УДК 621.186.4

РД 34.20.321
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°С:

- в котельных цехах: трубопроводы питательной воды, водоперепускные трубы в пределах котла, опускные 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^2 поверхности ТИ с радиусом кривизны больше 2 м или с поверхности ТИ 1 м длины трубопроводов и температура на внешней поверхности (покровном слое) ТИ.

gost.e-ecolog.ru

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° С температура на поверхности ТИ оборудования, находящегося в помещении, не должна превышать следующих значений: при температуре теплоносителя, равной или меньшей 500° С, - 45° С, при температуре 501 - 650° С - 48° С.

Для объектов, расположенных на открытом воздухе, температура на поверхности ТИ не должна превышать 55° С при металлическом покровном слое и 60° С - 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 полупиковом или пиковом режимах с регулярнымми 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^2 ..... ± 12

0 - 500 Вт/м^2 ..... ± 7

Приведенные потери тепла с 1 погонного метра (Вт/м) при диапазоне измерений:

0 - 100 Вт/м^2 ..... ± 12

0 - 500 Вт/м^2 ..... ± 35

Приведенные потери тепла к 25° С, % ..... ± 14

Температура поверхности ТИ, °С ..... ± 3

Приведенная температура поверхности ТИ к 25° С, % ..... ± 5

Температура поверхности металла изолируемого оборудования, °С ..... ± 6

Температура окружающего воздуха, °С ..... ± 1

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

Толщина ТИ, мм ..... ± 5

Периметр поверхности ТИ, мм ..... ± 10

Общая длина внешней поверхности ТИ, мм ..... ± 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^2. 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° С. Класс точности 2,5.

5.3. Для измерения температуры поверхности металла применяются зачеканенные 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 коррективы.

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 примыкающих к ней трубопроводов четкие рекомендации по выбору точек измерения дать не возможно. Ориентировочно следует проводить одно измерение на каждые 2-3 $м^2$ 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 регистрацией 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:

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

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

P - длина окружности ТИ, м ;

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

$$q_{25} = \frac{q_1 \cdot (t_т - 25)}{t_т - t_в} \ , \qquad (2)$$

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

$t_в$ - температура окружающего воздуха, °С;

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

$$t_{(25ТИ)} = \frac{q_{25}}{q_1} (t_{ТИ} - t_в) + 25 \ , \qquad (3)$$

где $t_{ТИ}$ - 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:

$$q = 1{,}66\ (T_{ти} - T_в)^{2\frac{3}{4}} + C'\ (T_{ти}^2 - T_в^4)\ 10^4\ , \qquad (4)$$

где $T_{ти}$, $T_в$ - температура соответственно поверхности ТИ и окружающего воздуха, К;

C' = 4,88 Вт/(м·К) - для оштукатуренных, окрашенных и запыленных поверхностей ТИ;

C' = 2,67 Вт/(м·К) - для алюминиевого покровного слоя ТИ.

По формуле (4) построены номограммы, 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 (α).

8.3. Допускаемая относительная погрешность показателей измерений определяется по формуле

$$\sigma = \sqrt{\sigma_{доп}^2 + \sigma_{пр}^2 + \sum_{i=1}^{к} \sigma_{дi}^2}\ , \qquad (5)$$

где $\sigma_{доп}$ - допускаемая относительная погрешность датчика;

$\sigma_{пр}$ - допускаемая относительная погрешность прибора;

$\sigma_{дi}$ - дополнительная погрещность прибора, учитывающая влияние факторов окружающей среды;

к - количество внешних влияющих факторов, вызывающих появление дополнительных погрешностей датчика и прибора.

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

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

$$\Delta q_{25} = \pm\sqrt{\left(\frac{\partial q_{25}}{\partial q_1}\Delta q_1\right)^2 + \left(\frac{\partial q_{25}}{\partial t_т}\Delta t_т\right)^2 + \left(\frac{\partial q_{25}}{\partial t_в}\Delta t_в\right)^2}\ ; \qquad (7)$$

$$\Delta t_{ти}^{25} = \pm\sqrt{\left(\frac{\partial t_{ти}^{25}}{\partial q_{25}}\Delta q_{25}\right)^2 + \left(\frac{\partial t_{ти}^{25}}{\partial q_1}\Delta q_1\right)^2 + \left(\frac{\partial t_{ти}^{25}}{\partial t_{ти}}\Delta t_{ти}\right)^2 + \left(\frac{\partial t_{ти}^{2}}{\partial t_в}\Delta t_в\right)^2}\ . \qquad (8)$$

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 могуь 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 приложения 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 остывания. Если разница температур по фактическим и допустимым характеристикам не превышает 40° С, 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 коэффицинеты 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 $t_в$ = 25° С

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

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

* Потери тепла для плоской стенки приведены в Вт/м^2

Продолжение таблицы П1.1 (правая часть)

Наружный диаметр, мм	Потери тепла (Вт/м) при температуре теплоносителя, °С											
	400	410	450	500	510	540	550	570	600	610	650	
10	84	86	98	111	114	123	125	131	140	144	155	
20	102	105	118	133	137	148	150	158	168	173	186	
32	118	122	135	154	158	170	173	181	193	198	213	
48	135	140	155	176	180	193	198	206	220	226	242	
57	144	149	165	187	192	206	209	219	233	240	257	
76	162	166	184	204	211	229	234	245	260	263	283	
89	172	178	197	221	227	243	247	259	274	282	302	
108	187	193	213	240	247	263	268	279	297	304	325	
133	206	212	234	263	270	287	293	306	332	332	355	
159	225	231	254	287	295	312	318	332	355	362	390	
194	249	255	284	315	322	343	349	364	385	394	420	
219	264	272	299	334	342	364	371	386	407	418	445	
273	289	297	326	363	372	395	401	419	440	448	477	
325	316	325	359	400	409	435	441	459	484	496	528	
377	342	353	393	436	445	472	480	499	525	540	573	
426	378	389	425	469	481	508	517	536	566	577	614	
478	408	420	456	505	517	545	553	576	607	614	660	
530	441	448	489	542	551	583	592	615	646	663	701	
630	501	513	558	615	627	660	671	694	727	740	782	
720	548	564	614	675	689	725	736	761	795	810	856	
820	618	631	687	754	769	807	820	845	885	897	950	
920	690	705	772	852	869	920	932	965	1010	1030	1090	
1020	745	763	830	914	932	982	1000	1030	1080	1100	1160	
1220	840	860	935	1030	1050	1110	1130	1160	1220	1240	1310	
1420	970	990	1080	1190	1220	1280	1310	1350	1420	1440	1530	
1620	1080	1110	1200	1320	1340	1410	1440	1490	1560	1580	1680	
1820	1180	1200	1310	1430	1450	1530	1550	1600	1680	1710	1800	
2020	1280	1310	1420	1550	1580	1660	1690	1740	1820	1850	1960	
Плоская стенка*	175	178	194	210	214	223	227	235	245	248	262	

* Потери тепла для плоской стенки приведены в Вт/м^2

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
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 $t_в$ = 5° С

Наружный диаметр, мм	Потери тепла (Вт/м) при температуре теплоносителя, °С													
	50	75	100	125	150	160	200	225	250	300	350	360		
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		

| | | |

изменения стоимости тепла	трубопроводов, мм					
	32	108	273	720	1020	2000 и плоская стенка
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 остывания турбины и паропроводов.

Приложение 2
Справочное

ДОПУСТИМЫЕ ГРАФИКИ ОСТЫВАНИЯ

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

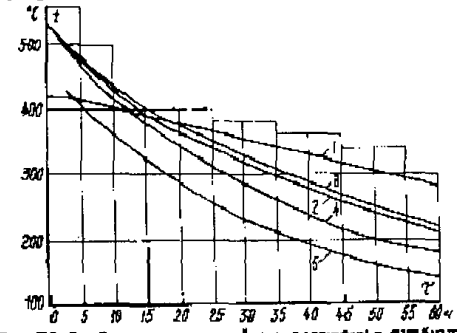


Рис.П2.1. Допустимые графики остывания турбины:
1 – верх корпуса ЦВД в зоне паровпуска; 2 – верх корпуса ЦСД в зоне паровпуска; 3 – блок паропроводящих труб стопорный ЦВД; 4 – выносные регулирующий клапан ЦВД и стопорный клапан ЦСД; 5 – паровпускные трубы ЦВД

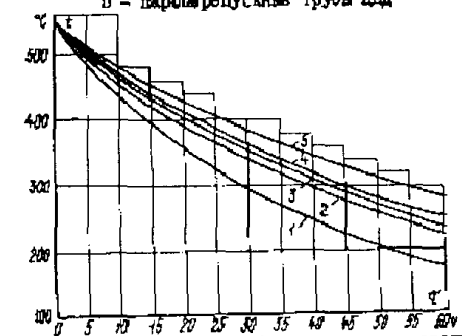


Рис.П2.2. Допустимые графики остывания паропроводов с толщиной стенки:
1 – 17 мм; 2 – 25 мм; 3 – 35 мм; 4 – 45 мм; 5 – 60 мм

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 $t_в$ = 25° С.

Таблица П3.1

Потери тепла изолированными вентилями, задвижками и компенсаторами в помещениях

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

Продолжение таблицы П3.1 (правая часть)

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

Примечание. 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 П3.2

Потери тепла неизолированными вентилями, задвижками и компенсаторами в помещениях

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

Примечание. 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 ___

N п.п.	Узел оборудования (точки измерения)	Толщина изоляции в измерений, мм	Температура, °С: окружающего воздуха	Температура, °С: поверхности изоляции	Удельный тепловой поток, Вт/кв.м	Примечание

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

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.

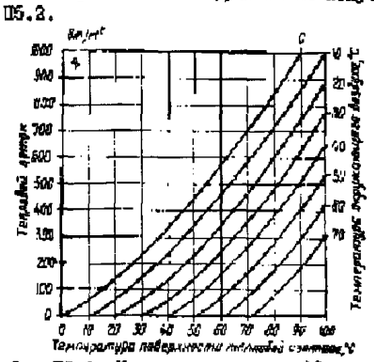


Рис.П5.1. Номограмма для коэффициента излучения поверхности C = 2,67 Вт/м·К)

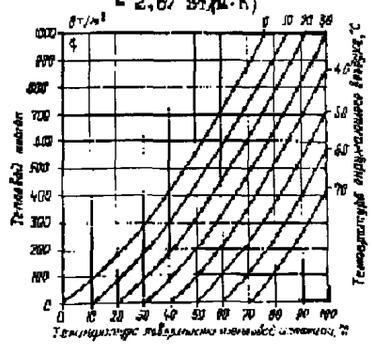


Рис.П6.2. Номограмма для коэффициента излучения поверхности C = 4,88 Вт/м·К)

Приложение 6
Рекомендуемое

Наименование объекта, оборудования _____

РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЙ ТЕПЛОВОЙ ИЗОЛЯЦИИ

N п.п.	Узел оборудования	Конструкция тепловой изоляции и диаметр трубопровода	Температура теплоносителя, гр.С	Средняя температура, °С: окружающего воздуха	Средняя температура, °С: поверхности изоляции	Средняя температура, °С: поверхности изоляции (приведенная)	Средняя толщина изоляции, мм: по проекту	Средняя толщина изоляции, мм: фактическая	Удельные тепловые потери, Вт/м² или Вт/м: фактические (измеренные)	Удельные тепловые потери, Вт/м² или Вт/м: приведенные к норме	Удельные тепловые потери, Вт/м² или Вт/м: нормативные	Примечание

Приложение 7
Рекомендуемое

Наименование объекта,
оборудования _____
Дата _____

УТВЕРЖДАЮ:
Главный инженер (наименование ТЭС)
подпись _____ Ф.И.О. _____

"____" _____ 19___ г.

ПАСПОРТ ТЕПЛОВОЙ ИЗОЛЯЦИИ _____

N п.п.	Наименование узла	Температура теплоносителя, °С	Площадь кв.м	Конструкция изоляции	Толщина изоляции, мм	Температура, °С: окружающего воздуха	Температура, °С: поверхности изоляции	Потери тепла, Вт/м или Вт/м²: фактические	Потери тепла, Вт/м или Вт/м²: приведенные	Потери тепла, Вт/м или Вт/м²: допустимые по норме

Примечания: _____

Представитель организации,
составляющей паспорт _____

Представитель электростанции _____

gost.e-ecolog.ru