3 точках на каждом аппарате;

по турбине - в связи с геометрической сложностью поверхности ТИ турбины и прилегающих к ней трубопроводов четкие рекомендации по выбору точек измерения дать не возможно. Ориентировочно следует проводить одно измерение на каждые 2-3 м<sup>2</sup> поверхности ТИ.

7.7. Отсчет результатов измерений в каждой точке производится один раз после достижения стабильности показаний прибора.

На горизонтальных участках трубопроводов измерения производятся в середине любой верхней четверти по периметру ТИ.

Потери тепла арматурой, фланцами и компенсаторами принимаются согласно справочному приложению 3.

Температура окружающего воздуха измеряется на расстоянии 0,8-1,5 м от точки измерения температуры поверхности в направлении, перпендикулярном к ней. Если на расстоянии 1,0-1,5 м от поверхности ТИ имеется теплопоглощающая поверхность (например, стены и др.), то температура окружающего воздуха измеряется в непосредственной близости к этой теплопоглощающей поверхности.

7.8. Графики естественного остывания элементов энергоблока получают после останова регистрации в течение 60 ч показаний поверхностных термометров в процессе естественного (без расхолаживания) остывания оборудования.

При снятии характеристик остывания температуры, как правило, фиксируются записывающими приборами. В случае использования показывающих приборов запись показаний производится не реже чем через каждые 4 ч.

Рекомендуемая форма записи измерений во время испытаний приведена в справочном приложении 4.

## 8. ОБРАБОТКА И АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ

8.1. Для сравнения с нормативными значениями результаты испытаний должны быть пересчитаны по следующим формулам:

- приведенные потери тепла к 1 м длины изолированного трубопровода  $q$ , Вт/м:

$$q = P \cdot q_1 , \quad (1)$$

где  $q_1$  - измеренные потери тепла с 1 м<sup>2</sup> ТИ, Вт/м<sup>2</sup> ;

$P$  - длина окружности ТИ, м ;

- удельные потери тепла при температуре окружающего воздуха 25° С -  $q_{25}$ , Вт/м<sup>2</sup>:

$$q_{25} = \frac{q_1 \cdot (t_t - 25)}{t_t - t_b} , \quad (2)$$

где  $t_t$  - температура теплоносителя в изолированных объектах, °С;

$t_b$  - температура окружающего воздуха, °С;

- температура поверхности ТИ при температуре окружающего воздуха 25° С -  $t_{(25\text{ти})}$ , °С .

$$t_{(25\text{ти})} = \frac{q_{25}}{q_1} (t_{\text{ти}} - t_b) + 25 , \quad (3)$$

где  $t_{\text{ти}}$  - измеренная температура поверхности ТИ, °С

8.2. В случае отсутствия тепломера данные измерения температуры поверхности изоляции и окружающего воздуха могут быть использованы для условного пересчета на тепловой поток по формуле:

$$q = 1,66 (T_{ti} - T_b)^2 \frac{3}{4} + C' (T_{ti}^2 - T_b^2) 10^4 , \quad (4)$$

где  $T_{ti}$ ,  $T_b$  – температура соответственно поверхности ТИ и окружающего воздуха, К;

$C' = 4,88 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$  – для оштукатуренных, окрашенных и запыленных поверхностей ТИ;

$C' = 2,67 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$  – для алюминиевого покровного слоя ТИ.

По формуле (4) построены nomограммы, приведенные в справочном приложении 5.

Значение потерь тепла изолированными поверхностями, определяемое по данным измерений температуры поверхности изоляции и окружающего воздуха, является приближенным, что объясняется трудностью установления истинного коэффициента теплоотдачи ( $\alpha$ ).

8.3. Допускаемая относительная погрешность показателей измерений определяется по формуле

$$\sigma = \sqrt{\sigma_{don}^2 + \sigma_{np}^2 + \sum_{i=1}^k \sigma_{di}^2} , \quad (5)$$

где  $\sigma_{don}$  – допускаемая относительная погрешность датчика;

$\sigma_{np}$  – допускаемая относительная погрешность прибора;

$\sigma_{di}$  – дополнительная погрешность прибора, учитывающая влияние факторов окружающей среды;

$k$  – количество внешних влияющих факторов, вызывающих появление дополнительных погрешностей датчика и прибора.

8.4. Основные погрешности определения конечных показателей  $q$ ,  $q_{25}$ ,  $t_{(24ti)}$  определяются по формулам: (см. рисунок)

$$\Delta q = \pm \sqrt{\left(\frac{\partial q}{\partial p} \Delta p\right)^2 + \left(\frac{\partial q}{\partial q_1} \Delta q_1\right)^2} ; \quad (6)$$

$$\Delta q_{25} = \pm \sqrt{\left(\frac{\partial q_{25}}{\partial q_1} \Delta q_1\right)^2 + \left(\frac{\partial q_{25}}{\partial t_1} \Delta t_1\right)^2 + \left(\frac{\partial q_{25}}{\partial t_f} \Delta t_f\right)^2} ; \quad (7)$$

$$\Delta t_{(24ti)}^{25} = \pm \sqrt{\left(\frac{\partial t_{(24ti)}^{25}}{\partial q_{25}} \Delta q_{25}\right)^2 + \left(\frac{\partial t_{(24ti)}^{25}}{\partial q_1} \Delta q_1\right)^2 + \left(\frac{\partial t_{(24ti)}^{25}}{\partial t_{ti}} \Delta t_{ti}\right)^2 + \left(\frac{\partial t_{(24ti)}^{25}}{\partial t_f} \Delta t_f\right)^2} . \quad (8)$$

8.5. Результаты измерений и расчетов должны быть сведены в таблицу, примерная форма которой приведена в рекомендуемом приложении 6.

8.6. Анализ результатов испытаний ТИ состоит в сравнении полученных данных с нормативными.

В случае, если удельные потери тепла через ТИ и температура на ее поверхности не превышают нормативных значений или превышают их не более чем на 15%, состояние ТИ считается удовлетворительным. Если удельные потери тепла превышают нормативные на 15% и более, состояние ТИ считается неудовлетворительным. Причинами сверхнормативных потерь тепла могут быть: недостаточная толщина ТИ, излишнее уплотнение ТИ из мягких изделий, разрушение или установка разрушенных теплоизоляционных изделий, отсутствие уплотнительной мастики между твердыми изделиями, замена проектных теплоизоляционных материалов менее качественными и т.д. Указанные причины выявляются в процессе предварительных измерений при подготовке к испытаниям (см. разд. 7). В случае, если удельные значения потерь тепла и температура ТИ не превышают нормативных или выше их менее чем на 15%, по результатам испытаний составляется паспорт на ТИ согласно рекомендуемому приложению 7, действительный на весь период до следующего капитального ремонта оборудования. Если потери тепла превышают нормативные на 15-60%, выдается временный паспорт сроком на один год, в течение которого должны быть устранены все дефекты ТИ. На ТИ с потерями тепла, превышающими нормативные более чем на 60%, паспорт не выдается.

8.7. Анализ результатов по данным измерений характеристик остывания оборудо-

вания состоит в сравнении результатов измерений с допустимыми характеристиками остыния. Если разница температур по фактическим и допустимым характеристикам не превышает  $40^{\circ}\text{C}$ , ТИ считается удовлетворительной. В противном случае необходимо устранить выявленные дефекты ТИ, если таковые имеются, или принять меры к усилению ТИ (увеличение толщины, использование более высокоэффективных материалов и теплоаккумулирующих вставок).

## 9. ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

По результатам испытаний составляется технический отчет, который утверждается главным инженером предприятия-исполнителя. Отчет должен содержать материалы испытаний (результаты измерений и обследования), анализ материалов испытаний, выводы с оценкой качества ТИ и при необходимости рекомендации по повышению качества ТИ и доведению ее показателей до нормативных.

## 10. ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ

Лица, участвующие в проведении испытаний, должны знать и выполнять требования, изложенные в "Правилах безопасности при эксплуатации тепломеханического оборудования электростанций и тепловых сетей" (М.: Энергоатомиздат, 1985), и иметь запись в удостоверении о проверке знаний.

### Приложение 1 Справочное

#### НОРМЫ ПОТЕРЬ ТЕПЛА ИЗОЛИРОВАННЫМИ ПОВЕРХНОСТЯМИ

Нормы потерь тепла и коэффициенты для определения экономического теплового потока приведены в табл. П1.1 - П1.4.

Таблица П1.1

Нормы потерь тепла изолированными поверхностями внутри помещений  
с расчетной температурой воздуха  $t_b = 25^{\circ}\text{C}$

Наруж- ный ди- аметр, I мм	Потери тепла (Вт/м) при температуре теплоносителя, $^{\circ}\text{C}$												
	I 50	I 75	I 100	I 125	I 150	I 160	I 200	I 225	I 250	I 300	I 350	I 360	
	I 7	I 12	I 16	I 22	I 27	I 29	I 37	I 42	I 48	I 59	I 72	I 74	
10	I 7	I 12	I 16	I 22	I 27	I 29	I 37	I 42	I 48	I 59	I 72	I 74	
20	I 8	I 15	I 21	I 27	I 33	I 35	I 45	I 52	I 58	I 72	I 87	I 90	
32	I 11	I 18	I 26	I 33	I 40	I 42	I 53	I 60	I 68	I 84	I 101	I 104	
48	I 13	I 22	I 30	I 38	I 46	I 49	I 62	I 70	I 79	I 97	I 117	I 120	
57	I 14	I 23	I 33	I 41	I 49	I 52	I 66	I 76	I 84	I 102	I 124	I 128	
76	I 16	I 27	I 37	I 47	I 56	I 59	I 75	I 85	I 94	I 115	I 138	I 143	
89	I 17	I 29	I 40	I 50	I 60	I 64	I 80	I 91	I 101	I 123	I 149	I 153	
108	I 21	I 33	I 44	I 56	I 66	I 71	I 88	I 100	I 111	I 134	I 162	I 166	
133	I 24	I 37	I 50	I 63	I 74	I 79	I 99	I 111	I 122	I 150	I 179	I 184	
159	I 27	I 42	I 56	I 69	I 83	I 87	I 108	I 121	I 135	I 165	I 195	I 200	
194	I 32	I 49	I 64	I 78	I 93	I 98	I 121	I 136	I 150	I 185	I 216	I 222	
219	I 36	I 53	I 70	I 85	I 100	I 106	I 130	I 145	I 161	I 197	I 231	I 237	
273	I 42	I 59	I 79	I 97	I 113	I 119	I 145	I 163	I 179	I 216	I 252	I 259	
325	I 50	I 72	I 91	I 108	I 128	I 135	I 163	I 183	I 199	I 235	I 273	I 280	
377	I 57	I 77	I 100	I 122	I 141	I 151	I 181	I 201	I 220	I 259	I 298	I 305	
426	I 65	I 85	I 104	I 125	I 148	I 157	I 192	I 215	I 238	I 285	I 328	I 337	
478	I 70	I 97	I 121	I 150	I 170	I 181	I 218	I 241	I 265	I 312	I 361	I 369	
530	I 82	I 107	I 133	I 160	I 184	I 195	I 234	I 261	I 283	I 336	I 387	I 396	
630	I 94	I 120	I 148	I 177	I 204	I 215	I 260	I 290	I 318	I 374	I 430	I 440	
720	I 97	I 132	I 166	I 197	I 228	I 240	I 292	I 325	I 356	I 424	I 490	I 502	
820	I 100	I 137	I 175	I 213	I 250	I 267	I 326	I 365	I 402	I 475	I 550	I 562	
920	I 104	I 145	I 190	I 234	I 276	I 293	I 360	I 404	I 445	I 528	I 610	I 625	
1020	I 140	I 183	I 225	I 270	I 314	I 332	I 404	I 445	I 488	I 573	I 659	I 677	
1220	I 194	I 240	I 285	I 330	I 375	I 394	I 467	I 515	I 559	I 650	I 743	I 760	
1420	I 240	I 297	I 347	I 397	I 446	I 465	I 548	I 600	I 650	I 754	I 858	I 883	

1620	I	270	I	325	I	380	I	440	I	495	I	520	I	612	I	673	I	730	I	850	I	965	I	990
1820	I	300	I	360	I	425	I	487	I	550	I	577	I	675	I	737	I	800	I	930	I	1050	I	1080
2020	I	330	I	400	I	470	I	539	I	605	I	633	I	738	I	806	I	880	I	1020	I	1150	I	1180
	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
Плоская	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
стенка*	I	32	I	42	I	52	I	63	I	76	I	85	I	98	I	109	I	120	I	138	I	156	I	160
	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I

\* Потери тепла для плоской стенки приведены в Вт/м<sup>2</sup>

Продолжение таблицы П1.1 (правая часть)

Наруж- ный ди- аметр, mm	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
10	I	84	I	86	I	98	I	111	I	114	I	123	I	125	I	131	I	140	I	144	I	155	I	
20	I	102	I	105	I	118	I	133	I	137	I	148	I	150	I	158	I	168	I	173	I	186	I	
32	I	118	I	122	I	135	I	154	I	158	I	170	I	173	I	181	I	193	I	198	I	213	I	
48	I	135	I	140	I	155	I	176	I	180	I	193	I	198	I	206	I	220	I	226	I	242	I	
57	I	144	I	149	I	165	I	187	I	192	I	206	I	209	I	219	I	233	I	240	I	257	I	
76	I	162	I	166	I	184	I	204	I	211	I	229	I	234	I	245	I	260	I	263	I	283	I	
89	I	172	I	178	I	197	I	221	I	227	I	243	I	247	I	259	I	274	I	282	I	302	I	
108	I	187	I	193	I	213	I	240	I	247	I	263	I	268	I	279	I	297	I	304	I	325	I	
133	I	206	I	212	I	234	I	263	I	270	I	287	I	293	I	306	I	332	I	332	I	355	I	
159	I	225	I	231	I	254	I	287	I	295	I	312	I	318	I	332	I	355	I	362	I	390	I	
194	I	249	I	255	I	284	I	315	I	322	I	343	I	349	I	364	I	385	I	394	I	420	I	
219	I	264	I	272	I	299	I	334	I	342	I	364	I	371	I	386	I	407	I	418	I	445	I	
273	I	289	I	297	I	326	I	363	I	372	I	395	I	401	I	419	I	440	I	448	I	477	I	
325	I	316	I	325	I	359	I	400	I	409	I	435	I	441	I	459	I	484	I	496	I	528	I	
377	I	342	I	353	I	393	I	436	I	445	I	472	I	480	I	499	I	525	I	540	I	573	I	
426	I	378	I	389	I	425	I	469	I	481	I	508	I	517	I	536	I	566	I	577	I	614	I	
478	I	408	I	420	I	456	I	505	I	517	I	545	I	553	I	576	I	607	I	614	I	660	I	
530	I	441	I	448	I	489	I	542	I	551	I	583	I	592	I	615	I	646	I	663	I	701	I	
630	I	501	I	513	I	558	I	615	I	627	I	660	I	671	I	694	I	727	I	740	I	782	I	
720	I	548	I	564	I	614	I	675	I	689	I	725	I	736	I	761	I	795	I	810	I	856	I	
820	I	618	I	631	I	687	I	754	I	769	I	807	I	820	I	845	I	885	I	897	I	950	I	
920	I	690	I	705	I	772	I	852	I	869	I	920	I	932	I	965	I	1010	I	1030	I	1090	I	
1020	I	745	I	763	I	830	I	914	I	932	I	982	I	1000	I	1030	I	1080	I	1100	I	1160	I	
1220	I	840	I	860	I	935	I	1030	I	1050	I	1110	I	1130	I	1160	I	1220	I	1240	I	1310	I	
1420	I	970	I	990	I	1080	I	1190	I	1220	I	1280	I	1310	I	1350	I	1420	I	1440	I	1530	I	
1620	I	1080	I	1110	I	1200	I	1320	I	1340	I	1410	I	1440	I	1490	I	1560	I	1580	I	1680	I	
1820	I	1180	I	1200	I	1310	I	1430	I	1450	I	1530	I	1550	I	1600	I	1680	I	1710	I	1800	I	
2020	I	1280	I	1310	I	1420	I	1550	I	1580	I	1660	I	1690	I	1740	I	1820	I	1850	I	1960	I	
	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
Плоская	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
стенка*	I	175	I	178	I	194	I	210	I	214	I	223	I	227	I	235	I	245	I	248	I	262	I	
	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I

\* Потери тепла для плоской стенки приведены в Вт/м<sup>2</sup>

Таблица П1.2

Коэффициенты для определения экономического теплового потока изолированными объектами в помещении в зависимости от стоимости тепла сравнительно с нормами экономического теплового потока при усредненных замыкающих затратах

Коэффициент изменения стоимости тепла	Коэффициент изменения теплового потока при диаметре трубопроводов, мм									
	32 108 273 720 1020 2000 и плоская стенка									
	32 108 273 720 1020 2000 и плоская стенка									
	32	108	273	720	1020	2000 и плоская стенка				
1,5	0,93	0,91	0,88	0,88	0,88	0,83				
1,4	0,94	0,92	0,91	0,91	0,91	0,86				
1,3	0,96	0,94	0,92	0,92	0,92	0,88				
1,2	0,97	0,96	0,95	0,95	0,95	0,91				
1,1	0,98	0,98	0,97	0,97	0,97	0,95				
1,0	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00				
0,9	1,02	1,02	1,03	1,04	1,04	1,05				
0,8	1,03	1,04	1,07	1,08	1,10	1,12				
0,7	1,04	1,07	1,09	1,14	1,16	1,22				
0,6	1,05	1,11	1,15	1,20	1,26	1,33				
0,5	1,09	1,16	1,20	1,31	1,41	1,51				
0,4	1,11	1,22	1,23	1,43	1,59	1,75				

Таблица П1.3

Нормы потери тепла изолированными поверхностями на открытом воздухе с расчетной температурой воздуха  $t_b = 5^\circ C$

Наруж- ный ди- аметр, I мм	Потери тепла (Вт/м) при температуре теплоносителя, °C													
	50	75	100	125	150	160	200	225	250	300	350	360		
	11	16	23	28	33	35	45	50	55	66	76	79		
10	11	16	23	28	33	35	45	50	55	66	76	79		
20	13	21	27	34	40	43	53	60	67	81	93	96		
32	16	23	31	38	46	50	62	70	78	92	109	112		
48	20	30	38	46	55	59	73	82	91	109	126	130		
57	21	32	42	51	60	64	78	88	97	116	135	138		
76	24	34	45	56	67	70	87	98	109	129	151	155		
89	27	40	51	62	73	77	94	106	117	139	161	166		
108	30	43	54	68	80	84	103	115	127	151	175	180		
133	36	50	64	77	90	95	115	124	141	168	194	199		
159	40	52	65	83	98	103	125	140	154	182	212	218		
194	46	63	78	94	110	115	141	157	172	203	234	241		
219	52	69	85	102	119	125	150	167	183	216	250	257		
273	57	76	93	111	130	136	165	183	202	238	274	281		
325	65	85	105	125	146	154	185	205	226	266	305	313		
377	70	94	115	137	159	166	200	223	245	289	333	341		
426	77	102	125	149	172	181	219	243	267	314	362	372		
478	90	116	140	165	190	200	241	266	291	341	391	400		
530	95	122	150	178	205	216	260	287	315	370	424	435		
630	108	140	170	203	233	246	296	332	357	419	481	494		
720	121	155	188	222	257	270	323	357	390	457	523	536		
820	143	182	220	257	296	310	372	417	447	522	597	611		
920	165	205	246	290	332	348	415	466	500	585	671	688		
1020	190	238	282	330	375	393	467	524	561	655	750	767		
1220	216	272	325	382	434	455	542	595	652	761	871	894		

1420	I 234	I 292	I 351	I 410	I 467	I 490	I 584	I 643	I 701	I 816	I 931	I 954	
1620	I 273	I 335	I 395	I 455	I 517	I 540	I 638	I 695	I 757	I 877	I 995	I 1020	
1820	I 313	I 377	I 444	I 508	I 574	I 598	I 702	I 766	I 831	I 958	I 1080	I 1110	
2020	I 331	I 400	I 474	I 543	I 613	I 640	I 751	I 824	I 891	I 1030	I 1170	I 1200	
	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	
Плоская	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	
стенка*	I	38	I 49	I 58	I 69	I 80	I 83	I 100	I 110	I 120	I 138	I 157	I 160
	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	
	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	

\* Потери тепла для плоской стенки приведены в Вт/м<sup>2</sup>

Продолжение таблицы П1.3 (правая часть)

Наруж- ный ди- аметр, I мм	Потери тепла (Вт/м) при температуре теплоносителя, °C											
	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
	400	I 410	I 450	I 500	I 510	I 540	I 550	I 570	I 600	I 610	I 650	I
	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
10	I 89	I 91	I 100	I 110	I 111	I 118	I 120	I 124	I 130	I 132	I 140	I
20	I 107	I 110	I 120	I 133	I 136	I 144	I 146	I 151	I 159	I 161	I 172	I
32	I 125	I 128	I 140	I 155	I 158	I 167	I 170	I 176	I 185	I 190	I 200	I
48	I 144	I 148	I 162	I 179	I 183	I 193	I 197	I 204	I 215	I 218	I 231	I
57	I 154	I 156	I 172	I 191	I 195	I 206	I 210	I 217	I 228	I 232	I 246	I
76	I 172	I 176	I 193	I 215	I 219	I 231	I 235	I 244	I 257	I 260	I 277	I
89	I 183	I 187	I 206	I 229	I 233	I 247	I 251	I 260	I 273	I 278	I 296	I
108	I 200	I 204	I 223	I 247	I 252	I 266	I 272	I 280	I 295	I 300	I 318	I
133	I 220	I 225	I 246	I 273	I 277	I 294	I 299	I 309	I 325	I 330	I 350	I
159	I 240	I 245	I 269	I 300	I 304	I 320	I 326	I 338	I 355	I 361	I 385	I
194	I 265	I 270	I 297	I 328	I 335	I 355	I 360	I 374	I 392	I 400	I 424	I
219	I 283	I 289	I 316	I 350	I 356	I 377	I 383	I 363	I 417	I 424	I 450	I
273	I 310	I 313	I 347	I 383	I 390	I 413	I 420	I 435	I 457	I 465	I 494	I
325	I 345	I 353	I 385	I 425	I 434	I 458	I 466	I 482	I 507	I 514	I 547	I
377	I 378	I 385	I 422	I 467	I 475	I 503	I 511	I 530	I 556	I 565	I 600	I
426	I 409	I 420	I 460	I 508	I 518	I 541	I 556	I 575	I 604	I 615	I 653	I
478	I 440	I 450	I 491	I 543	I 552	I 583	I 592	I 613	I 643	I 653	I 693	I
530	I 478	I 489	I 531	I 585	I 596	I 627	I 638	I 660	I 691	I 702	I 744	I
630	I 543	I 555	I 605	I 666	I 678	I 714	I 726	I 750	I 787	I 799	I 848	I
720	I 589	I 602	I 655	I 720	I 733	I 772	I 785	I 811	I 850	I 863	I 913	I
820	I 670	I 682	I 744	I 817	I 832	I 875	I 890	I 918	I 962	I 976	I 1030	I
920	I 756	I 775	I 842	I 926	I 943	I 995	I 1010	I 1040	I 1090	I 1110	I 1170	I
1020	I 841	I 860	I 936	I 1030	I 1050	I 1110	I 1110	I 1160	I 1220	I 1240	I 1310	I
1220	I 983	I 1000	I 1080	I 1190	I 1210	I 1270	I 1290	I 1330	I 1390	I 1410	I 1490	I
1420	I 1050	I 1070	I 1150	I 1270	I 1290	I 1360	I 1380	I 1420	I 1490	I 1510	I 1600	I
1620	I 1110	I 1130	I 1230	I 1340	I 1360	I 1440	I 1460	I 1500	I 1570	I 1590	I 1680	I
1820	I 1200	I 1230	I 1330	I 1450	I 1470	I 1540	I 1570	I 1610	I 1680	I 1710	I 1810	I
2020	I 1300	I 1330	I 1440	I 1570	I 1600	I 1680	I 1710	I 1760	I 1850	I 1880	I 1980	I
	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
Плоская	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
стенка*	I	175	I 178	I 192	I 209	I 213	I 223	I 227	I 233	I 243	I 247	I 260
	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I

\* Потери тепла для плоской стенки приведены в Вт/м<sup>2</sup>

Таблица П1.4.

Коэффициенты для определения экономического теплового потока изолированными объектами на открытом воздухе в зависимости от стоимости тепла сравнительно с нормами экономического теплового потока при усредненных замыкающих затратах

Коэффициент I

Коэффициент изменения теплового потока при диаметре

изменения стоимости тепла	трубопроводов, мм						2000 и плоская стенка
	32	108	273	720	1020		
1,5	0,93	0,91	0,89	0,87	0,87	0,86	
1,4	0,94	0,93	0,91	0,89	0,89	0,88	
1,3	0,95	0,94	0,93	0,92	0,92	0,91	
1,2	0,97	0,96	0,95	0,95	0,95	0,93	
1,1	0,98	0,98	0,97	0,97	0,97	0,96	
1,0	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	
0,9	1,00	1,02	1,03	1,03	1,04	1,06	
0,8	1,01	1,04	1,06	1,06	1,08	1,13	
0,7	1,01	1,07	1,09	1,13	1,18	1,20	
0,6	1,02	1,11	1,11	1,18	1,23	1,28	
0,5	1,02	1,14	1,16	1,24	1,28	1,38	
0,4	1,03	1,16	1,18	1,30	1,33	1,48	

Приложение 2  
Справочное

ДОПУСТИМЫЕ ГРАФИКИ ОСТЫВАНИЯ

На рис. П2.1 и П2.2 приведены допустимые графики остыивания турбины и паропроводов.

Приложение 2  
Справочное

ДОПУСТИМЫЕ ГРАФИКИ ОСТЫВАНИЯ

На рис. П2.1 и П2.2 приведены допустимые графики остыивания турбины и паропроводов.

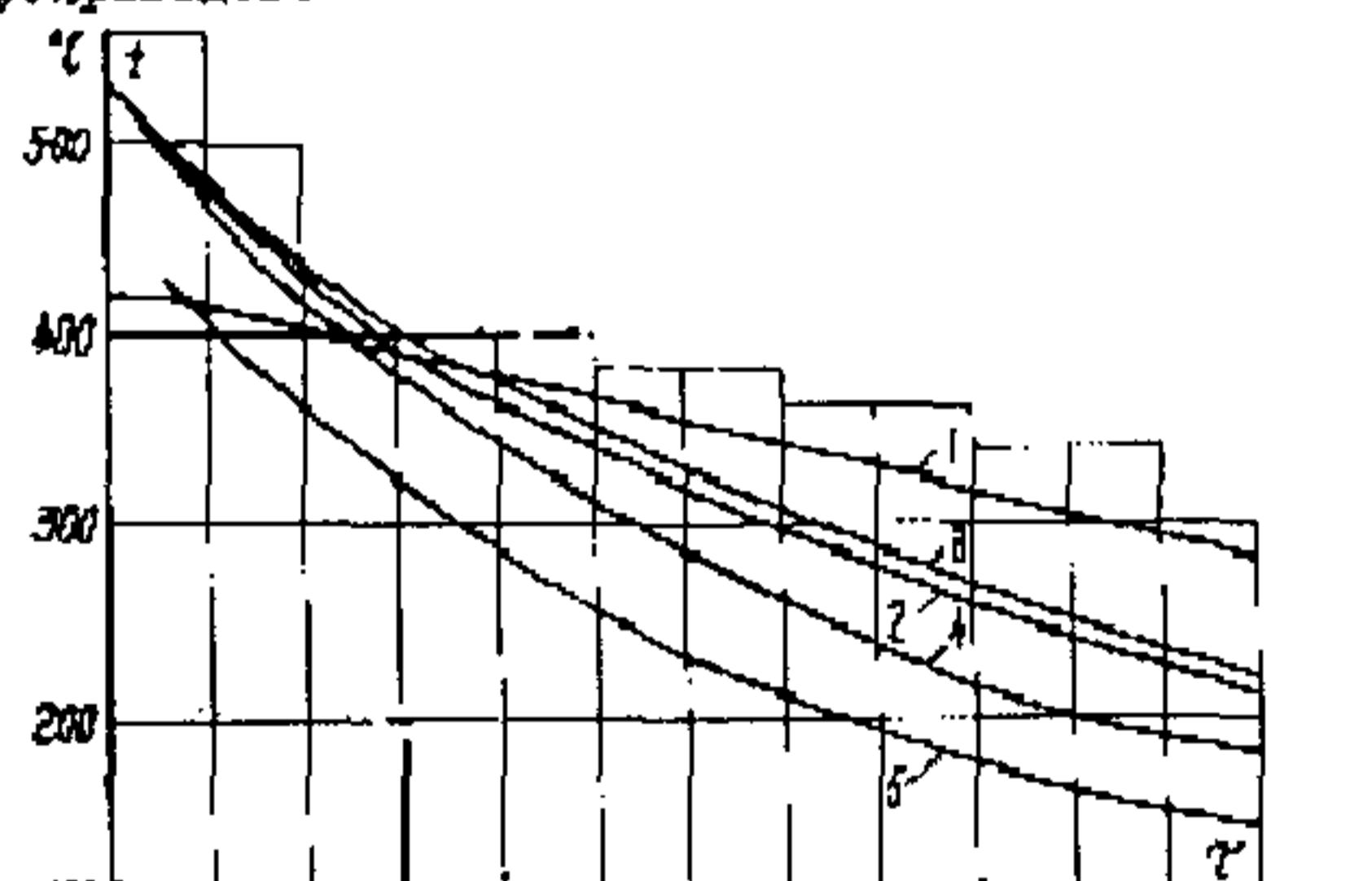


Рис.П2.1. Допустимые графики остыивания турбины:  
1 - верх корпуса ЦДД в зоне паровпуска; 2 - верх корпуса ЦД в зоне паровпуска; 3 - блок парораспределения или стопорный ЦДД; 4 - вынесенные регулирующие клапаны ЦДД и стопорный клапан ЦДД;  
5 - парореупускные трубы ЦДД

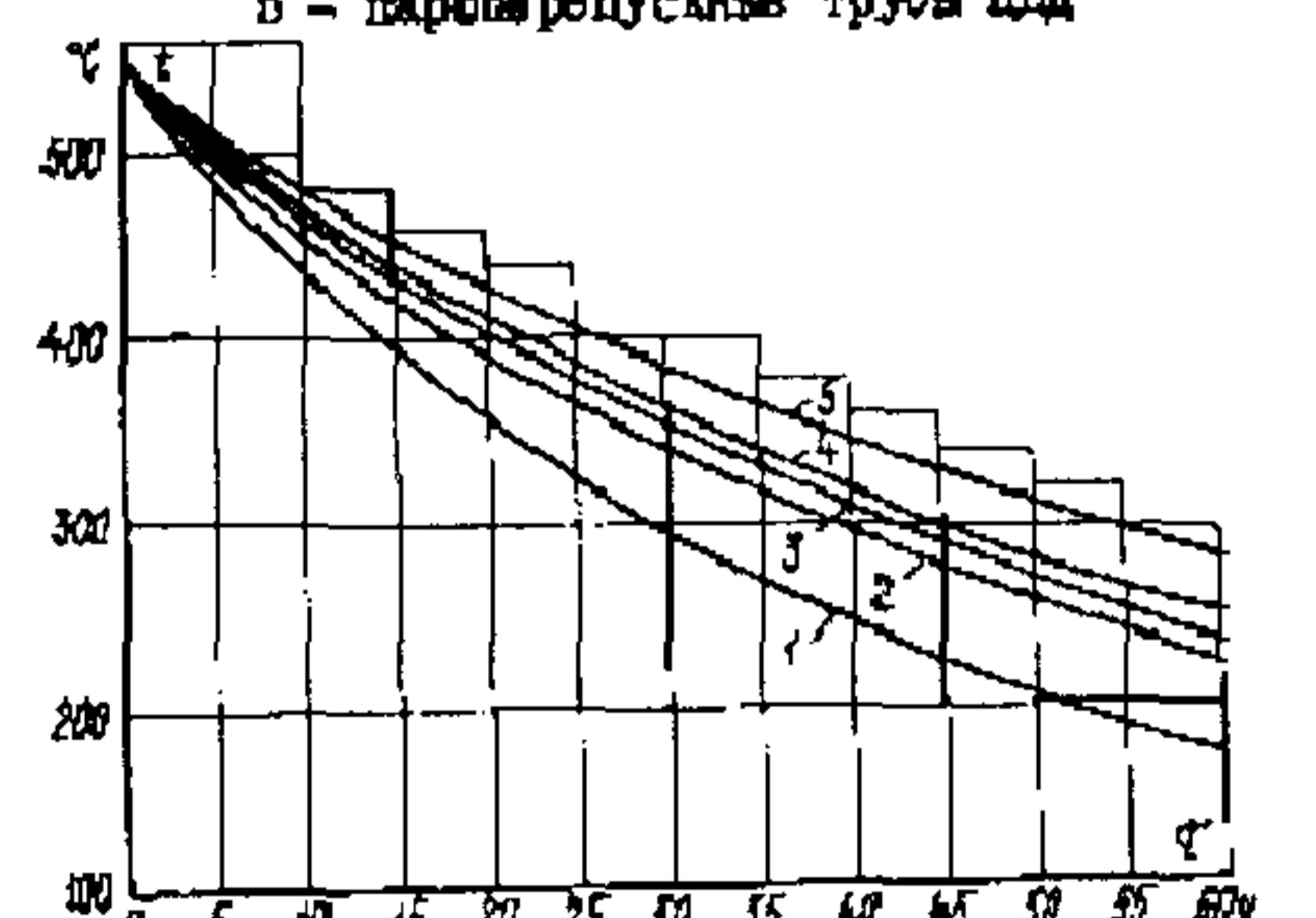


Рис.П2.2. Допустимые графики остыивания паропроводов с толстой стенкой:  
1 - 17 мм; 2 - 25 мм; 3 - 35 мм; 4 - 45 мм;  
5 - 60 мм

Приложение 3  
Справочное

ПОТЕРИ ТЕПЛА

В табл. П3.1 и П3.2 приведены потери тепла изолированными и неизолированными

вентилями соответственно, задвижками и компенсаторами в помещениях с расчетной температурой воздуха  $t_b = 25^\circ \text{C}$ .

Таблица ПЗ.1

Потери тепла изолированными вентилями, задвижками и компенсаторами  
в помещениях

Диаметр I условно-I го про- хода трубы, ммI	Потери тепла (Вт) при температуре теплоносителя, °C															
	100	150	200	250	300	350	400	500								
	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I						
50	I	140	I	230	I	360	I	490	I	680	I	870	I	1100	I	1630
100	I	190	I	310	I	490	I	680	I	910	I	1200	I	1530	I	2270
200	I	300	I	510	I	800	I	1110	I	1500	I	1950	I	2490	I	3620
300	I	450	I	770	I	1180	I	1660	I	2240	I	2840	I	3630	I	5290
400	I	590	I	1020	I	1570	I	2160	I	2880	I	3770	I	4710	I	7040
500	I	710	I	1230	I	1900	I	2700	I	3630	I	4770	I	5990	I	8900
	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I

Продолжение таблицы ПЗ.1 (правая часть)

Диаметр I условно-I го про- хода трубы, ммI	Потери тепла (Вт) при температуре теплоносителя, °C															
	100	150	200	250	300	350	400	500								
	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I						
50	I	120	I	190	I	300	I	420	I	580	I	720	I	890	I	1300
100	I	170	I	270	I	410	I	560	I	740	I	970	I	1220	I	1790
200	I	260	I	440	I	650	I	900	I	1200	I	1570	I	1980	I	2830
300	I	390	I	640	I	960	I	1360	I	1770	I	2270	I	2880	I	4160
400	I	490	I	840	I	1270	I	1770	I	2300	I	2990	I	3680	I	5520
500	I	590	I	1020	I	1520	I	2150	I	2860	I	3770	I	4680	I	6980
	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I

П р и м е ч а н и е. Тип I включает следующие конструкции: обертку изоляционными шнурами толщиной 70 - 100 мм; обертку изоляционными матрацами толщиной 70 - 100 мм; тип II включает: мастичную изоляцию толщиной 70 - 100 мм; фасонные элементы из минераловатных матов на проволочном каркасе или с наружным металлическим кожухом толщиной 70 - 100 мм; набивку минеральной ваты под наружный кожух толщиной 70 - 100 мм.

Таблица ПЗ.2

Потери тепла неизолированными вентилями,  
задвижками и компенсаторами в помещениях

Диаметр I условно-I го про- хода трубы, ммI	Потери тепла (Вт) при температуре теплоносителя, °C															
	100	150	200	250	300	350	400	500								
	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I						
50	I	310	I	550	I	890	I	1220	I	1760	I	2310	I	2930	I	4380
100	I	430	I	770	I	1230	I	1720	I	2420	I	3190	I	4090	I	6160
200	I	740	I	1290	I	2020	I	2860	I	3910	I	5280	I	6740	I	9890
300	I	1120	I	1950	I	3060	I	4300	I	5870	I	7730	I	9890	I	14550
400	I	1460	I	2620	I	4070	I	5770	I	7790	I	10300	I	12900	I	19400
500	I	1800	I	3210	I	5000	I	7150	I	9850	I	13100	I	16850	I	24650
	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I

П р и м е ч а н и е. При отсутствии необходимых данных дополнительные потери тепла изолированными фланцами и арматурой должны приближенно приниматься равными 10% суммарных потерь тепла изолированными трубопроводами и оборудованием.

Приложение 4  
Рекомендуемое

Наименование объекта, оборудования \_\_\_\_\_  
Дата испытаний \_\_\_\_\_

ЖУРНАЛ ИСПЫТАНИЙ № \_\_\_\_\_

N	I	Узел	I	Толщина изоляции в	I	Температура, °C	I	Удельный тепловой поток, Вт/кв.м	I	Примечание
п.п.	п.п.	оборудова-	измерения	изоляции	окружающего	поверхности	изоляции	ток, Вт/кв.м	изоляции	
I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I

Подпись наблюдателя \_\_\_\_\_

Приложение 5  
Справочное

НОМОГРАММЫ ЗАВИСИМОСТИ ТЕПЛОВОГО ПОТОКА ОТ ТЕМПЕРАТУРЫ ПОВЕРХНОСТИ ОБШИВКИ ПРИ РАЗЛИЧНОЙ ТЕМПЕРАТУРЕ ОКРУЖАЮЩЕГО ВОЗДУХА

Номограммы для различных коэффициентов излучения приведены на рис. П5.1, П5.2.

Приложение 5  
Справочное

НОМОГРАММА ЗАВИСИМОСТИ ТЕПЛОВОГО ПОТОКА  
ОТ ТЕМПЕРАТУРЫ ПОВЕРХНОСТИ ОБШИВКИ  
ПРИ РАЗЛИЧНОЙ ТЕМПЕРАТУРЕ ОКРУЖАЮЩЕГО ВОЗДУХА

Номограммы для различных коэффициентов излучения приведены  
на рис. П5.1, П5.2.

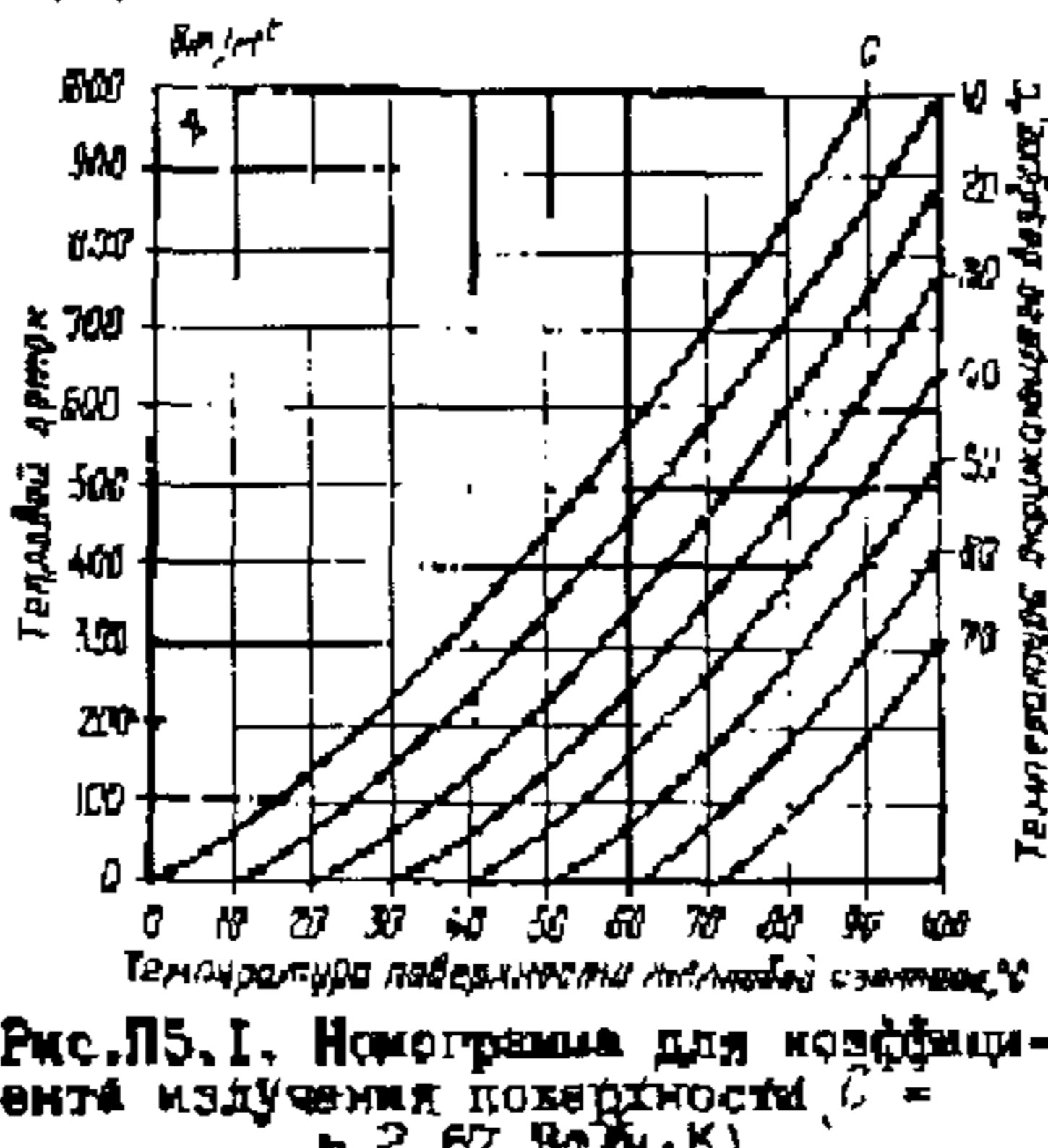


Рис.П5.1. Номограмма для коэффициента излучения поверхности  $C = 2,67 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$

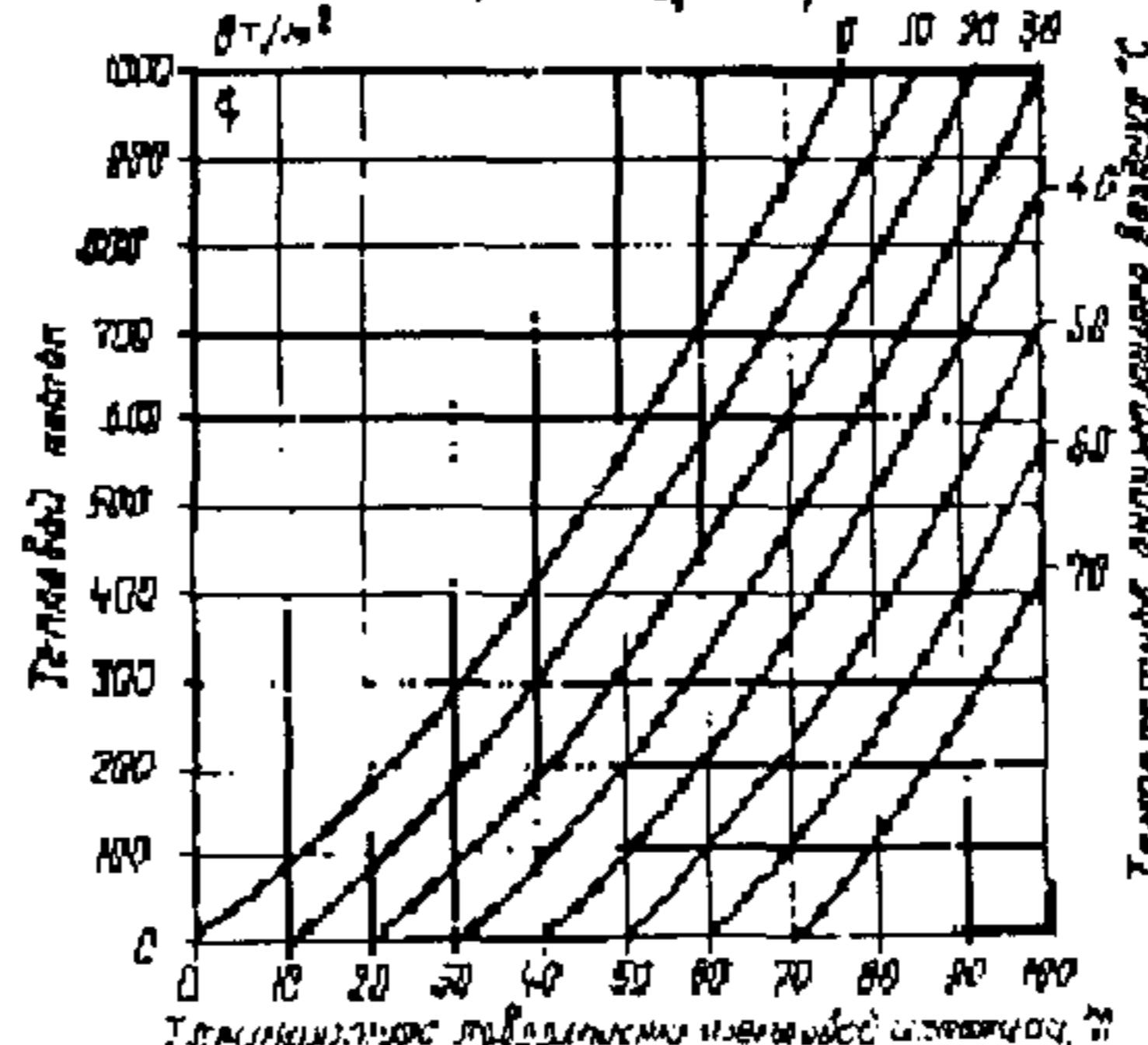


Рис.П5.2. Номограмма для коэффициента излучения поверхности  $C = 4,08 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$

## Приложение 6 Рекомендуемое

**Наименование объекта, оборудования** \_\_\_\_\_

# РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЙ ТЕПЛОВОЙ ИЗОЛЯЦИИ

N п.п.	Узел обо- рудо- вания	Констру- кция те- пловой изоляции	Тем- пература тепло- окру- ющей и диаметр трубо- проводов	Средняя темпера- тура, °C	Средняя то- лщина изо- ляции, мм	Удельные тепловые потери, Вт/м <sup>2</sup> или Вт/м	При- ча- ние

## Приложение 7 Рекомендуемое

Наименование объекта,  
оборудования \_\_\_\_\_  
Дата \_\_\_\_\_

УТВЕРЖДАЮ:  
Главный инженер (наименование ТЭС)  
подпись \_\_\_\_\_ ф.и.о. \_\_\_\_\_

" " 19 Г.

# ПАСПОРТ ТЕПЛОВОЙ ИЗОЛЯЦИИ

**Примечания:** \_\_\_\_\_

Представитель организации,  
составляющей паспорт

Представитель электростанции \_\_\_\_\_