Российское Акционерное Общество "ЕЭС РОССИИ"
Открытое Акционерное Общество "Фирма ОРГРЭС"

«Утверждаю»
Первый заместитель начальника Департамента стратегии развития и научно-технической политики
РАО «ЕЭС РОССИИ»
_____ Берсенев А П
«26» 04 2000 г

МЕТОДИКА ИНФРАКРАСНОЙ ДИАГНОСТИКИ ТЕПЛОМЕХАНИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ.

ОРГРЭС
Москва 2000 год

gost.e-ecolog.ru

Введен впервые

Срок действия установлен:

с 01.05.2000 г.

до .....

СОДЕРЖАНИЕ:

РАЗДЕЛ 1. ЗДАНИЯ И СООРУЖЕНИЯ. 1-5

Введение. 1-5
Используемые приборы и оборудование. 1-6
Необходимые условия для качественной термографии и подготовка к измерениям. 1-7
Проведение тепловизионной съёмки. 1-9
Обработка результатов измерений. 1-11
Выводы. 1-17
ПРИЛОЖЕНИЕ 1. 1-18
Таблица 1.1 1-19
Таблица 1.2 1-20
Таблица 1.3 1-20

РАЗДЕЛ 2. ОБМУРОВКА КОТЕЛЬНЫХ АГРЕГАТОВ И ТЕПЛОВАЯ ИЗОЛЯЦИИ ОБОРУДОВАНИЯ. 2-26

Введение. 2-26
Объект испытаний. 2-27
Измерительные приборы. 2-28
Условия испытаний. 2-28
Проведение испытаний. 2-29
Обработка результатов испытаний. 2-29
ПРИЛОЖЕНИЕ 2. 2-31
Таблица 2.1 2-34
Таблица 2.2 2-35

РАЗДЕЛ 3. ОБСЛЕДОВАНИЕ ПОВЕРХНОСТЕЙ НАГРЕВА ПАРОВЫХ И ВОДОГРЕЙНЫХ КОТЛОВ. 3-36

Общие положения. 3-36
Подготовка к термографическому обследованию и выбор измерительных приборов. 3-36
Проведение обследования. 3-37
Анализ материалов обследования труб поверхностей нагрева котла. 3-37

РАЗДЕЛ 4. ДЫМОВЫЕ ТРУБЫ. 4-40

Общие положения. 4-40
Подготовка к визуальному и термографическому обследованию дымовой трубы. 4-40
Проведение обследования. 4-41
Обработка материалов тепловизионной съемки дымовой трубы. 4-42
Расчет температуры поверхности дымовой трубы. 4-42
Анализ материалов обследования дымовой трубы. Составление отчета. 4-44
Таблица 4.1 4-45
Таблица 4.2 4-47
ПРИЛОЖЕНИЕ 4. 4-48

РАЗДЕЛ 5. ТЕПЛОВЫЕ СЕТИ. ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОСТОЯНИЯ ТЕПЛОВЫХ СЕТЕЙ ПОДЗЕМНОЙ ПРОКЛАДКИ ПО ИЗВЕСТНОЙ ТЕМПЕРАТУРЕ ПОВЕРХНОСТИ ГРУНТА НАД ТЕПЛОТРАССОЙ. .5-51

Общие положения. 5-51
Подготовка к измерениям. 5-51
Проведение измерений. 5-52
Обработка результатов. 5-52
Методика расчета максимальной температуры поверхности грунта над теплотрассой. Нормативный метод. 5-54
Таблица 5.1 5-54
Методика расчета максимальной температуры поверхности грунта над теплотрассой при канальной прокладке тепловой сети. 5-55
Методика расчета максимальной температуры поверхности грунта над теплотрассой при бесканальной прокладке тепловой сети. 5-57
Методика расчета максимальной температуры поверхности грунта над теплотрассой. Упрощенный метод. 5-59

1. Методика расчета максимальной температуры поверхности грунта над теплотрассой при канальной прокладке тепловой сети. *5-59*
ТАБЛИЦА 5.2 5-61
ТАБЛИЦА 5.3 5-61
2. Методика расчета максимальной температуры поверхности грунта над теплотрассой при бесканальной прокладке тепловой сети. *5-64*
ТАБЛИЦА 5.4 5-66
ПРИЛОЖЕНИЕ 5 5-70
Оценка отклонения режима теплопередачи от стационарного. *5-71*
ТАБЛИЦА 5.5 5-72
ТАБЛИЦА 5.6 5-73
ТАБЛИЦА 5.7 5-73
ТАБЛИЦА 5.8 5-74

РАЗДЕЛ 6. ПРУДЫ ОХЛАДИТЕЛИ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ 6-77

ТЕПЛОВИЗИОННАЯ ДИАГНОСТИКА СОСТОЯНИЯ ПРУДОВ-ОХЛАДИТЕЛЕЙ ТЕПЛОЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ 6-77
ПРИЛОЖЕНИЕ 6 6-79
ЛИТЕРАТУРА 6-81

Общая часть.

Экономическая ситуация, сложившаяся в последние годы в энергетике заставляет принимать меры, связанные с увеличением срока эксплуатации различного оборудования.

Решение задач по оценке технического состояния последнего, в значительной степени, связано с внедрением эффективных методов инструментального контроля, и в частности, теплового метода неразрушающего контроля.

Данный метод получил широкое распространение в электроэнергетике, в связи с чем, многие энергетические предприятия организовали у себя диагностические лаборатории, оснастив их современными тепловизионными системами. Учитывая их значительную стоимость, необходимо как можно шире использовать возможности этих систем, расширяя диапазон, контролируемого оборудования, безотказная и эффективная работа которого связана с поддержанием определенного температурного режима.

Ниже, рассмотрены условия и порядок тепловизионного обследования зданий и сооружений, котлов, паропроводов, дымовых труб и тепловых сетей.

Предложения по совершенствованию материала просим направлять по адресу:

105023 г. Москва, Семёновский пер., 15.

Производственная Лаборатория ИК-техники

ОАО «Фирма ОРГРЭС»

Раздел 1. Здания и сооружения.

Введение.

Одним из основных путей экономии топлива является уменьшение тепловых потерь и теплопоступлений через ограждающие конструкции строительных сооружений, достигающие по зарубежным источникам до 30% общих потерь.

Тепловизионный контроль качества теплозащиты зданий и сооружений, успел зарекомендовать себя, как один из основных способов контроля состояния ограждающих конструкций по окончании строительства и в период эксплуатации, ввиду оперативности, наглядности метода и достоверности полученных результатов. Метод позволяет выявить нарушения теплозащиты ограждающих конструкций, возникшие в результате следующих причин:

- нарушения технологии изготовления строительных материалов, правил складирования, перевозки и т.п.;
- ошибок и нарушений при строительстве зданий;
- неправильного режима эксплуатации.

Перечисленные факторы приводят к преждевременному снижению теплозащитных свойств в отдельных местах ограждающих конструкций в результате воздействия погодных (ветер, атмосферные осадки) и естественно-климатических (циклы тепло-холод-тепло, влажность) условий. Это, в свою очередь, приводит к ухудшению микроклимата внутри зданий и перерасходу топлива, вследствие повышения теплопотерь.

Современные тепловизионные системы позволяют быстро и точно выявить участки с повышенными теплопотерями и определить их границы. Количественная оценка обнаруженного дефекта производится в лабораторных условиях с использованием современной программной продукции и традиционного (Л1, Л2, Л3) математического аппарата.

Необходимо заметить, что физическая сторона явлений, происходящих при излучении и распространении тепла поверхностями ограждающих строительных конструкций, достаточно хорошо изучена и описана в перечисленной ниже литературе. Относительно требований к термографии зданий и сооружений, а также порядку её проведения существует соответствующий ГОСТ.

Используемые приборы и оборудование.

Практическое применение различных тепловизионных систем для обследования зданий и сооружений позволяет сделать следующие выводы тепловизоры для термографии зданий и сооружений должны отвечать следующим требованиям

- диапазон измеряемых температур -20 °С - +30 °С
- предел температурной чувствительности 0,5 °С
- диапазон рабочих температур -15 °С - +40 °С
- возможность применения сменных объективов, угол обзора 7град - 20град
- число элементов в строке * число элементов в кадре, не менее 100 * 100
- возможность получения значения температуры в °С на экране дисплея тепловизора или переносного компьютера непосредственно на месте съемки,
- возможность записи термоизображения на видеомагнитофон или иной магнитный носитель информации,
- регулирование значения излучательной способности (ε),

Современная тепловизионная техника использует инфракрасные детекторы, работающие в двух диапазонах коротковолновом (3-5 μм) и длинноволновом (8 – 14 μм) Использование этих ИК-диапазонов связано с особенностями пропускания теплового излучения атмосферой Если руководствоваться графиком (Рис 1 1), который приводится по ЛЗ, то здесь так же видно, почему необходимо использовать именно эти инфракрасные диапазоны спектральный коэффициент отражения минимален, а, следовательно, минимально влияние отраженного излучения В этом отношении позиции длинноволнового и коротковолнового инфракрасных диапазонов примерно одинаковы для случая термографии зданий В то же время установлено, что 40% всей энергии собственного ИК- излучения объекта приходится на длинноволновую часть, а на коротковолновую- всего 1% Следует признать нежелательным применение для термографии зданий и сооружений тепловизоров индика-

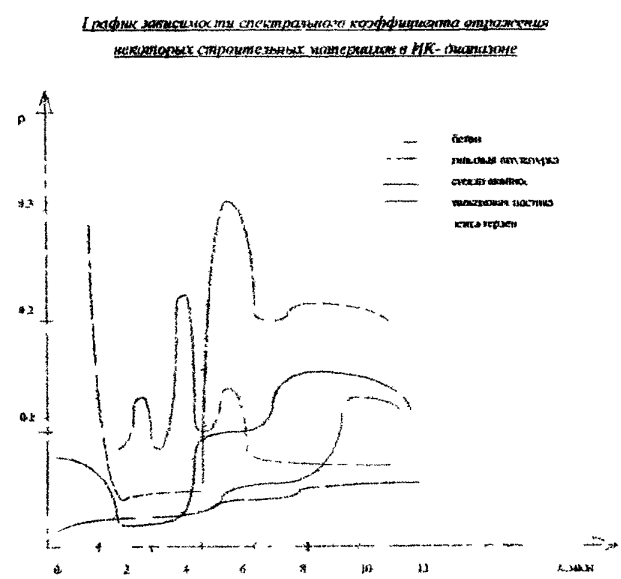


График зависимости спектрального коэффициента отражения некоторых строительных материалов в ИК- диапазоне

Рис 1 1

торного типа, принцип действия которых основан на преобразовании инфракрасных лучей с помощью пировидиконовой трубки Применение ИК - пирометров возможно только в качестве вспомогательных средств Кроме того большинство из них неработоспособны при отрицательных температурах (Термография зданий проводится, как правило, зимой в отопительный период)

Кроме тепловизора для обследования зданий и сооружений необходимо следующее оборудование

- прибор для контактного измерения температуры с погрешностью не более 0,5 °С;
- чашечный анемометр (прибор для определения скорости ветра);
- штатив,
- измерительная рулетка (более 10 метров),
- ртутный термометр для измерения температуры окружающего воздуха,
- преобразователь теплового потока,
- желательно иметь ИК- пирометр,

Необходимые условия для качественной термографии и подготовка к измерениям.

С целью получения достоверных результатов при термографическом обследовании зданий и сооружений необходимо выполнить ряд условий, значительная часть которых изложена в Л1 Однако, применение современной тепловизионной техники, понуждает внести некоторые изменения и дополнения

Измерения следует производить при перепаде температур между внутренним и наружным воздухом, превосходящим минимально допустимый, который определяется по формуле

$$t_{min} = \theta \times R_0^n \times \frac{\alpha \times r}{1 - r} \qquad (1)$$

где

θ - предел температурной чувствительности тепловизора, °С;

R_0^n - проектное сопротивление теплопередаче, м*С/Вт,

α - коэффициент теплоотдачи, принимаемый равным: для внутренней поверхности стен по нормативно-технической документации, для наружной поверхности стен при скоростях ветра 1, 3, 6 м/с - соответственно 11, 20, 30; Вт/ (м*С);

r - относительное сопротивление теплопередаче подлежащего выявлению дефектного участка ограждающей конструкции, не более 0,85;

Термографию зданий и сооружений следует проводить в отопительный сезон, так как при этом перепад температур будет максимально возможным и всегда удовлетворяет условию формулы (1). Так же необходимо отсутствие осадков, поверхность обследуемых зданий должна быть свободна от инея. Условия тепловой инерции материалов конструкций при термографии наружной части здания требуют, чтобы обследуемый объект не находился на солнце в течение 12 часов, предшествовавших съёмке. Лучше проводить измерения утром, в пасмурную погоду. При инфракрасной съёмке внутри помещений следует особое внимание обратить на экранирование источников света и тепла (ламп накаливания, отопительных радиаторов) расположенных вблизи объекта термографии

Если имеет место ветер, то необходимо измерить его скорость для дальнейшей корректировки измеренных значений температур, о чём будет сказано в разделе, посвящённом обработке результатов измерений По возможности следует выбирать безветренные дни. Сила и направление ветра оказывают существенное влияние на теплопотери воздухопроницанием и теплопотери конвекцией с наружной поверхности.

Ввиду значительных размеров зданий тепловизионную съёмку производят покадрам. По завершении съёмки очередного кадра оператор перемещает тепловизор таким образом, чтобы объект измерения находился под углом наблюдения не менее 60° В этом случае излучательная способность от угла наблюдения практически не зависит. В диапазоне от 60° до 90° излучательная способность при приближении к 90° будет стремительно падать, а коэффициент отражения соответственно возрастать. Поэтому надо стремиться, чтобы тепловизор был направлен по нормали к снимаемому объекту. Если высота такого объекта превышает 10 метров, то для работы рекомендуется использовать монтажную вышку Удалённость тепловизионной камеры от объекта при наружной съёмке надо выбирать в следующем диапазоне:

$$1/(tg\, f) < L < L_{пред.} \qquad (2)$$

где.

L - удаление тепловизора от объекта съемки, f - угол обзора объектива,

$L_{пред.}$ - расстояние, на котором тепловизор теряет требуемую точность в соответствии с техническими характеристиками и поглощением ИК- излучения атмосферным воздухом;

Приближение к объекту на расстояние $L < l\,tg\,f$ неоправданно увеличит время съёмки. При термографии внутренней поверхности объекта следует исходить из размеров участка с повышенными теплопотерями. Рекомендуется использовать объективы с углом обзора не менее 12°.

На обследуемой поверхности выбирают геометрический репер, в качестве которого можно использовать типовые строительные элементы с известными линейными размерами Это необходимо для определения масштаба при обработке результатов измерений.

Проведение тепловизионной съёмки.

Тепловизор устанавливают, подключают видеомагнитофон и выставляют необходимый температурный диапазон который, в современной тепловизионной технике определяет не только верхнюю и нижнюю границу измеряемых температур, но и чувствительность. Регулируя фокус, температурный уровень, яркость и контраст добиваются устойчивого и чёткого термоизображения на экране видеоконтрольного устройства. Термоизображение наружной поверхности снимают по кадрам и записывают на видеомагнитофон или дискету. Видеомагнитофон позволяет записывать звуковую информацию о параметрах съёмки, поэтому его использование предпочтительно. Современные тепловизоры последних модификаций как правило имеют встроенные микрофоны, встроенные меню на русском языке, производят запись изображений на PS – карты разной ёмкости, а так же записывают всю информацию о тепловом состоянии объекта, что позволяет получить удовлетворительную термограмму при обработке в случае неверного выбора оператором параметров съёмки. Все значения температур, которые будут использоваться ниже, должны быть предварительно скорректированы с учётом излучательной способности объекта. Если эта величина известна, то фактическую температуру можно определить по формуле:

$$T_{факт} = T_{рад} / \sqrt[4]{\varepsilon} \qquad (3)$$

где:

$T_{рад}$ - измеренная тепловизором температура;

$T_{факт}$ - фактическая температура объекта;

ε - коэффициент излучения материала;

Большинство современных тепловизоров делают эту коррекцию автоматически, достаточно ввести значение излучательной способности Значения коэффициента «ε» для основных строительных материалов приведены в Таблице 1 1 Приложения 1 Они предназначены для использования только в качестве ориентира, так как зависят не только от температуры материала, но и от спектральной чувствительности используемого прибора В связи с этим рекомендуется излучательную способность исследуемой поверхности определять непосредственно на месте съемки

Для этого контактным термометром определяют истинную температуру объекта, а затем вводят в процессор тепловизора все новые значения ε, добиваясь равенства $T_{изм}$ и $T_{рас}$ Установленное при достижении указанного равенства значение ε и будет являться истинной излучательной способностью объекта Необходимо иметь ввиду, что ошибка в измерении температуры от неверного определения излучательной способности зависит от используемого ИК-диапазона и температуры объекта съемки При температуре около 0°С эта погрешность незначительна (около нуля), но она возрастает с понижением температуры объекта и достигает нескольких градусов на ошибку по ε в 0 1 при температуре объекта –20°С Просмотрев поверхность исследуемого здания, и записав ее термоизображение на видеомагнитофон (или иной носитель) выбирают базовый участок, размером больше двух толщин ограждающей конструкции и имеющий равномерное температурное поле Этот участок должен быть выполнен из тех же стройматериалов, и иметь ту же конструкцию, что и исследуемая поверхность с температурными аномалиями Его температурное поле должно соответствовать минимальному выходному сигналу тепловизора для исследуемого объекта Сравнивая термоизображение ограждающей конструкции и базового участка, выявляют места с повышенными теплопотерями Температура наружной поверхности таких участков превышает температуру базового участка, как минимум, на величину цены деления шкалы тепловизора

Базовый участок и места с температурными аномалиями подвергаются детальной термографии уже с минимально возможного расстояния снаружи и внутри зданий, там же измеряется температура окружающего воздуха Необходимо, так же, визуально осмотреть этот участок, чтобы определить, не является ли его тепловая картина следствием, например, локального загрязнения и соответственно изменения излучательной способности По окончании съемки должны быть измерены и записаны для каждого аномального и базового участков следующие величины

- температура наружного воздуха,
- скорость ветра,

- наружная температура на поверхности исследуемого участка,
- температура внутренней поверхности исследуемого участка;
- температура окружающего воздуха внутри здания,
- температурный диапазон и уровень в момент съёмки;
- угол зрения используемого объектива,
- расстояние до исследуемой поверхности;
- излучательная способность поверхности объекта;
- тепловой поток через исследуемый участок, если такие измерения проводились;
- распределение температур по элементам системы отопления в обследуемом секторе здания.

Получив эти данные можно приступить к количественной оценке результатов измерений и компьютерной обработке. В Приложении 1 (Рис. 1.4 - 1 11) приведены термограммы участков ограждающих конструкций с повышенными теплопотерями и примеры выбора базовых участков

Обработка результатов измерений.

Современные программные средства позволяют оперативно и точно проанализировать результаты тепловизионной съёмки и представить результаты обследования в виде цветных или чёрно-белых термограмм. Для каждого исследуемого фрагмента ограждающей конструкции необходимо иметь следующие исходные данные:

- излучательная способность (ε);
- температура воздуха вблизи объекта (**T**);
- температура атмосферного воздуха (T_a) (при съёмке внутри помещения - температура в его средней части, в 1,5 метрах от пола;
- дистанция до объекта (**м**);
- температурный уровень;
- температурный диапазон;
- виды используемых фильтров и диафрагм;
- угол обзора используемого объектива.

После того, как температура в каждой точке становится известной необходимо учесть скорость ветра (программы обработки термоизображения этого, как правило, не делают) в соответствии с формулой:

$$\frac{T_2}{T_1} = \left[\frac{V_1}{V_2}\right]^{0.448} \qquad (4)$$

где:

V_1 - скорость ветра при температуре T_1;

V_2 - скорость ветра при температуре T_2;

Так как при переменном ветре использование данной корректировки может привести к дополнительной погрешности, рекомендуется для проведения тепловизионной съёмки выбрать безветренную погоду.

Можно выделить 3 основные задачи при обработке термоизображений зданий и сооружений:

1. Определение участков ограждающих конструкций с повышенными теплопотерями согласно указаниям соответствующих СНиП и ГОСТ. Здесь рассчитываются сопротивления теплопередаче R ($м^2 * °C / Вт$) для базового и других характерных участков и сравниваются с требуемым значением. Уже на этом этапе необходимо разделить ограждающую конструкцию на стену, окна и цоколь и в дальнейшем для каждой из этих поверхностей производить отдельные вычисления сопротивления теплопередаче, выявление базового участка, расчёт Q и экономический ущерб.
2. Определяются удельные теплопотери q ($Вт / м^2$) для всех характерных участков.
3. Определение экономического ущерба от выявленных тепловых аномалий.

- определение площади участков с повышенными теплопотерями;
- определение избыточных теплопотерь через эти участки;
- определение количества и стоимости перерасходованных энергоносителей;

Используемые обозначения :

R - сопротивление теплопередаче ($м^2 * °C / Вт$);

$R_o^{тр}$ - требуемое сопротивление теплопередаче ($м^2 * °C / Вт$);

n - коэффициент, принимаемый в зависимости от положения наружной поверхности ограждающей конструкции к наружному воздуху (Л2 Табл. 3);

q - удельные теплопотери ($Вт / м^2$);

Q - полные теплопотери (Вт);

$t_н$, $t_в$ - измеренные температуры наружного и внутреннего воздуха;

$\tau_в$, $\tau_н$ - измеренные значения температуры наружной и внутренней поверхности ограждающей конструкции;

δ - толщина конструкции (м);

λ - теплопроводность конструкции(Вт/м*°С);

$\alpha_в$, $\alpha_н$ - коэффициент теплоотдачи соответственно у внутренней и наружной поверхности ограждающей конструкции (Вт/м^2*°К);

$\alpha_к$, $\alpha_л$ - соответственно конвективная и лучистая составляющие коэффициента теплоотдачи (Вт/м^2*°К);

F – площадь поверхности ограждающей конструкции (м^2);

1. Участки ограждающих конструкций с повышенными теплопотерями выявляют путём сравнения сопротивления ограждающих конструкций полученного в результате натурных измерений с требуемым значением определяемым в соответствии с (Л2) по формуле

$$R^{o}_{тр} = \frac{n \times (t_в - t_н)}{\Delta t^н \times \alpha_в} \quad (5)$$

где: $t_в$, $t_н$, $\Delta t^н$, n и $\alpha_в$ – расчетные и табличные значения, принимаемые по Л2.

Термическое сопротивление слоя многослойной конструкции определяется по формуле

$$R = \frac{\delta}{\lambda} \quad (6)$$

Здесь необходимо пользоваться указаниями п.2 из Л2.

Сопротивление теплопередаче многослойной конструкции определяется по формуле:

$$R = \frac{1}{\alpha_в} + \sum R_к + \frac{1}{\alpha_н} \quad (7)$$

Все вышеприведенные формулы применяются для вычисления требуемых и расчетных значений при проектировании ибо здесь используется расчётный коэффициент теплопроводности материала слоя (λ), но на практике его значение будет отлично от проектного.

Если необходимо определить расчётное значение, то $\alpha_в$ и $\alpha_н$ принимаются по Л2 (таблицы 1.2 и 1.3 этого издания), а если обрабатываются результаты натурных измерений, то эти значения рассчитываются по экспериментальным данным.

Для вычисления R по результатам натурных измерений можно использовать следующие выражения:

$$R = \frac{1}{\alpha_в} \times \left(\frac{t_в - \tau_н}{t_в - \tau_в} - 1 \right) \quad (8)$$

Эта формула применяется для обработки экспериментальных данных. Здесь все значения берутся по результатам измерений, а $\alpha_в$ – вычисляется Если есть возможность измерить удельный тепловой поток q (с помощью датчиков, тепломеров), то можно воспользоваться формулой, которая получается из формулы 7, если заменить члены правой части выражения. Тогда получится формула из ГОСТ 26254-84

$$R_o = R_в + R_к + R_н = \frac{t_в - \tau_в}{q_ф} + \frac{\tau_в - \tau_н}{q_ф} + \frac{\tau_н - t_н}{q_ф} \quad (9)$$

где:

$R_{в,н,к}$ – термическое сопротивление внутренней , наружной поверхности и однородной зоны ограждающей конструкции (м^2*С/Вт);

$q_ф$ - средняя за расчётный период измерения фактическая плотность теплового потока;

для сплошных ограждающих конструкций.

$$q_ф = \frac{q \times (t_в - t_н)}{(t_в - t_н) - q \times (R_m + R_c)} \quad (10)$$

где:

q - средняя за расчётный период измеренная плотность теплового потока (Вт/м^2);

R_m – термическое сопротивление преобразователя теплового потока, определяемое по его паспортным данным;

R_c – термическое сопротивление слоя, прикрепляющего ПТП, определяемое расчётом;

Термическое сопротивление слоя ограждающей конструкции можно определить как разность температур на границе слоя делённое на плотность теплового потока через него:

$$R = \frac{\tau_в - \tau_н}{q} \quad (11)$$

Для слоя ограждающей конструкции с воздушным промежутком термическое сопротивление определяется специальным способом по ГОСТ 26254-84.

Если возникла необходимость по результатам измерений определить температуру внутренней поверхности ограждающей конструкции для других расчётных условий расчётным путём, то это делают по приложению 7 из ГОСТ 26254-84.

2. Если измерения q не проводились, а необходимо вычислить тепловой поток по результатам тепловизионной съёмки, то используются следующие соотношения

$$q = q_{конв} + q_{луч} \quad (12)$$

$$q_{конв} = a_к \times (\tau_н - t_н) \quad (13)$$

$$\alpha_k = \omega \times \rho \times c_p \quad (14)$$

где:

q (Вт/м^2) ;

ω - скорость потока (м/сек);

ρ - плотность массы (кг/м^3);

c_p- теплоёмкость при постоянном давлении (кДж/кг×град К);

$$q_л = C \times \varepsilon \times (\tau^4_н - t^4_н) \quad (15)$$

где: С – коэффициент лучеиспускания абсолютно чёрного тела (5.7×10^{-8}Вт/м^2),

ε - излучательная способность поверхности объекта (это значение зависит от используемого инфракрасного диапазона и температуры объекта, а также от материала и геометрии ограждающей конструкции). Приближённое значение ε можно взять из таблиц. Более точное значение можно получить при сравнении температуры объекта, измеренной контактным способом, и температуры того же объекта, измеренной с помощью тепловизора. Абсолютно черным телом можно назвать материал, который при данной температуре излучает наибольшее количество тепловой энергии. Основные строительные материалы относятся к так называемым «серым телам».

Плотность теплового потока лучше всего не вычислять, а измерять непосредственно при обследовании зданий. Делать это необходимо в соответствии с требованиями ГОСТ 25380-82 преобразователем теплового потока ИТП-11 или аналогичным (приборы по ГОСТ 7076-78). Длительность измерений с наружной стороны ограждающих конструкций определяется тепловой инерцией последних (до 15 суток). Согласно приложению 3 из ГОСТ 26254-84 определяется диапазон температур наружного воздуха при котором погрешность таких измерений будет минимальна. Так, при использовании прибора ИТП-11 необходимо обеспечивать условия при которых измеряемая плотность теплового потока находилась бы в диапазоне 33-50 Вт/м^2. Это обеспечивается при температурах наружного воздуха от –15 до –32. При более высоких температурах погрешность измерений возрастает

Чтобы избежать трудностей с тепловой инерцией измерения теплового потока проводят, как правило, с внутренней стороны ограждающих конструкций. С наружной стороны такие измерения производят в случаях сохранения устойчивой температуры на поверхности и невозможности проведения измерений внутри.

Воздушные зазоры между датчиками и поверхностью не допускаются. Шероховатости устраняются, датчики укрепляют на технический вазелин.

По известным удельным тепловым потокам через аномальные участки вычисляют полный тепловой поток, путём умножения на площадь этого участка. Полученное значение позволяет определить избыточные теплопотери за счёт наличия участков с повышенными теплопотерями, перерасход топлива, и в итоге, - экономический ущерб.

Приведённый выше расчёт не учитывает теплопотерь воздухопроницанием. Если возникает необходимость определить места с повышенным сопротивлением воздухопроницанию ограждающей конструкции, то необходимо определить разность давления внутреннего и наружного воздуха и воспользоваться формулами п.5.1 из Л2 для сравнения с нормативными значениями.

Определить теплопотери воздухопроницанием через ограждающие конструкции довольно трудно. Здесь это явление связано с переносом вещества. Таким образом, в настоящее время мы определяем только теплопотери через ограждающие конструкции за счёт теплового потока. Эти теплопотери будут несколько меньше действительных из-за не учёта теплопотерь воздухопроницанием.

При практической термографии следует иметь ввиду, что участки с повышенным воздухопроницанием – это предельный случай участка с повышенными теплопотерями, когда термическое сопротивление равно нулю. Процесс воздухопроницания слишком «нестационарен» и зависит от разности давлений, температур, ориентации здания относительно сторон света, направления и силы ветра. Здесь важно выявить такие места, что легко достигается при тепловизионной съёмке и ликвидировать их (заклейка окон, герметизация швов).

Выводы.

Современная тепловизионная техника позволяет сэкономить время, необходимое на выявление мест расположения, участков ограждающих конструкций с повышенными теплопотерями и существенно упростить решение следующих задач

- оценить качество монтажа и проектирования новых зданий,
- определить целесообразность, объемы и сроки профилактического или капитального ремонтов зданий путем оценки степени дефектности и состояния отдельных его элементов,
- осуществлять контроль, за уровнем тепловых потерь через отдельные элементы ограждающих конструкций зданий и сооружений,

Практическое применение инфракрасной техники для термографии ограждающих конструкций зданий и сооружений показало, что для стен с оконными проемами основные потери тепла (до 70%) обусловлены теплопроводностью и воздухопроницанием оконных заполнений Теплопотери через глухие стены в основном обусловлены теплопроводностью материалов стен, при условии качественной заделки межпанельных швов

Тепловизионный контроль качества теплозащиты зданий и сооружений целесообразно проводить по окончании строительства и в период эксплуатации При этом нарушения теплозащитных свойств ограждающих конструкций подлежат выявлению лишь в отопительный сезон Для выполнения такого рода работ необходимо использование тепловизоров с чувствительностью не хуже 0,1 °С, с программным обеспечением для анализа термоизображений Быстро выявить и точно определить границы участков ограждающих конструкций с повышенными теплопотерями другими методами не представляется возможным

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

Значение коэффициента ε для основных строительных материалов

МАТЕРИАЛ	ТЕМПЕРАТУРА, (°С)	ИЗЛУЧАТЕЛЬНАЯ СПОСОБНОСТЬ, (ε)
Листовое железо:		
отполированное	38-200	0.28
сильный, неровный слой окиси	24	0 8
плотный, блестящий слой окиси	24	0.82
отлитая пластина, гладкая	28	0.8
сварочное железо, слабо окисленное	20 - 200	0 84
Асбест	-	0.95
Картон	23	0.96
Бумага	38	0 93-0.95
Гипс	21	0 903
Глина	-	0.95
Гравий	-	0.95
Дерево	-	0.9 - 0.95
Керамика	-	0 95
Кирпич красный (рядовой)	21	0.93
Рубероид	20.5	0.91
Масляные краски	100	0.92 - 0.96
Отражающая краска (белая, кремовая, бесцветная)	100	0.79 - 0 84
Мрамор полированный	22	0.93
Стекло гладкое	22	0.85 - 0.94
Штукатурка		
Грубая известь	10 - 88	0.91
фарфор глазурованный	20	0.75 - 0.93
фарфор неглазурованный	20	0 9
цемент	-	0.54
кирпич силикатный	20	0 66
бетон (плиты гладкие)	-	0.63
бетон (стены литые, необработанные)	-	0.55
битум	-	0.96
асфальт (дорожное покрытие)	-	0.9

Таблица 1.2

Таблица значений коэффициента $\alpha_в$ для внутренних поверхностей ограждающих конструкций.

Внутренняя поверхность ограждающих конструкций	Коэффициент теплоотдачи $\alpha_в$, Вт/(м * С) / (ккал/(м * ч * С)
1.Стен,полов,гладких потолков, потолков с выступающими рёбрами при отношении высоты Н рёбер к расстоянию а между гранями соседних рёбер H/A < 0.3	8.7 / 7.5
2.Потолков с выступающими рёбрами при отношении H/A >0/3	7 6 / 6 5

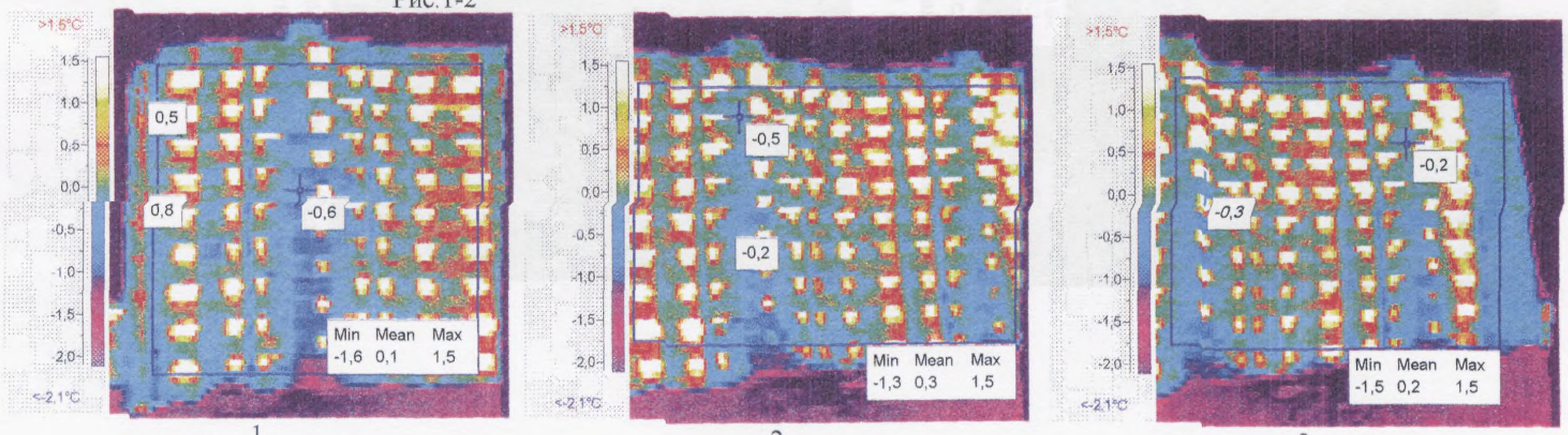
Таблица 1.3

Таблица значений коэффициентов теплоотдачи $\alpha_н$ для наружной поверхности ограждающих конструкций.

Наружная поверхность ограждающих конструкций	Коэффициент теплоотдачи для зимних условий, $\alpha_н$
1.Наружных стен, покрытий, перекрытий над проездами и над холодными без ограждающих стенок подпольями в Северной строительно- климатической зоне.	23 / 20
2.Перекрытий над холодными подвалами, сообщающимися с наружным воздухом; перекрытий над холодными с ограждающими стенками подпольями и холодными этажами в Северной строительно- климатической зоне.	17 / 15
3.Перекрытий чердачных и над неотапливаемыми подвалами со световыми проёмами в стенах.	12
4.Перекрытий над неотапливаемыми подвалами без световых проёмов в стенах, расположенных выше уровня земли, и над неотапливаемыми техническими подпольями, расположенными ниже уровня земли.	10 / 6 / 5



Рис.1-2



1 2 3

Рис.1-3, 1-4

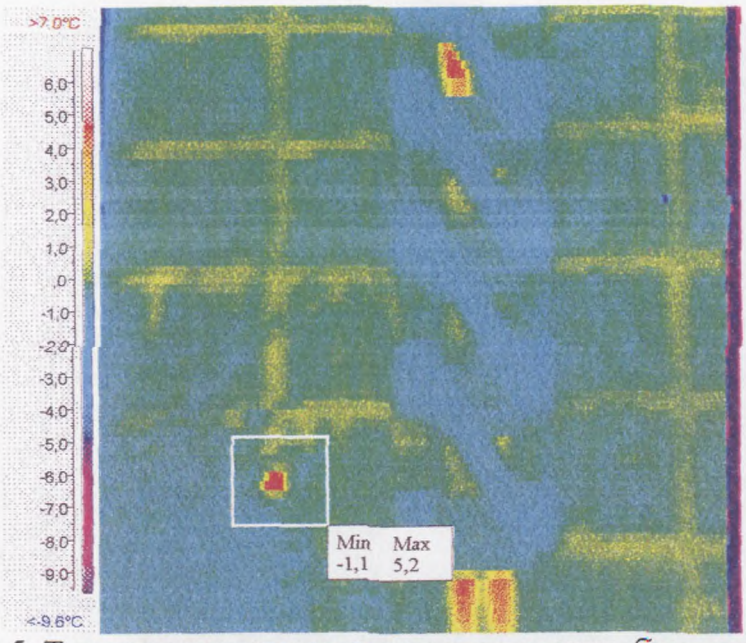


Рис.1.5 Термограмма стены панельного здания без оконных проёмов. В левой части видно место воздухопроницания через межпанельный шов. (Соответствует температуре +5,2 °С)

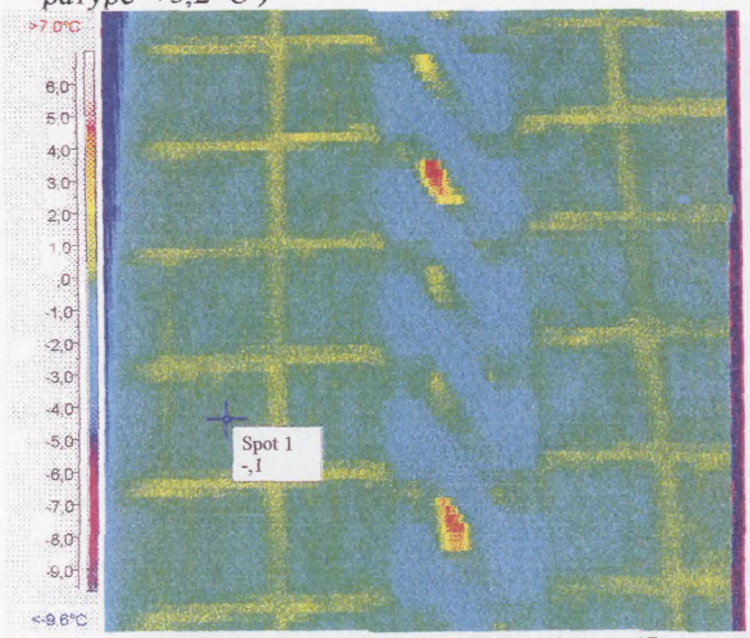


Рис.1.6 Термограмма стены панельного здания без оконных проёмов. Участок с температурой -3 °С может быть принят как базовый.

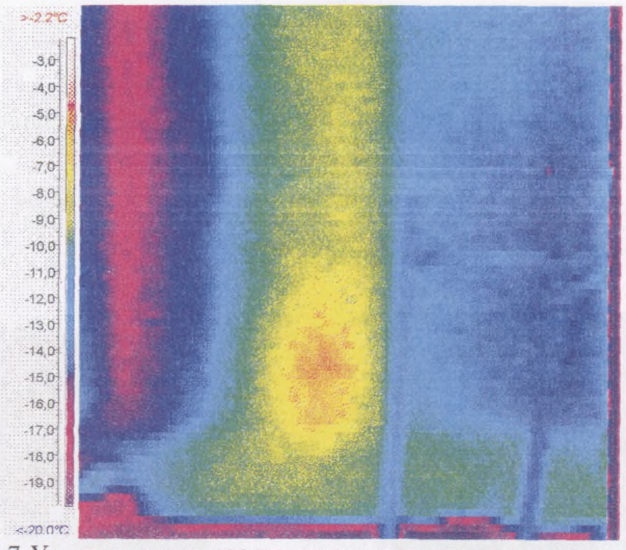


Рис.1.7 Участок стены сооружения с повышенными теплопотерями. (Его границей следует считать изотерму -11°С)

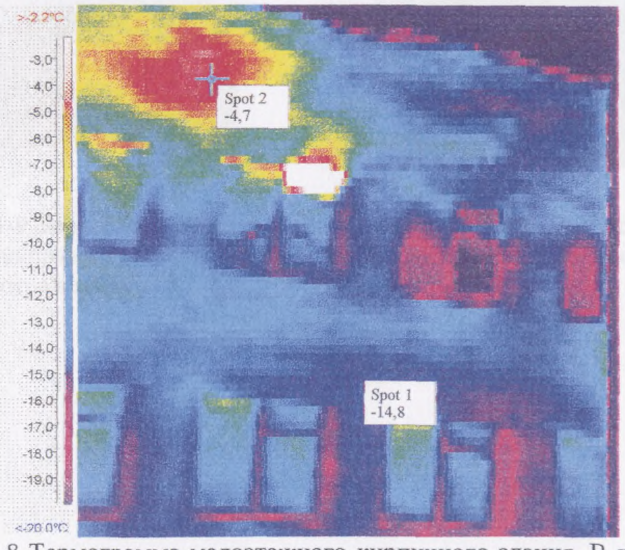


Рис.1.8 Термограмма малоэтажного кирпичного здания. В верхней части участок с повышенными теплопотерями. Фрагмент стены с температурой -14,8 °С здесь принят, как базовый.

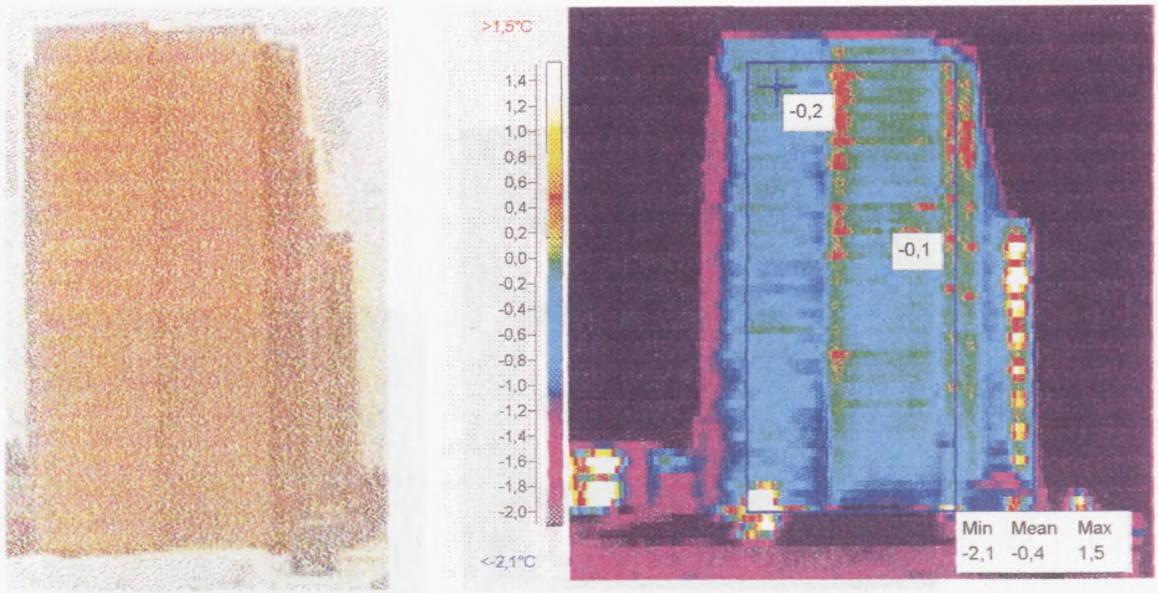
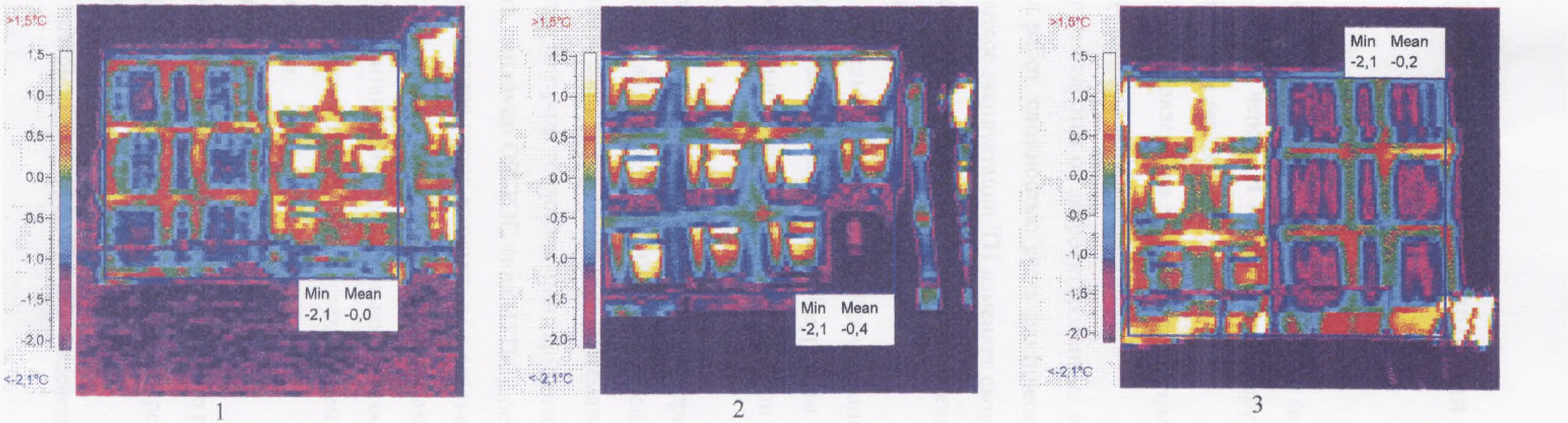


Рис.1-9 Торцевая часть 9-ти этажного здания. Поверхность с t= -0,4 °С, можно принять за базовый участок. Красная полоса в центре здания вызвана тепловым отражением.



Рис.1-10



1 2 3

Рис.1-11

Раздел 2. Обмуровка котельных агрегатов и тепловая изоляции оборудования.

Введение.

Основные качественные показатели ТЕПЛОВОЙ ИЗОЛЯЦИИ, (в дальнейшем ТИ), максимально допустимые тепловые потери через ТИ и температура наружной поверхности регламентируются утвержденными нормами тепловых потерь (Л.4)

Качественное выполнение ТИ обусловлено не только предельными нормами тепловых потерь, но и расходом теплоизоляционных материалов.

Фактические тепловые потери отличаются от запроектированных из-за низкого качества исполнения теплоизоляционных работ, сложностью учета фактических условий внешней теплоотдачи. Кроме этого, в процессе эксплуатации ТИ изменяет свои свойства, что может вызвать с течением времени, увеличение тепловых потерь и повышение температуры на поверхности изолированных объектов

Данное положение в первую очередь относится к ТИ оборудования и паропроводов высоких и сверхвысоких параметров, а также к котельным обмуровкам, где большинство широко распространенных теплоизоляционных материалов работает при температурах, являющихся для них предельными.

Учитывая, что каждый процент превышения норм тепловых потерь эквивалентен перерасходу примерно 300 кг условного топлива в год на 1 МВт установленной мощности, затраты на содержание ТИ в надлежащем состоянии, а значит и систематический контроль, безусловно окупаются Применение для контроля теплоизоляции термощупов и измерителей тепловых потоков, (тепломер Шмидта, тепломер ОРГРЭС типа ИТП-2), основано на прямом контактном измерении, что не всегда представляется возможным в реальных условиях производства, из-за невозможности доступа к месту измерения (нагромождение труб, балок и т д) Применение тепловизионной (бесконтактной) измерительной системы позволяет снизить трудоемкость работ по контролю, за состоянием ТИ, с увеличением площади измерения, недоступной для контактных приборов.

Испытания ТИ имеют следующие основные цели:

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

Во всех случаях производится проверка соответствия ТИ установленным нормам потерь тепла через ТИ и температура 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.

Объект испытаний.

Испытаниям подлежит ТИ основного и вспомогательного оборудования и трубопроводов с температурой теплоносителя выше 100 °С. Нормы тепловых потерь, принятые при проектировании ТИ, а также принятую температуру поверхности изоляции. (Согласно Нормам и ПТЭ Р.4 п.п. 4.3.30; 4 9.11) при температуре воздуха в помещении 25 °С, температура на поверхности ТИ не должна превышать 45°С при температуре теплоносителя равной или меньше 500°С, при температуре теплоносителя 501-600°С температура. на поверхности ТИ не должна превышать 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.

Из-за сложности и разнообразия оборудования электростанций, до начала испытаний, все паропроводы и оборудование необходимо разбить на отдельные группы.

Котельный цех. Испытаниям подвергается ТИ трубопроводов питательной воды, водоперепускные трубы в пределах котла, 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;

Турбинный цех. Испытаниям подвергается ТИ турбины, паропроводов свежего и вторично перегретого пара, парапускных паропроводов от стопорных и регулирующих клапанов до ЦВД турбины, трубопроводы питательной воды и конденсата, подогреватели, деаэраторы и др.

Поскольку удельные теплопотери и температура на поверхности ТИ нормируются в зависимости от температуры окружающего воздуха, во время испытаний должны производится измерения температуры окружающего воздуха вблизи мест измерений (0,8-1,5 метра от точки измерения удельных потерь тепла).

Измерительные приборы.

Для измерения температуры поверхностей ТИ применяется тепловизор с параметрами не хуже.

Диапазон измеряемых температур ..... -20 -1500 °С

Чувствительность (не хуже).....0,1°С

Разрешающая способность .....0,1°С

Применение тепловизоров возможно и для оценки тепловых потерь ТИ (при компьютерном анализе с использованием соответствующего программного обеспечения), однако сначала необходимо провести дополнительную работу по сравнению результатов измерений тепловых потоков, получаемых тепломерами и радиационных температур, измеренных тепловизионными системами

Для измерения линейных размеров ТИ применяются линейки металлические и рулетка общего назначения (ГОСТ 8 020-75). Толщина ТИ измеряется металлической линейкой при наличии свободных торцов или путем прокалывания ТИ толщиномером - заостренным стальным стержнем с нанесенными на нем мерными делениями через 5 мм.

Условия испытаний.

Тепловые испытания ТИ на вновь вводимом оборудовании проводятся через 750-1000 часов работы оборудования с нанесенной ТИ. Испытания (кроме снятия кривых охлаждения) проводятся при стационарной нагрузке котла, по возможности, близкой к номинальной, но не менее 60-70% от номинальной В случае останова котла в период испытаний до возобновления испытаний после пуска должно пройти не менее 3 суток, для достижения установившегося режима по температуре.

Снятие характеристик остывания производится после непрерывной работы энергоблока в течении не менее трех суток с нагрузкой не менее 80% от номинальной. В течении 5-6 часов перед остановом, температура свежего пара и пара промперегрева должна быть номинальной.

В период испытаний ежедневно до и после выполнения измерений следует производить запись производительности и основных параметров работы оборудования, а также вспомогательного оборудования, находящегося в работе (система пылеприготовления, подогреватели сетевой воды и т.п.).

Проведение испытаний.

Перед началом испытаний необходимо ознакомиться с проектом тепловой изоляции паропроводов и оборудования.

Необходимо уточнить и определить:

1.Схемы изоляции паропроводов и оборудования,

2.Конструкции ТИ для каждого изолированного объекта или участка;

3.Материалы, примененные для устройства ТИ;

4.Расчетные общие и удельные потери тепла через ТИ и температура на ее поверхности.

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. При внешнем осмотре ТИ отметить на схеме места с нарушенным покровным слоем, наличие разрушений ТИ (провисание, сползание) и другие видимые дефекты

На участках с недостаточной толщиной изоляции произвести измерения температуры на поверхности ТИ и окружающего воздуха

Обработка результатов испытаний.

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:

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

,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;

$$q_{25} = \frac{q_1 (t_T - 25)}{t_T - t_в} \qquad (2)$$

,где:

t_T - температура теплоносителя в изолированных объектах;

$t_в$ - температура окружающего воздуха, °С;

– температура поверхности ТИ при температуре окружающего воздуха 25°С - t_{TII}^{25} ,°С

$$q_{TII}^{25} = \frac{q_{25}}{q_1}(t_{TII} - t_B) + 25 \qquad (3)$$

где:

$t_{ТИ}$ - измеренная температура поверхности ТИ, °С

Данные температуры поверхности изоляции и окружающего воздуха пересчитываются на тепловой поток по формуле:

$$q = 1{,}66(T_{ТИ} - T_{В})^{\frac{1}{3}} + c'(T_{ТИ}^{4} - T_{В}^{4})10^{-4} \quad (4)$$

где

$T_{ТИ}$, $T_{В}$ - температура соответственно поверхности ТИ и окружающего воздуха, К;

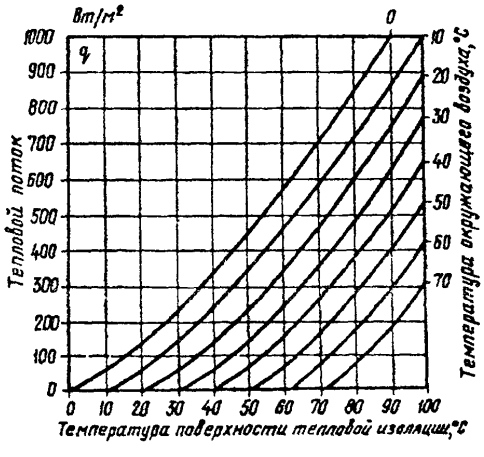
c' - коэффициент излучения, Вт/(м К);

с'=4,88 Вт./(м К) - для отштукатуренных, окрашенных и запыленных поверхностей ТИ;

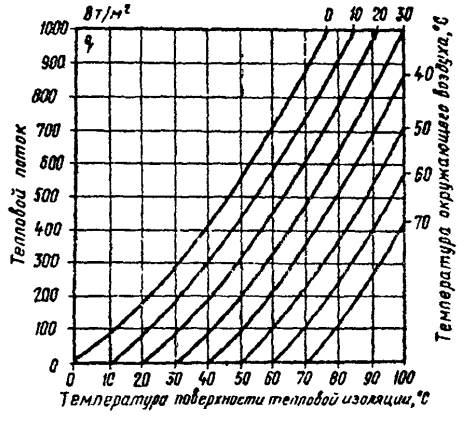
с'=2,67 Вт/(м К) - для алюминиевого покровного слоя ТИ.

Номограммы зависимости теплового потока от температуры поверхности обшивки при различной температуре окружающего воздуха.

Номограммы построены по формуле (4)



Номограмма для коэффициента излучения поверхности С=2,67 Вт/(м К)



Номограмма для коэффициента излучения поверхности С=4,88 Вт/(м К)

*Примечание:

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

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

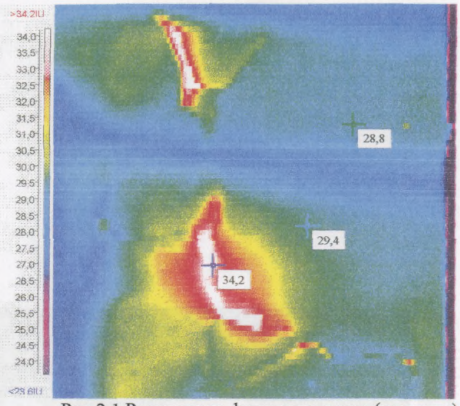


Рис.2.1 Разрушение футеровки котла (трещина)
(калибровка шкалы в инструментальных единицах)

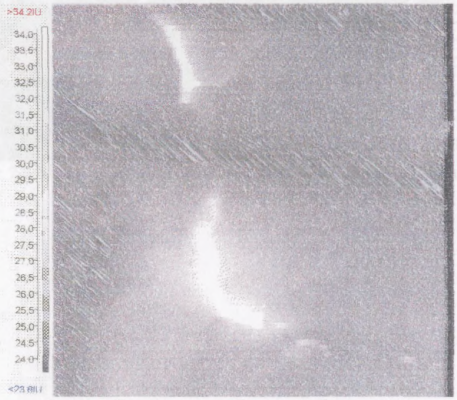


Рис.2.2 То же в черно-белом изображении
(калибровка шкалы в инструментальных единицах)

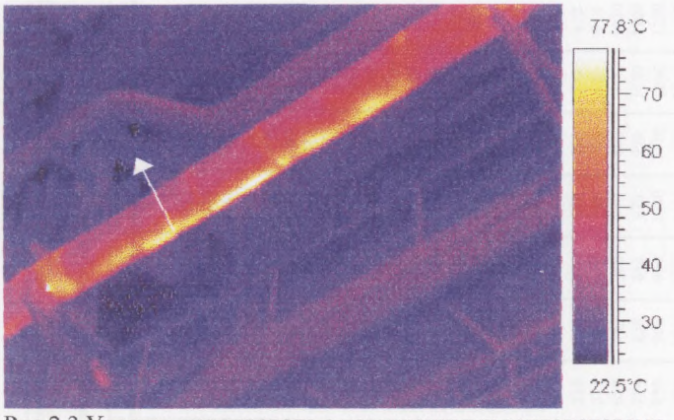


Рис.2.3 Участок паропровода с повышенными теплопотерями.

Таблица 2.1

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	400	410	450	500	510	540	550	570	600	610	650
10	7	12	16	22	27	29	37	42	48	59	72	74	84	86	98	111	114	123	125	131	140	144	155
20	8	15	21	27	33	35	45	52	58	72	87	90	102	105	118	133	137	148	150	158	168	173	186
32	11	18	26	33	40	42	53	60	68	84	101	104	118	122	135	154	158	170	173	181	193	198	213
48	13	22	30	38	46	49	62	70	79	97	117	120	135	140	155	178	180	193	198	206	220	226	242
57	14	23	33	41	49	52	66	76	84	102	124	128	144	149	165	187	192	206	209	219	233	240	257
76	16	27	37	47	56	59	75	85	94	115	138	143	162	166	184	204	211	229	234	245	260	263	283
89	17	29	40	50	60	64	80	91	101	123	149	153	172	178	197	221	227	243	247	259	274	282	302
108	21	33	44	56	66	71	88	100	111	134	162	166	187	193	213	240	247	263	268	279	297	304	325
133	24	37	50	63	74	79	99	111	122	150	179	184	206	212	234	263	270	287	293	306	332	332	355
159	27	42	56	69	83	87	108	121	135	165	195	200	225	231	254	287	295	312	318	332	355	362	390
194	32	49	64	78	93	98	121	136	150	185	216	222	249	255	284	315	322	343	349	364	385	394	420
219	36	53	70	85	100	106	130	145	161	197	231	237	264	272	299	334	342	364	371	386	407	418	445
273	42	59	79	97	113	119	145	163	179	216	252	259	289	297	326	363	372	395	401	419	440	448	477
325	50	72	91	108	128	135	163	183	199	235	273	280	316	325	359	400	409	435	441	459	484	496	528
377	57	77	100	122	141	151	181	201	220	259	298	305	342	353	393	436	445	472	480	499	525	540	573
426	65	85	104	125	148	157	192	215	238	285	328	337	378	389	425	469	481	508	517	536	566	577	614
478	70	97	121	150	170	181	218	241	265	312	361	369	408	420	456	505	517	545	553	576	607	614	660
530	82	107	133	160	184	195	234	261	283	336	387	396	441	448	489	542	551	583	592	615	646	663	701
630	94	120	148	177	204	215	260	290	318	374	430	440	501	513	558	615	627	660	671	694	727	740	782
720	97	132	166	197	228	240	292	325	356	424	490	502	548	564	614	675	689	725	736	761	795	810	856
820	100	137	175	213	250	267	326	365	402	475	550	562	618	631	687	754	769	807	820	845	885	897	950
920	104	145	190	234	276	293	360	404	445	528	610	625	690	705	772	852	869	920	932	965	1010	1030	1090
1020	140	183	225	270	314	332	404	445	488	573	659	677	745	763	830	914	932	982	1000	1030	1080	1100	1160
1220	194	240	285	330	375	394	467	515	559	650	743	760	840	860	935	1030	1050	1110	1130	1160	1220	1240	1310
1420	240	297	347	397	446	465	548	600	650	754	858	883	970	990	1080	1190	1220	1280	1310	1350	1420	1440	1530
1620	270	325	380	440	495	520	612	673	730	850	965	990	1080	1110	1200	1320	1340	1410	1440	1490	1560	1580	1680
1820	300	360	425	487	550	577	675	737	800	930	1050	1080	1180	1200	1310	1430	1450	1530	1550	1600	1680	1710	1800
2020	330	400	470	539	605	633	738	806	880	1020	1150	1180	1280	1310	1420	1550	1580	1660	1690	1740	1820	1850	1960
Плоская стенка*	32	42	52	63	76	85	98	109	120	138	156	160	175	178	194	210	214	223	227	235	245	248	262

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

Таблица 2.2

Нормы потерь 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	400	410	450	500	510	540	550	570	600	610	650
10	11	16	23	28	33	35	45	50	55	66	76	79	89	91	100	110	111	118	120	124	130	132	140
20	13	21	27	34	40	43	53	60	67	81	93	96	107	110	120	133	136	144	146	151	159	161	172
32	16	23	31	38	46	50	62	70	78	92	109	112	125	128	140	155	158	167	170	176	185	190	200
48	20	30	38	46	55	59	73	82	91	109	126	130	144	148	162	179	183	193	197	204	215	218	231
57	21	32	42	51	60	64	78	88	97	116	135	138	154	156	172	191	195	206	210	217	228	232	246
76	24	34	45	56	67	70	87	98	109	129	151	155	172	176	193	215	219	231	235	244	257	260	277
89	27	40	51	62	73	77	94	106	117	139	161	166	183	187	206	229	233	247	251	260	273	278	296
108	30	43	54	68	80	84	103	115	127	151	175	180	200	204	223	247	252	266	272	280	295	300	318
133	36	50	64	77	90	95	115	124	141	168	194	199	220	225	246	273	277	294	299	309	325	330	350
159	40	52	65	83	98	103	125	140	154	182	212	218	240	245	269	300	304	320	326	338	355	361	385
194	46	63	78	94	110	115	141	157	172	203	234	241	265	270	297	328	335	355	360	374	392	400	424
219	52	69	85	102	119	125	150	167	183	216	250	257	283	289	316	350	356	377	383	363	417	424	450
273	57	76	93	111	130	136	165	183	202	238	274	281	310	313	347	383	390	413	420	435	457	465	494
325	65	85	105	125	146	154	185	205	226	266	305	313	345	353	385	425	434	458	466	482	507	514	547
377	70	94	115	137	159	166	200	223	245	289	333	341	378	385	422	467	475	503	511	530	557	565	600
426	77	102	125	149	172	181	219	243	267	314	362	372	409	420	460	508	518	541	556	575	604	615	653
478	90	115	140	165	190	200	241	266	291	341	391	400	440	450	491	543	552	583	592	613	643	653	693
530	95	122	150	178	205	216	260	287	315	370	424	435	478	489	531	585	596	627	638	660	691	702	744
630	108	140	170	203	233	246	296	332	357	419	481	494	543	555	605	666	678	714	726	750	787	799	848
720	121	155	188	222	257	270	323	357	390	457	523	536	589	602	655	720	733	772	785	811	850	863	913
820	143	182	220	257	296	310	372	417	447	522	597	611	670	682	744	817	832	875	890	918	962	976	1030
920	165	205	246	290	332	348	415	466	500	585	671	688	756	775	842	926	943	995	1010	1040	1090	1110	1170
1020	190	238	282	330	375	393	467	524	561	655	750	767	841	860	936	1030	1050	1110	1110	1160	1220	1240	1310
1220	216	272	325	382	434	455	542	595	652	761	871	894	983	1000	1080	1190	1210	1270	1290	1330	1390	1410	1490
1420	234	292	351	410	467	490	584	643	701	816	931	954	1050	1070	1150	1270	1290	1360	1380	1420	1490	1510	1600
1620	273	335	395	455	517	540	638	695	757	877	995	1020	1110	1130	1230	1340	1360	1440	1460	1500	1570	1590	1680
1820	313	377	444	508	574	598	702	766	831	958	1080	1110	1200	1230	1330	1450	1417	1540	1570	1610	1680	1710	1810
2020	331	400	474	543	613	640	751	824	891	1030	1170	1200	1300	1330	1440	1570	1600	1680	1710	1760	1850	1880	1980
Плоская стенка*	38	49	58	69	80	83	100	110	120	138	157	160	175	178	192	209	213	223	227	233	243	247	260

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

Раздел 3. Обследование поверхностей нагрева паровых и водогрейных котлов.

Общие положения.

1.1 Поверхностью нагрева стационарного котла в соответствии с ГОСТ 23172-78 называется элемент котла, необходимый для передачи теплоты рабочей среде или воздуху.

1.2 Материалы из которых изготовлены поверхности нагрева, выбраны с учетом параметров внутренней и внешней сред, в зависимости от условий их работы.

1.3 Трубы поверхностей нагрева, трубопроводов и коллекторов работают в тяжёлых условиях. К их качеству предъявляются высокие требования, так как от этого в значительной степени зависит надёжность работы котла.

1.4 Обследование поверхностей нагрева выполняется организацией, имеющей лицензированных специалистов в области тепловидения. Основанием для привлечения специализированной организации являются ПТЭ электрических станций и сетей Российской федерации, РФ 34.20.501-95, изд. 1996 года (П.4.3.23) и местная инструкция, регламентирующая график периодичности очистки поверхностей нагрева.

1.5 Основное внимание при обследовании уделяется, как визуальному осмотру поверхностей нагрева на предмет выявления видимых нарушений, так и тепловизионной съёмке, осуществляемой в зонах прямой видимости труб поверхностей нагрева котла.

Подготовка к термографическому обследованию и выбор измерительных приборов.

2.1 Определяются порядок и начальная точка осмотра и съемки труб поверхностей нагрева.

2.2 Выбирается способ маркировки забракованных участков труб (мел, уголёк и т.п.).

2.3 Изучаются (если проводились) предыдущие обследования поверхностей нагрева и периодичность их очистки.

2.4 Выбор тепловизора определяется компактностью и сравнительно невысокими требованиями по его разрешающей способности. Например можно порекомендовать тепловизор на пировидиконе с чувствительностью 1°С, что существенно скажется на сниже-

нии стоимости данной работы ввиду использования недорогой модели тепловизионной камеры.

2.5 Использование пирометра, крайне затруднит выполнение работы из-за неоправданного увеличения времени осмотра. Чтобы уменьшить потери по времени рекомендуется, в крайнем случае, использовать пирометр с лазерным целеуказателем.

Проведение обследования.

3.1 Визуальный осмотр совмещается с тепловизионной съёмкой труб поверхностей нагрева котла на участках их прямой видимости, (желательна, но необязательна запись термографической картинки на видеомагнитофон или дискету для последующего создания архивной базы), на выведенном из работы котле.

3.2 Тепловизионный контроль забитости труб паровых и водогрейных котлов проводится как на стадии завершения капитального или среднего ремонта, так и до него.

3.3 Для проведения тепловизионного обследования обеспечивается подача тёплой воды (40-60°С) через поверхности нагрева котла.

3.4 В процессе термографии маркируются (отмечаются) участки забитых труб и помечаются дефекты, выявленные при визуальном осмотре (рекомендуется запись на видеокамеру с привязкой к месту дефекта).

3.5 Осмотр производится с участием ответственного представителя электростанции для пояснений и фиксации выявленных дефектов.

3.6 Результаты осмотра оформляются совместным актом, в котором перечисляются обнаруженные дефекты и при срочной необходимости, определяются мероприятия по их устранению.

3.7 При проведении тепловизионного и визуального обследования труб поверхностей нагрева котла необходимо строго выполнять правила техники безопасности.

Анализ материалов обследования труб поверхностей нагрева котла.

4.1 После проведения осмотра и сбора различной информации, производится анализ всех полученных материалов, выявление возможных причин повреждений и оценка их влияния на состояние труб поверхностей нагрева.

4.2 При визуальном осмотре выявляются следующие группы дефектов:

- дефекты производства труб металлургического происхождения (плёны, закаты, трещины и т.п.);

– дефекты термической обработки (коррозия, окалинообразования и т.д.);
– технологические дефекты, возникающие при изготовлении, монтаже и ремонте котла (гофры на гнутых участках труб, утонение стенок, вмятины, задиры и т.д.);
– наружные загрязнения поверхностей нагрева (сажа, шлакозоловые отложения и т.п.).

4.3 Забитость или частичная проходимость труб поверхностей нагрева определяется при помощи тепловизора, который даёт термограмму рис.№ 3-1, где тёмный и серый цвет (холодный) соответствует непроходимости трубок, соответственно белый (горячий) указывает на нормальное состояние данного участка поверхности нагрева. Забитость трубок определяется следующими внутренними «загрязнениями»:



Рис. 3.1
Термограмма труб поверхностей нагрева котла.

– послемонтажная загрязнённость поверхности котла из-за отложения на ней оксидов железа;
– загрязнённость сварочным гратом, песком, землёй и другими посторонними предметами;
– эксплуатационная загрязнённость внутренней поверхности котла из-за отложений в виде кальциевых соединений и оксидов железа.

4.4 Тепловизионный контроль труб поверхностей нагрева котла не даёт однозначного толкования характера внутренних отложений (необходимы последующие лабораторные исследования), но позволяет получить общую картину состояния поверхностей нагрева котла в зонах возможного визуального осмотра.

4.5 Для устранения обнаруженных дефектов и дальнейшего исключения (замедления) их развития рекомендуется поддержка оптимальных режимов работы котла и применение механизированных систем комплексной очистки (паровые, воздушные или водяные аппараты, устройства импульсной очистки, виброочистки, дробеочистки и др.). Предназначенные

для этого устройства, а также средства дистанционного и автоматического управления ими должны быть в постоянной готовности к действию.

4.6 Тепловизионный контроль труб поверхностей нагрева котла рекомендуется проводить всякий раз, когда котёл выводиться из работы, ввиду небольших экономических затрат и важности данного метода, что позволяет получить достоверную информацию на текущий момент времени с накоплением и использованием её в последующих ремонтных работах и эксплуатационных режимах.

Раздел 4. Дымовые трубы.

Общие положения.

1.1 Обследование дымовой трубы производится с целью изучения ее состояния в процессе эксплуатации. Определяется необходимость проведения ремонта и его объем, необходимость осуществления реконструкции, с целью устранения или предотвращения процессов, оказывающих вредное влияние на несущую способность и долговечность трубы.

1.2 Обследование дымовой трубы выполняется организацией, имеющей лицензированных специалистов в области тепловидения. Основанием для привлечения специализированной организации, являются ПТЭ электрических станций и сетей Российской Федерации, РФ 34.20.501-95, изд.1996 года, (п.2.2.6. "Дымовые трубы электростанций и газоходы должны подвергаться наружному осмотру один раз в год -весной. Внутреннее обследование дымовых труб должно производиться через 5 лет после их ввода в эксплуатацию, а в дальнейшем по мере необходимости, но не реже 1 раза в 15 лет. Внутреннее обследование труб с кирпичной и монолитной футеровкой, может быть заменено тепловизионным, с частотой обследования не реже 1 раза в 5 лет, ("Инструкция по эксплуатации железобетонных дымовых труб и газоходов на тепловых электростанциях" и "Инструкция по эксплуатации металлических дымовых труб на тепловых электростанциях" - обе СЦНТИ ОРГРЭС, 1970).

1.3 Основное внимание при обследовании уделяется, как визуальному осмотру состояния трубы с земли с помощью бинокля, так и тепловизионной съемке, осуществляемой как минимум с трех точек (Рис.4.1) по всей высоте трубы и по всему периметру с последующей записью на видеомагнитофон (либо другой носитель информации) с последующей обработкой результатов термографирования на компьютере.

Подготовка к визуальному и термографическому обследованию дымовой трубы.

2.1 Определение наиболее удобных точек съемки и осмотра дымовой трубы.

2.2 Перед выполнением работы необходимо провести ознакомление с технической документацией (паспортом) дымовой трубы.

2.5 Изучаются предыдущие обследования дымовой трубы и сведения о проведенных ремонтах.

2.3 Съемка и осмотр дымовой трубы должны проводиться в пасмурный день (либо в ночное время), максимально исключая, влияние солнечной радиации.

Проведение обследования.

3.1 Обследование дымовой трубы производится для выявления дефектов, появившихся при возведении трубы и ее эксплуатации. При этом определяются характер и размеры дефектов, анализируются причины их возникновения, а также устанавливаются (ориентировочно) время их появления и возможность дальнейшего развития. При обследовании дымовой трубы одновременно производится осмотр подсоединенных к ней газоходов.

3.2 Перед обследованием дымовой трубы необходимо ознакомиться с имеющейся на нее документацией:

3.2.1 с проектом трубы для ознакомления с ее общей конструкцией и отдельными элементами, примененными материалами,

3.2.2 с документацией по строительству трубы- для ознакомления с изменениями, внесенными в проект во время строительства, условиями строительства, периодом возведения "зима, лето" и другими особенностями;

3.2.3 с условиями эксплуатации трубы для оценки влияния эксплуатационных факторов на развитие дефектов.

3.3. При обследовании дымовой трубы производится запись термографической картинки на видеомагнитофон или дискеты для последующего анализа изображения.

3.4. Основное внимание при обследовании трубы уделяется ее несущим конструкциям: фундаменту или опорной части, стволу, футеровке, растяжкам и анкерным устройствам и т. д. а также повреждениям, обнаруженным при ранее проведенных осмотрах.

3.5. Осмотр наружной поверхности вначале производится с помощью бинокля для установления крупных дефектов.

3.6. При осмотре наружной поверхности железобетонной трубы выявляются: места открытой арматуры и места с прогибами вертикальной арматуры, вертикальные и горизонтальные трещины, выпученные места в защитном слое бетона, отслоения и сколы бетона, отслоения крупного заполнителя или арматуры от цементного камня, наличие крупнопористого бетона, места течей и другие дефекты. При этом внимательно осматриваются швы бетонирования и сохранность маркеровочной окраски поверхности.

3.7. При осмотре поверхности металлической дымовой трубы устанавливаются места повреждений вследствие дефектов конструкции, некачественного монтажа, обширной коррозии с наружной стороны.

3.8. При осмотре наружной поверхности кирпичной дымовой трубы выявляются трещины, места разрушения кладки от попеременного замораживания и оттаивания или выкрашивания кирпича и прочие дефекты.

3.9. Осмотры дымовой трубы производятся с участием ответственного представителя электростанции для пояснений и фиксации выявленных дефектов.

3.10. Тепловизионная съёмка дымовой трубы проводится с расстояния 80-100 метров с применением объектива 7 градусов по кадрам, с последующим их монтажом при компьютерной обработке. Увеличение расстояния при съёмке трубы, а так же неблагоприятные погодные условия приводят к искажению температурного поля и как следствие к невозможности качественного определения температурных аномалий на поверхности трубы. На Рис.4.1 приведена схема расположения оператора при съемке.

3.11. Результаты осмотра трубы оформляются совместным актом, в котором перечисляются обнаруженные дефекты и, при срочной необходимости, определяются мероприятия по их устранению с указанием сроков.

3.12. При проведении обследования необходимо строго выполнять правила техники безопасности.

Обработка материалов тепловизионной съемки дымовой трубы.

4.1. Тепловизионная съемка дымовой трубы тепловизором (предпочтительно 8-12 μм) с разрешающей способностью не менее 0,1 °С.

4.2. Обработка результатов термографирования осуществляется на компьютере, по специальной программе с определением реального температурного поля по всей поверхности трубы и выявления аномальных температурных зон.

4.3. Распечатка термограмм выполняется на цветном принтере в цвете, либо в серых полутонах, где каждому цвету или оттенку соответствует своя температура.

Отдельные термограммы монтируются между собой так, чтобы получить общую термограмму по высоте трубы, (Рис 4.2).

Расчет температуры поверхности дымовой трубы.

Для оценки состояния дымовой трубы проводятся теплотехнические расчеты, позволяющие оценить аномалии, выявленные при инфракрасном контроле. При этом конечная цель расчетов сводится к определению температур на наружной поверхности ствола трубы, исходя из предположения соответствия конструкции дымовой трубы проектной, сравнение их с температурой аномальных участков (обнаруженных с помощью тепловизора) и определение воз-

можных причин этого несоответствия. Применительно к дымовым трубам, искомая температура наружной поверхности определяется по формуле:

$$t_н = t_п + (t_г - t_о) * \frac{R_н}{R_о}$$

,где

$t_{iп}$ – температура i–го слоя стенки, °С;

$t_г$ – температура уходящих дымовых газов, °С;

$t_о$ – температура наружного воздуха, °С;

$R_н$ – термическое сопротивление теплоотдаче со стороны окружающего воздуха, $\frac{м^2°С}{Вт}$;

$R_о$ – суммарное термическое сопротивление, $\frac{м^2°С}{Вт}$;

$$R_н = \frac{1}{\alpha_н}$$

,где

$\alpha_н$ – коэффициент теплоотдачи от наружной поверхности к окружающему воздуху, $\frac{Вт}{м^2°С}$;

$$\alpha_н = 6{,}3\ (к\ V_о)^{0.66}$$

,где

$кV_о$ – скорость ветра на уровне соответствующей отметки с учетом высоты, м/с;

$$R_о = R_г + \sum R + R_н$$

$R_г$ –сопротивление теплоотдаче от дымовых газов к футеровке, $\frac{м^2°С}{Вт}$;

$$R_г = \frac{1}{\alpha_г}$$

,где

$\alpha_г$ – коэффициент теплоотдачи от дымовых газов к футеровке, зависящей от скорости дымовых газов, их состава и других факторов, $\frac{Вт}{м^2°С}$;

ΣR – общее термическое сопротивление всех конструктивных слоев дымовой трубы, $\frac{м^2°С}{Вт}$;

$$\sum R = \frac{\delta}{\lambda}$$

,где

λ – коэффициент теплопроводности конструктивного слоя, $\frac{Вт}{м^2°С}$;

δ - толщина конструктивного слоя, м.

Анализ материалов обследования дымовой трубы. Составление отчета.

5.1. После проведения осмотров, сбора различных сведений, выполнения необходимых измерений и расчетов, производится анализ всех полученных материалов, выявление причин повреждений, оценка их влияния на состояние трубы, ее несущую способность и долговечность.

5.2. В отчете излагаются результаты обследования, даются выводы о состоянии трубы, причинах появления дефектов и повреждений, даются рекомендации по улучшению состояния трубы и обеспечению ее долговечности, приводятся мероприятия по наблюдению за ее состоянием и улучшению эксплуатации.

5.3. При анализе характера температурной аномалии на поверхности трубы, полученной при инфракрасной съемке и по материалам визуального осмотра, используется информация, приведенная в Таблицах 4.1 и 4.2.

5.4 Не рекомендуется проводить тепловизионный контроль дымовых труб с вентзазором ввиду сглаженного температурного распределения по поверхности трубы

5.5. Тепловизионный контроль дымовых труб не дает однозначного толкования скрытых дефектов как внутренний осмотр трубы, но благодаря своей простоте и оперативности экономически целесообразен

5.6. Тепловизионный контроль дымовых труб позволяет при наличии дефекта прогнозировать его развитие и своевременно определить сроки внутреннего осмотра трубы.

5.7 В целях накопления определенного статистического материала, инфракрасный контроль состояния дымовых труб рекомендуется проводить ежегодно со снятием термограмм.

Таблица 4.1

Характеристика дефектов ствола железобетонной трубы.

Наименование	*Характеристика*	*Вид теплового поля на экране тепловизора. (труба под разряжением)*	*Вид теплового поля на экране тепловизора.(труба под избыточным давлением)*	*Визуальная картина.*
1	2	3	4	5
Подтеки конденсата	следы фильтрации влаги	темный участок	темный участок	следы конденсата
Дефектный шов	шов бетонирования с наличием крупнопорист. бетона и раковин	горизонтальная темная линия	горизонтальная светлая линия	следы разрушения бетона
Разрушающийся шов	шов бетонирования с признаками разрушения бетона, образованием каверн	горизонтальная темная линия	горизонтальная светлая линия	следы разрушения бетона
Обнаженная не прогнутая арматура	выход арматуры на поверхность	неоднородное температурное поле	неоднородное температурное поле	вид арматуры оценка количества вертикальных и горизонтальная стержней
Обнаженная прогнутая арматура	выход арматуры на поверхность при деформации ствола	неоднородное темное температурное поле	неоднородное светлое температурное поле	вид арматуры оценка количества вертикальных и горизонтальных стержней и их изогнутости
Шелушение	незначительное поверхностное разрушение бетона	небольшое изменение температурного поля в темную область	небольшое изменение температурного поля в светлую область	наличие отслаивания, каверн
Разрушение защитного слоя бетона	поверхностное разрушение бетона без обнажения арматуры	изменение температурного поля в темную область	изменение температурного поля в светлую область	нарушение защитного слоя
Отслаивание защитного слоя бетона	поверхностное разрушение или скол бетона с обнажением арматуры	темный участок	светлый участок	оценка количества вертикальных и горизонтальных стержней

(продолжение)

1	2	3	4	5
Сквозное разрушение	разрушение стенки ствола трубы на всю толщину	темная линия	светлая линия	оценка величины разрушения
Трещина	трещина на поверхности стенки	темная линия	светлая линия	оценка ширины раскрытия трещины
Волосяные трещины	трещины волосяные с небольшим раскрытием	небольшие изменения температурного поля в темную область	небольшие изменения температурного поля в светлую область	оценка величины области покрытой волосяными трещинами
Глубокое разрушение несущего ствола	разрушение стенки ствола, проникшее за расположение арматуры	в зависимости от глубины разрушения: темный, либо светлый участок	в зависимости от глубины разрушения- темный, либо светлый участок	оценка величины разрушения и количества деформированных вертикальных. и горизонтальных стержней
Пониженное сопротивление газопроницанию футеровки	дефект строительства	темный участок	темный участок	не наблюдается
Отсутствие теплоизоляции в прослойке между стволом и футеровкой	дефект строительства	светлый участок	светлый участок	не наблюдается
Зольные отложения	-	темный участок	-	-

Таблица 4.2

Характеристика дефектов ствола металлической дымовой трубы.

Наименование	*Характеристика*	*Вид теплового поля на экране тепловизора, труба под разряжением*	*Вид теплового поля на экране тепловизора, труба под избыточным давлением*	*Визуальная картина*
1	2	3	4	5
Сквозные разрушения	разрушение стенки ствола от коррозии на всю толщину	темная линия	светлая линия	оценка величины разрушения
Разрушающийся шов	сварной шов, разрушающийся от коррозии	изменение температурного поля в темную область	изменение температурного поля в светлую область	оценка величины и площади коррозии
Точечная коррозия	область точечной коррозии на поверхности ствола	пятнистое изменение температурного поля	пятнистое изменение температурного поля	оценка области коррозии
Коррозия сплошная	область сплошной коррозии	изменение температурного поля в данной области	изменение температурного поля в данной области	оценка величины области коррозии

ПРИЛОЖЕНИЕ 4

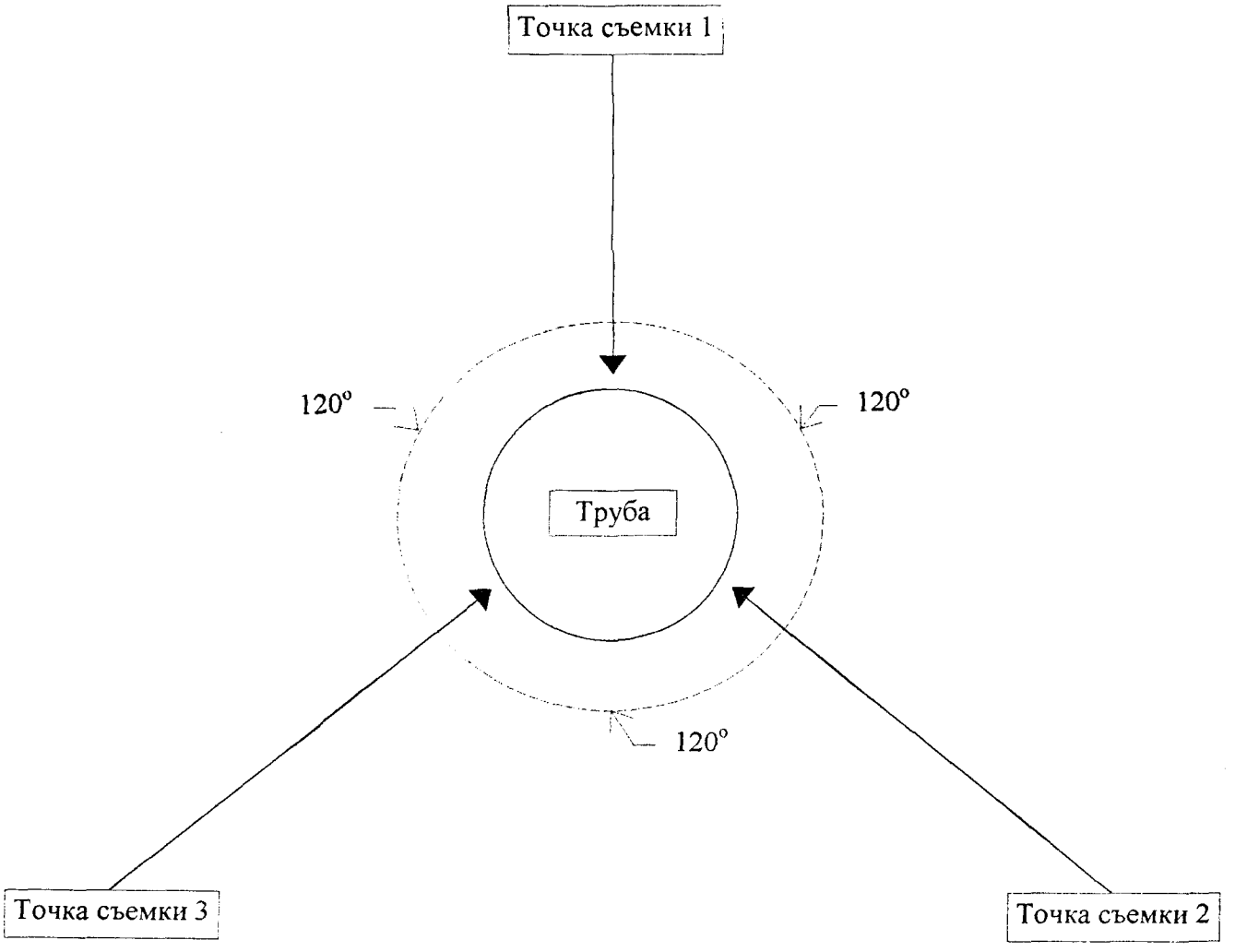
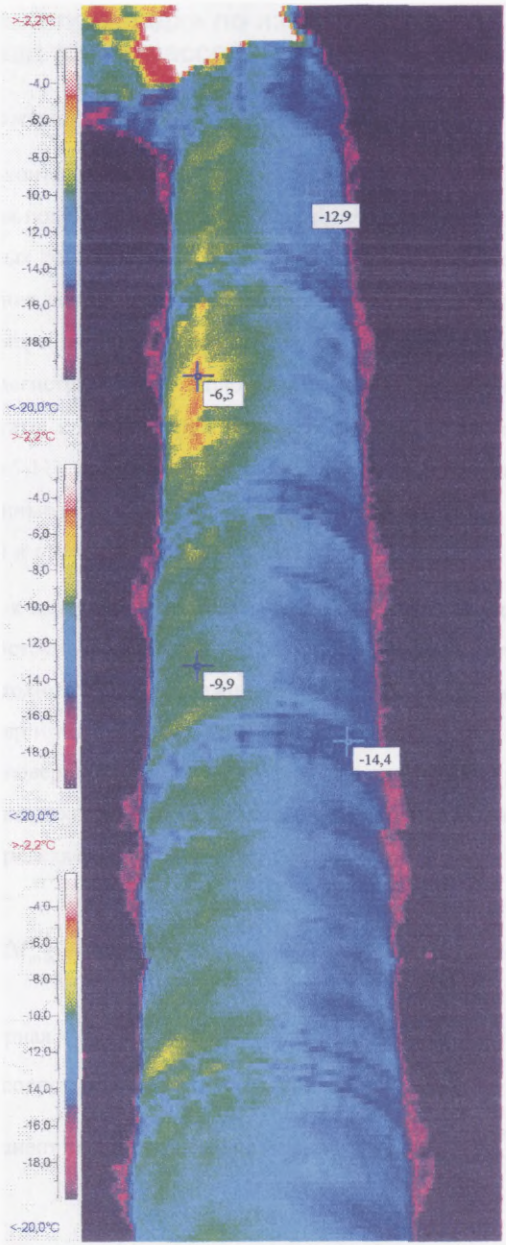


Рис.4.1 Схема тепловизионной съемки дымовой трубы.



Фрагмент верхней части железобетонной дымовой трубы. Н=180 м

Раздел 5. Тепловые сети. Определение состояния тепловых сетей подземной прокладки по известной температуре поверхности грунта над теплотрассой.

Общие положения.

I. Метод контроля состояния подземных тепловых сетей основан на дистанционном измерении полей температур на поверхности грунта над теплотрассой, и сравнении, измеренных температур, с расчетными, полученными методом математического моделирования, нарушений теплового режима сетей и дефектов.

II. Для измерения поверхностных температур грунта используются тепловизионные системы, регистрирующие тепловое излучение в длинноволновом диапазоне (8-12 μм). Результаты контроля предоставляются в виде цветных термограмм (Приложение 5 Рис.5.8-5.11), и графиков распределения температур над поверхностью теплотрассы, полученные методом математического моделирования.

Подготовка к измерениям.

1. Подготовка к измерениям должна начинаться с изучения участка тепловой сети: типа прокладки, конструкции изоляции, ее состояния и т.д. При этом используются паспортные данные, исполнительные чертежи, отчетность теплосети, осмотр участка с вскрытием тепловых камер и т.п. Результаты могут быть представлены в форме Таблицы 5.5.
2. Измерения поверхностных температур грунта производят при перепаде температур между наружным воздухом и водой в тепловой сети, превышающим минимально допустимый перепад, определяемый по формуле:

$$\Delta t_{\min} = \vartheta R \frac{\alpha \overline{R_0}}{1 - \overline{R_0}} \qquad (1)$$

где:

ϑ - температурная чувствительность тепловизора, °С;

R - проектное сопротивление теплопередачи, $м^2 \frac{^\circ C}{Bm}$;

α - коэффициент теплоотдачи на поверхности грунта, $м^2 \frac{Bm}{^\circ C}$, принимается по формуле:

$$\alpha = \beta \sqrt{v} \left(6 + \frac{6{,}2}{v^2} \right)$$

где

v- скорость ветра, м/с ; β - коэффициент, принимаемый для грунта равным 1,2 для асфальта 1,4;

$\overline{R}_{\text{д}}$ - относительное сопротивление теплопередаче подлежащего выявлению дефектного участка, принимаемое равным отношению значения, требуемого нормативно-технической документацией, к проектному значению сопротивления теплопередаче, но не более 0,85

3. Измерения поверхностных температур грунта производят при режиме теплопередачи близком к стационарному. Отклонение фактического режима от стационарного оценивается, согласно расчетам, приведенным в Приложении 5.
4. Измерения производятся при отсутствии атмосферных осадков, тумана, задымленности. Обследуемая поверхность не должна находиться в зоне прямого или отраженного солнечного облучения. Учитывая изменения радиационного баланса Земли, измерение поверхностных температур грунта лучше всего производить за 2-3 часа до восхода Солнца.
5. Обследуемая поверхность грунта не должна иметь резких локальных изменений, следов травяного покрова, воды.
6. При проведении измерений приборы устанавливают так, чтобы поверхность грунта находилась в прямой видимости под углом зрения не менее 60°.
7. При проведении измерений поверхностных температур грунта над теплотрассой необходимо учитывать влияние на температурное поле прокладки соседних инженерных сетей, отапливаемых подвалов зданий. тепловых камер и др.

Проведение измерений.

1. Тепловизионные измерения поверхностных температур грунта над теплотрассой производятся в соответствии с инструкциями по эксплуатации этих приборов.
2. При проведении тепловизионных и пирометрических измерений поверхностных температур грунта производятся также измерения температур воды в тепловой сети и параметров окружающей среды.
3. Результаты измерений заносятся в журнал записи измерений по форме, приведенной в Таблице 5.6.
4. Сопротивление теплопередаче базового участка тепловой сети определяется по данным натурных измерений или согласно нормативно-технической документации по проекту участка сети.

Обработка результатов.

1. Обработка результатов заключается в сравнении измеренной максимальной температуры поверхности грунта над теплотрассой с расчетной максимальной температурой поверхности грунта для данного участка.

2. Максимальная расчетная температура поверхности грунта над теплотрассой для данного участка сети определяется по данным натурных измерений или согласно нормативно-технической документации по проекту участка сети.

3. Расчет максимальной температуры поверхности грунта может производиться нормативным методом с использованием персональных компьютеров или упрощенным методом.

4. Данные обработки результатов могут быть представлены в форме, см. Таблицу 5.7.

Методика расчета максимальной температуры поверхности грунта над теплотрассой. Нормативный метод.

Таблица 5.1

Обозначения.

№ №	Физическая величина	Обозначения в расчете	Единица измерения
1	Коэффициент теплоотдачи от поверхности грунта к воздуху	α	Вт/м^{2}К
2	Коэффициент теплоотдачи от наружной поверхности тепловой изоляции к воздуху в канале поверхности грунта к воздуху	$\alpha_н$	Вт/м^{2}К
3	Коэффициент теплоотдачи от воздуха к внутренней поверхности канала	$\alpha_к$	Вт/м^{2}К
4	Коэффициент теплопроводности тепловой изоляции, где $\bar{t}$ - средняя температура теплоизоляционного слоя, °С	$\lambda_{из} = a + b\bar{t}$	Вт/мК
5	Коэффициент	"a"	-
6	Коэффициент	"b"	-
7	Коэффициент теплопроводности грунта	$\lambda_р$	Вт/мК
8	Коэффициент теплопроводности стен канала	-	
9	Коэффициент теплопроводности покровного слоя теплоизоляционной конструкции	-	
10	Толщина теплоизоляционного слоя подающего теплопровода	$\delta_{из}$	м
11	Толщина теплоизоляционного слоя обратного теплопровода	-	м
12	Толщина покровного слоя теплоизоляционной конструкции	-	м
13	Толщина стен канала	-	м
14	Глубина заложения оси теплопровода	-	м
15	Ширина канала канального теплопровода	-	м
16	Высота канала, расстояние между осями труб	h, h`	м
17	Наружный диаметр труб	$d_н$	м
18	Температура теплоносителя в подающем теплопроводе	τ_1	°С
19	То же, в обратном теплопроводе	τ_2	°С
20	Температура наружного воздуха	t_0	°С
21	Температура воздуха в канале	$t_к$	°С
22	Температура поверхности грунта над теплопроводом	$t_п$	°С
23	Суммарные тепловые потери	-	Вт/м
24	Теплопотери подающего теплопровода	-	Вт/м
25	Теплопотери обратного теплопровода	-	Вт/м
26	Коэффициент формы	κ	-
27	Эквивалентный диаметр канала канального теплопровода	$d_э$	-
28	Зона действия теплопровода	-	-
29	Форма вывода результатов расчета	-	-
30	Точность расчетов	-	-
31	Число отрезков зоны действия теплопровода	-	-
32	Локальные тепловые потери	-	Вт/м
34	Текущая координата x	-	-
35	Разность температур поверхности грунта и наружного воздуха	-	-

Методика расчета максимальной температуры поверхности грунта над теплотрассой при канальной прокладке тепловой сети.

Основные расчетные зависимости.

Термическое сопротивление основного слоя теплоизоляционной конструкции подающего теплопровода:

$$R_{и1} = (1 / 2\pi\lambda_{и1}) L\, n(d_{и1} / d_{н1})$$

Термическое сопротивление защитного покрытия теплоизоляционной конструкции подающего теплопровода:

$$R_{п1} = (1 / 2\pi\lambda_{п}) L\, n(d_{п1} / d_{и1})$$

Термическое сопротивление поверхности теплоизоляционной конструкции подающего теплопровода:

$$R_{н1} = 1/(\pi d_{п1}\alpha)$$

Термическое сопротивление основного слоя теплоизоляционной конструкции обратного теплопровода:

$$R_{и2} = (1/2\pi\lambda_{и2})\, Ln\, (\alpha_{и2}/\alpha_{н2})$$

Термическое сопротивление защитного покрытия теплоизоляционной конструкции обратного теплопровода:

$$R_{п2} = (1/2\pi\lambda_{п})\, Ln\, (\alpha_{п2}/\alpha_{и2})$$

Термическое сопротивление поверхности теплоизоляционной конструкции обратного теплопровода:

$$R_{н2} = 1/(\pi d_{п2}\alpha)$$

Термическое сопротивление внутренней поверхности канала:

$$R_{пк} = 1/(\pi d_{эв}\alpha)$$

Термическое сопротивление стен канала:

$$R_{к} = (1/2\pi\lambda_{к}) Ln(d_{эн}/d_{эв})$$

Термическое сопротивление грунта:

$$R_{г} = (1/2\pi\lambda_{г})\left[\ln\left(2h_{п}/d_{эн} + \sqrt{4(h_{п}^2/d_{эн}^2) - 1}\right)\right]$$

Суммарное термическое сопротивление теплоизоляционных конструкций подающего и обратного теплопроводов:

$$R_1 = R_{и1} + R_{п1} + R_{н1}\ ;\ R_2 = R_{и2} + R_{п2} + R_{н2}$$

Температура воздуха в канале:

$$t_к = \frac{\frac{\tau_1}{R_1} + \frac{\tau_2}{R_2} + \frac{t_0}{R_{к0}}}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_{к0}}}$$

где $R_{к0} = R_{пк} + R_к + R_г$

Тепловые потери подающего и обратного теплопроводов:

$$q_1=(\tau_1-t_к)/R_1 ; q_2=(\tau_2-t_к)/R_2$$

Температура в любой точке с координатами "x", "y" рассчитывается по формуле:

$$t_п = t_0 + (t_к - t_0)\frac{\left(\frac{1}{2\pi\lambda_г}\right)\ln\sqrt{\frac{\left[x^2+(y+h_п)^2\right]}{\left[x^2+(y-h)^2\right]}}}{R_{к0}}$$

Методика расчета максимальной температуры поверхности грунта над теплотрассой при бесканальной прокладке тепловой сети.

Основные расчетные зависимости.

Термическое сопротивление основного слоя теплоизоляционной конструкции подающего теплопровода

$$R_{и1}=(1/2\pi\lambda_{и1})\ln(d_{и1}/d_{н1})$$

Термическое сопротивление защитного покрытия теплоизоляционной конструкции подающего теплопровода:

$$R_{п1}=(1/2\pi\lambda_{п})\ln(d_{п1}/d_{и1})$$

Термическое сопротивление основного слоя теплоизоляционной конструкции обратного теплопровода

$$R_{и2}=(1/2\pi\lambda_{и2})\ln(d_{и2}/d_{п2})$$

Термическое сопротивление защитного покрытия теплоизоляционной конструкции обратного теплопровода:

$$R_{п2}=(1/2\pi\lambda_{п})\ln(d_{п2}/d_{и2})$$

Термическое сопротивление грунта:

$$R_{г}=(1/2\pi\lambda_{г})\left[\ln(2h_n/d_n+\sqrt{4\left(h_n^2/d_n^2\right)-1})\right]$$

Фактор термического сопротивления взаимного влияния теплопроводов:

$$R_{1,2}=\ln\sqrt{1+\left[\frac{4h_n^2}{(в)}\right]^2}\Big/2\pi\lambda_{г}$$

Суммарное термическое сопротивление подающего и обратного теплопроводов:

$$R_1=R_{и1}+R_{п1}+R_{г};\ R_2=R_{и2}+R_{п2}+R_{г}$$

Тепловые потери подающего и обратного теплопроводов:

$$q_1=\frac{(\tau_1-t_0)R_2-(\tau_2-t_0)R_{1,2}}{R_1R_2-R_{1,2}^2}$$

$$q_2 = \frac{(\tau_2 - t_0)R_1 - (\tau_1 - t_0)R_{12}}{R_1 R_2 - R_{12}^2}$$

Температура в любой точке температурного поля с коэффициентами x, y определяется:

$$t_n = t_0 + \left(q_1 / 2\pi\lambda_r\right) \ln \sqrt{\left[x^2 + (y + h_n)^2\right] / \left[x^2 + (y - h)^2\right]} + \left(q_2 / 2\pi\lambda_r\right) \ln \sqrt{\left[(x - b)^2 + (y + h)^2\right] / \left[(x - b)^2 + (y - h)^2\right]}$$

Методика расчета максимальной температуры поверхности грунта над теплотрассой. Упрощенный метод.

1. Методика расчета максимальной температуры поверхности грунта над теплотрассой при канальной прокладке тепловой сети.

Максимальная температура поверхности грунта над канальным теплопроводом, t_n, °С, определяется по формуле:

$$t_n = \frac{t_к + Bi + t_0}{Bi + 1} \quad (1)$$

где:

$t_к$ - температура воздуха в канале, °С, определяется по графикам, Рис.5.2, 5.3 с учетом поправочных коэффициентов, Таблицы 5.3

Bi - критерий Био, определяется по формуле $Bi = \alpha h_1 / \lambda_р$

где α- коэффициент теплоотдачи на поверхности грунта, Вт/м^2°С, определяется по формуле:

$\alpha = \beta\sqrt{v}(6 + \frac{6,2}{\sqrt{v}})$, в которой v - скорость ветра над поверхностью грунта м/с;

β - коэффициент, принимаемый для грунта 1,2, для асфальта 1,4;

h_1 - расстояние от поверхности грунта до внутренней поверхности перекрытия канала;

$\lambda_р$ - коэффициент теплопроводности грунта, Вт/м°С, принимаемый по Таблице 5.8 в зависимости от характеристики грунта;

t_0 - температура наружного воздуха, °С

Расчетная схема канального теплопровода
Упрощенный метод расчета

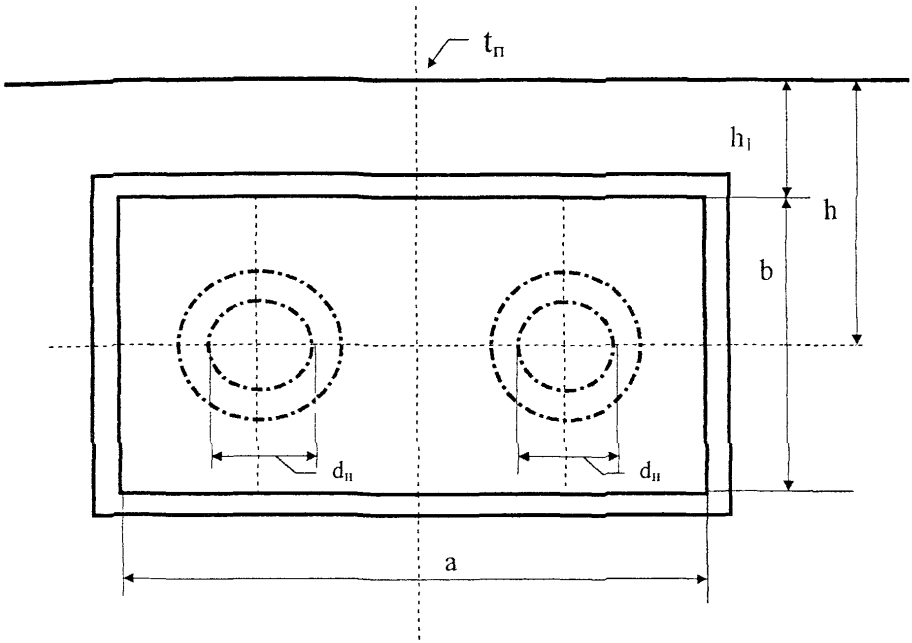


Рис 5 1

Таблица 5.2

Геометрические характеристики двухтрубного канального теплопровода

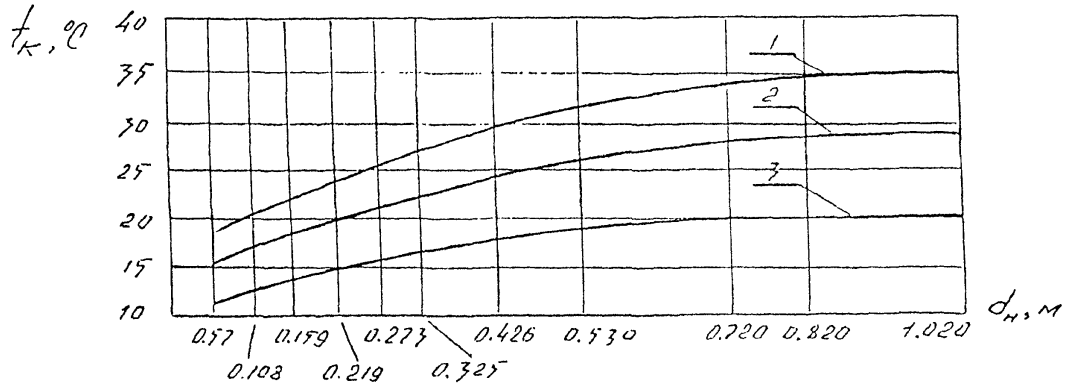
Наружный диаметр, dн, м	Внутренние размеры канала		Эквивалентный диаметр канала, м $d_э = \frac{2(a+в)}{\pi}$	a/b	Величина отношения глубины заложения оси теплопровода к высоте канала, h/в, при h равной, м			
	ширина, а, м	высота, в, м			1,5	1,8	2,0	2,5
0,159	0,90	0,45	0,96	2,0	3,30	4,00	4,45	5,60
0,219	1,20	0,60	1,15	2,0	2,50	3,00	3,30	4,20
0,273	1,20	0,60	1,15	2,0	2,50	3,00	3,30	4,20
0,325	1,50	0,90	1,53	1,7	1,70	2,00	2,20	2,80
0,426	1,50	0,90	1,53	1,7	1,70	2,00	2,20	2,80
0,530	2,10	0,90	1,91	2,3	1,70	2,00	2,20	2,80
0,720	2,10	1,20	2,10	1,7	1,25	1,50	1,80	2,10
0,820	3,00	1,20	2,67	2,5	1,25	1,50	1,70	2,10
1,020	3,60	1,80	3,42	2,0	0,80	1,00	1,15	1,40

Таблица 5.3

Поправочные коэффициенты к значениям $t_к$ в зависимости от средних температур окружающей среды

Наружный диаметр, dн, м	Коэффициенты к значениям $t_к$ в зависимости от средних температур окружающей среды, t_0		
	t_0=0 °С	t_0=5 °С	t_0=10 °С
0,032-0,089	0,83	1,0	1,20
1,108-0,159	0,87	1,0	1,15
0,219-0,325	0,91	1,0	1,10
0,426-0,530	0,95	1,0	1,05
0,720-1,020	0,97	1,0	1,03

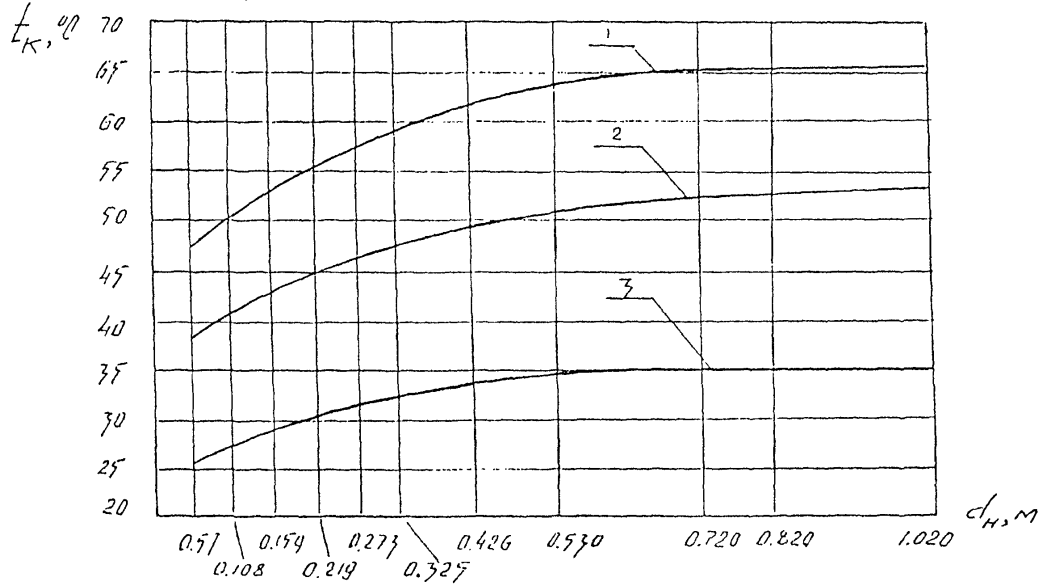
Расчетные значения температур воздуха в канале $t_к$, °С для двухтрубного теплопровода в зависимости от диаметра $d_н$, м и температур теплоносителя τ_1 и τ_2 при температуре окружающей среды $t_о = 5$ °С, глубине заложения оси теплопровода $h = 1.8$ м, теплоизоляционной конструкции из минераловатных изделий толщиной $\delta_{из} = 0.06$ м и $\lambda_{гр} = 1.5$ Вт/м·К



I – τ_1 = 100 °С, τ_2 = 50 °С
2 – τ_1 = 80 °С, τ_2 = 40 °С
3 – τ_1 = 50 °С, τ_2 = 30 °С

Рис.5.2

Расчетные значения температур воздуха в канале $t_к$, °С для двухтрубного теплопровода в зависимости от диаметра $d_н$, м и температур теплоносителя τ_1 и τ_2 при температуре окружающей среды $t_н = 5$°С, глубине заложения оси теплопровода $h = 1.8$ м, коэффициенте теплопроводности грунта $\lambda_{гр} = 1{,}5$ Вт/м·К и отсутствии (разрушении) теплоизоляции на обоих теплопроводах



I – $\tau_1 = 100$ °С, $\tau_2 = 50$ °С
2 – $\tau_1 = 80$ °С, $\tau_2 = 40$ °С
3 – $\tau_1 = 50$ °С, $\tau_2 = 30$ °С

Рис. 5.3

2. Методика расчета максимальной температуры поверхности грунта над теплотрассой при бесканальной прокладке тепловой сети.

Максимальная температура поверхности грунта над бесканальным теплопроводом, t_n, °С, определяется по формуле:

$$t_n = \frac{t_{из} + Bi + t_0}{Bi + 1} \quad (2)$$

где:

$t_{из}$ - температура наружной поверхности, °С, тепловой изоляции диаметром $d_n = d_m + 2\delta_{из}$, м, принимается, с учетом данных Таблицы 5.4, по графикам Рис.5.5, 5.6, 5.7 в зависимости от материала теплоизоляционной конструкции;

Bi - критерий Био, определяется по формуле $Bi = \alpha h_1 \lambda_{.p}$

где α- коэффициент теплоотдачи на поверхности грунта, Вт/м^2°С, определяется по формуле:

$\alpha = \beta\sqrt{v}(6 + \frac{6{,}2}{v})$, в которой v - скорость ветра над поверхностью грунта м/с;

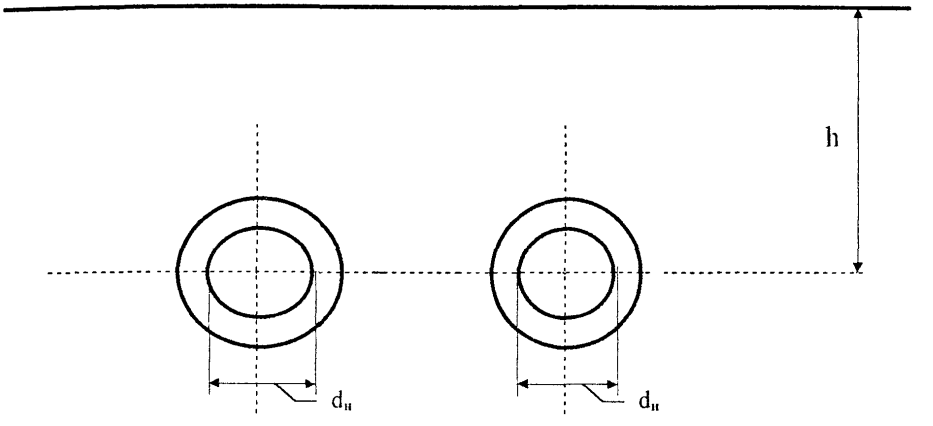
β - коэффициент, принимаемый для грунта 1,2, для асфальта 1,4;

h_1 - расстояние от поверхности грунта до наружной поверхности тепловой изоляции диаметром $d_п = d_т + 2\delta_{из}$, м;

$\lambda_{.p}$ - коэффициент теплопроводности грунта, Вт/м°С, принимаемый по Таблице 5.8 в зависимости от характеристики грунта;

t_0 - температура наружного воздуха, °С.

Расчетная схема бесканального теплопровода
Упрощенный метод расчета



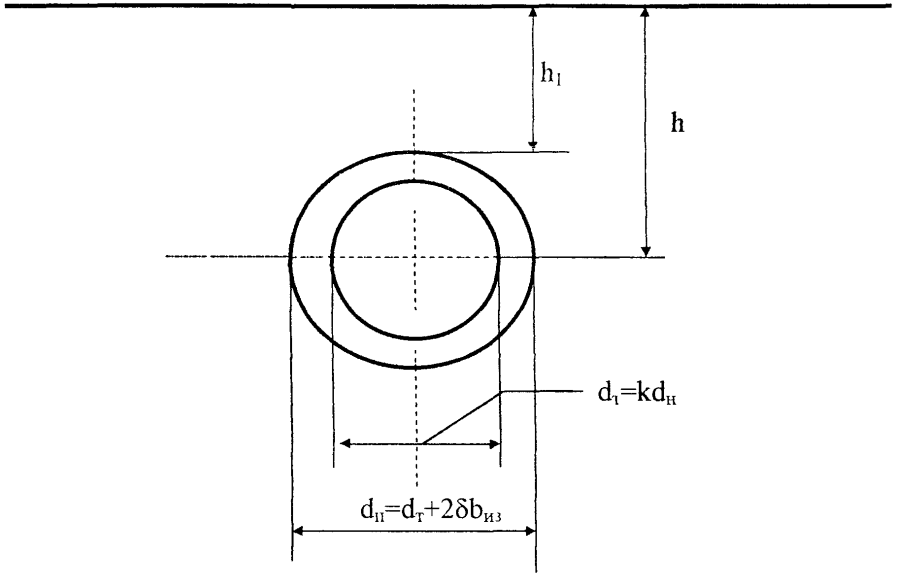


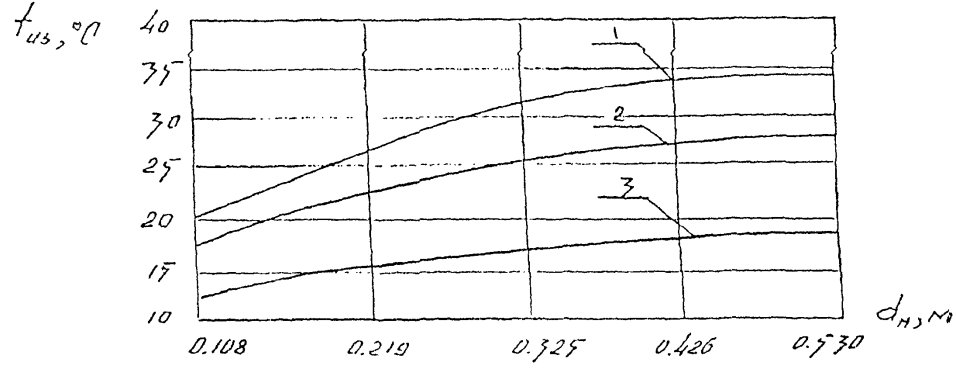
Рис 5 4

Таблица 5.4

Геометрические характеристики двухтрубного бесканального теплопровода

Наружный диаметр, $d_н$, м	Коэффициент формы, K	Эквивалентный диаметр $d_т$, $d_т=Kd_н$	Диаметр наружной поверхности тепловой изоляции, $d_п=d_т+2\delta_{из}$, м при толщине тепловой изоляции $\delta_{из}$, м			
			0,04	0,06	0,08	0,10
0,108	1,8	0,194	0,274	0,314	0,354	0,394
0,219	1,6	0,350	0,430	0,470	0,510	0,550
0,325	1,6	0,520	0,600	0,640	0,680	0,720
0,426	1,35	0,575	0,655	0,695	0,735	0,775
0,530	1,35	0,715	0,795	0,835	0,875	0,915

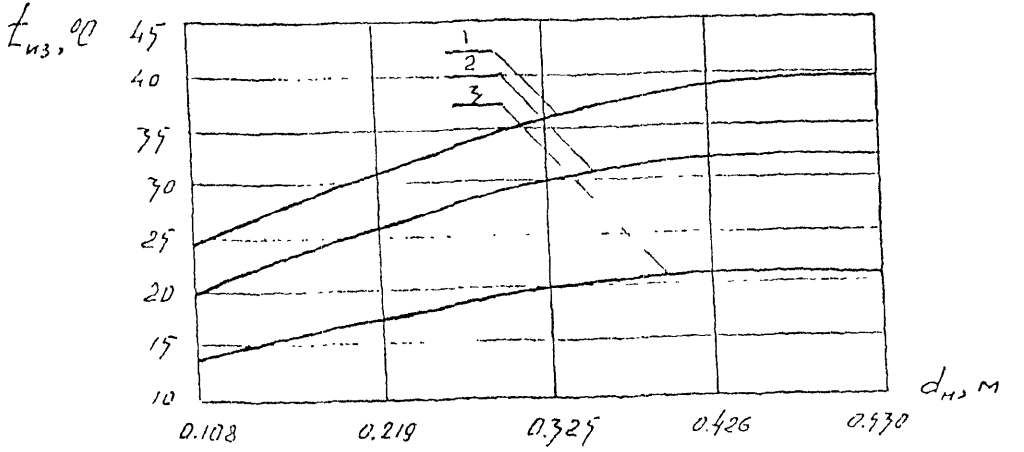
Расчетные значения температур наружной поверхности тепловой изоляции $t_{из}$ диаметром $d_н = d_т + 2\delta_{из}$, м в зависимости от диаметра $d_н$, м двухтрубного бесканального теплопровода и температуры теплоносителя в подающем трубопроводе τ_1 при температуре окружающей среды $t_о = 5^{0}C$, глубине заложения оси теплопровода $h = 1.5$ м, теплоизоляционной конструкции из минераловатных изделий $\delta_{из} = 0.06$ м и $\lambda_{гр} = 1.5$ Вт/м·К



I – τ_1 = 100 °C
2 – τ_1 = 80 °C
3 – τ_1 = 50 °C

Рис.5.5

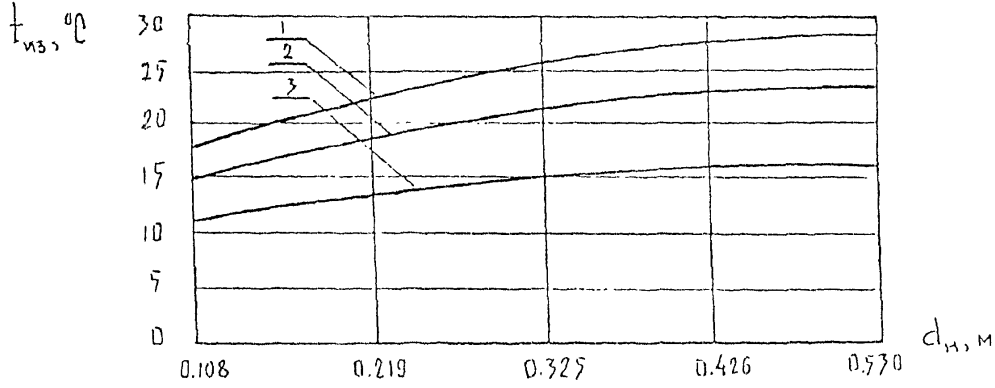
Расчетные значения температур наружной поверхности тепловой изоляции $t_{из}$, °С, диаметром $d_н = d_т + 2\,\delta_{из}$, м в зависимости от диаметра $d_н$, м двухтрубного бесканального теплопровода и температуры теплоносителя в подающем трубопроводе при температуре окружающей среды $t_с = 5$ °С, глубине заложения оси теплопровода $h = 1.5$ м, теплоизоляционной конструкции из армопенобетона и $\lambda_{гр} = 1.75$ Вт/м·К



I – $\tau_1 = 100$ °С
2 – $\tau_1 = 80$ °С
3 – $\tau_1 = 50$ °С

Рис.5.6

Расчетные значения температур наружной поверхности тепловой изоляции $t_{из}$, °С диаметром $d_п = d_т + 2\delta_{из}$, м в зависимости от диаметра $d_н$, м двухтрубного бесканального теплопровода и температуры теплоносителя в подающем трубопроводе τ_1 при температуре окружающей среды $t_о = 5$ °С, глубине заложения оси теплопровода $h = 1.5$ м, теплоизоляционной конструкции из фенольного поропласта $\delta_{из} = 0.08$ м и $\lambda_{ср} = 1.75$ Вт/м К



I – τ_1 = 100 °С
2 – τ_1 = 80 °С
3 – τ_1 = 50 °С

Рис.5.7

ПРИЛОЖЕНИЕ 5

Оценка отклонения режима теплопередачи от стационарного.

1. Оценку отклонения режима теплопередачи от стационарного производят по критерию допускаемой погрешности определения относительного сопротивления теплопередаче, которая не должна превышать 15%.
2. Оценка производится, используя данные об изменении температур воды в тепловой сети, данные о теплофизических характеристиках конструкции теплопровода и данные о теплофизических характеристиках возможных нарушений прокладки.
3. Минимальную длительность z_0 в сутках периода наблюдений за температурой воды в тепловой сети определяют по формуле:

$$Z_o = \frac{Z_1 D^2}{2\pi} \qquad (1)$$

где D - тепловая инерция строительной и теплоизоляционной конструкций теплопровода при периоде колебаний температуры воды, принимаемом равным 1 сут., округляя полученное при расчете значение в большую сторону до целого числа.

4. Оценку максимального значения относительной систематической погрешности определения относительного сопротивления теплопередаче δR_c, обусловленную нестационарностью процесса распространения тепла производят по формуле:

$$\delta \bar{R}_c = \frac{1}{\tau_{cp} - \tau_o}\left(1{,}8\left(\frac{z_0}{z_1} - 1\right)\Delta \bar{\tau} + A\left(\frac{R_\delta \alpha}{\vartheta g}\right)\right) \qquad (2)$$

где τ_{cp}, t_o - средние значения температур соответственно сетевой воды и наружного воздуха за период наблюдений, °С;

z_0, z_1 - то же, что в формуле (1) настоящего приложения;

$\Delta \tau$ - вариация среднесуточных температур сетевой воды, определяемая как разность между максимальными значениями среднесуточных температур сетевой воды за период предварительных наблюдений, °С;

A - амплитуда суточных колебаний температуры сетевой воды накануне тепловизионного контроля, определяемая как разность между максимальным и среднесуточным значениями температур сетевой воды, °С;

R_δ, R_c - сопротивление теплопередаче соответственно базового участка теплосети и и участка с нарушениями теплоизоляции, вычисляемое по нормативно-технической документации, $\frac{м^2 °С}{Вт}$;

ϑ_δ, ϑ_c - затухание амплитуды колебаний температуры сетевой воды относительно амплитуды колебаний температуры поверхности грунта над теплотрассой соответственно базового участка и участка с нарушениями теплоизоляции, вычисляемое по нормативно-технической документации;

α - коэффициент теплоотдачи поверхности грунта, принимаемый по нормативно-технической документации, $\frac{Вт}{м^2 °С}$.

Таблица 5.5

Характеристика участка тепловой сети

№ п/п	Место расположения участка	Дата, время	Наружный диаметр труб, м	Характеристика прокладки			Характеристика теплоизоляционной конструкции						Глубина заложения оси труб, м	Характеристика грунта		Примечание
							Основной слой			Покровный слой						
				Ширина, м	Высота, м	Расстояние между осями труб, м	Материал	Толщина, м	Коэффициент теплопроводности, Вт/м°С	Материал	Толщина, м	Коэффициент теплопроводности, Вт/м°С		Состав	Коэффициент теплопроводности, Вт/м°С	

Таблица 5.6

Журнал записи измерений

Номер участка	Место расположения участка	Дата, время	Температура воды в подающей линии тепловой сети, °С	Температура воды в обратной линии тепловой сети, °С	Температура наружного воздуха, °С	Скорость ветра, м с	Максимальная температура поверхности грунта над теплотрассой, °С	Примечание

Таблица 5.7

Результаты контроля

Номер участка	Место расположения участка	Максимальная измеренная температура поверхности грунта над теплотрассой, °С	Расчетные максимальные температуры поверхности грунта над теплотрассой, °С				Заключение о состоянии обследуемого участка
			Нормальный режим эксплуатации	Отсутствие (разрушение)	Затопление прокладки сетевой водой из подающего теплопровода	Затопление прокладки сетевой водой из подающего теплопровода и увлажнение грунта	
1	2	3	4	5	6	7	8

Таблиuа 5.8

Вид грунта	**Средняя плотность грунта кг/м^3**	**Степень влажности**	**Коэффициент теплопроводности, Вт/м °С**
1	2	3	4
Песчаные	1480	Влажный	0,86
	1600	Влажный	1,11
	1600	Влажный	1,92
	1600	Насыщенный водой	1,92
Суглинистые	1100	Маловлажный	0,71
	1100	Влажный	0,9
	1200	Маловлажный	0,83
	1200	Влажный	1,04
	1300	Маловлажный	0,98
	1300	Влажный	1,2
	1400	Маловлажный	1,12
	1400	Влажный	1,36
	1400	Влажный	1,63
	1500	Маловлажный	1,27
	1500	Влажный	1,56
	1500	Влажный	1,86
	1600	Маловлажный	1,45
	1600	Влажный Маловлаж-	1,78
	2000	ный	1,75
	2000	Влажный	2,56
	2000	Влажный	2,68
Глинистые	1000	Маловлажный	0,4
	1100	Маловлажный	0,69
	1100	Влажный	0,94
	1100	Насыщенный водой	1,0
	1200	Маловлажный	0,58
	1200	Маловлажный	0,85
	1200	Влажный	1,18
	1200	Насыщенный водой	1,5
	1300	Маловлажный	0,72
	1300	Влажный	1,08
	1300	Насыщенный водой	1,66
	1500	Маловлажный	1,0
	1500	Влажный	1,46
	1500	Насыщенный водой	2,0
	1600	Маловлажный	1,13
	1600	Влажный	1,93

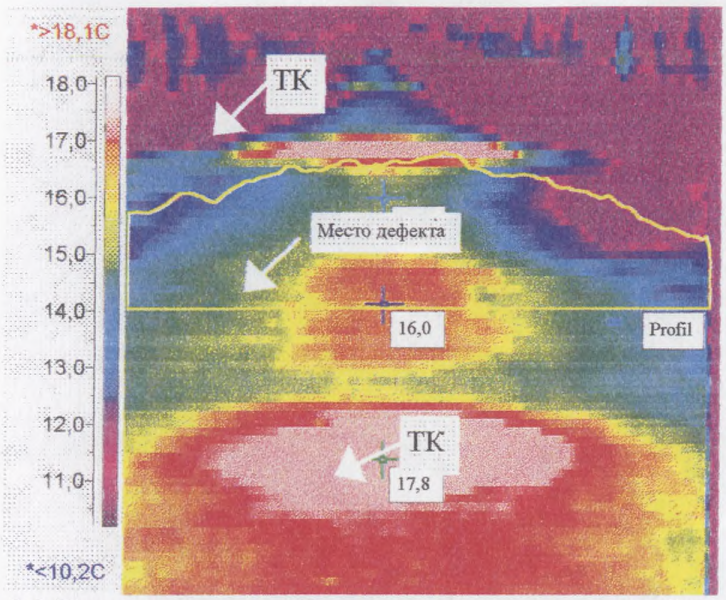


Рис. 5.8 Участок подземной теплотрассы с нарушенной изоляцией.

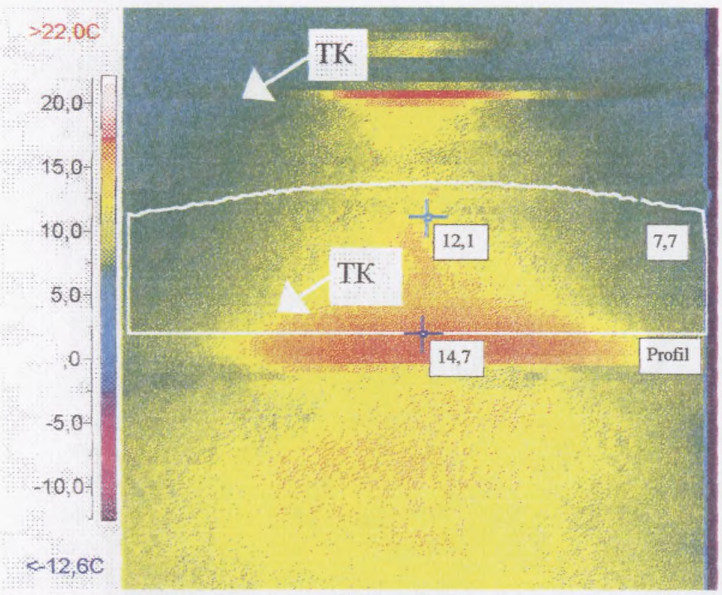


Рис. 5.9 Участок теплотрассы без дефектов

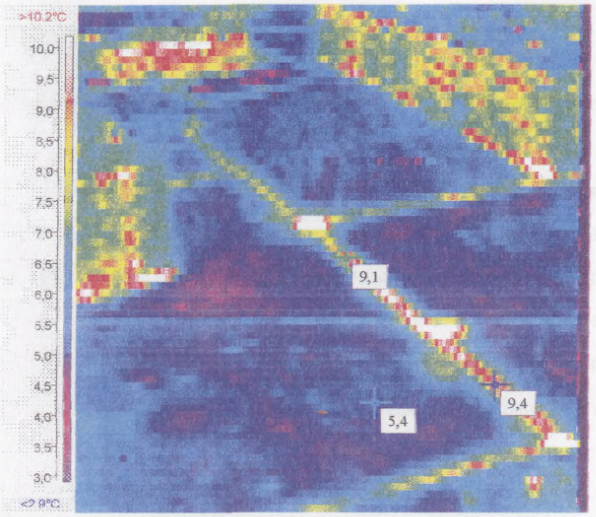


Рис. 5.10 Затопленный участок подземной теплотрассы (съемка с вертолета)

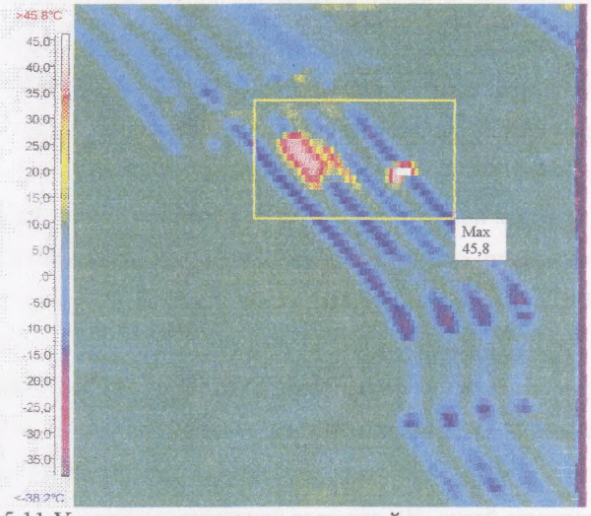


Рис. 5.11 Участок теплотрассы надземной прокладки с нарушением изоляции (Съемка с вертолета)

Раздел 6. Пруды охладители электростанций.

Тепловизионная диагностика состояния прудов-охладителей теплоэлектростанций.

Термография прудов- охладителей позволяет получить картину распределения температур по акватории. Это даёт возможность определения тепловых течений в водохранилищах, оценить эффективность охлаждения воды; выявления несанкционированных сбросов в водоём, влияющих на тепловой режим энергетического оборудования ТЭЦ. Так, повышение температуры воды, поступающей на конденсаторы турбин, на 1 °С по сравнению с расчётной для ТЭС мощностью 4 миллиона кВт вызывает перерасход топлива примерно на 25000 тонн в год.

Съёмка выполняется с борта вертолёта в два этапа:

- Объективом 20° производится по кадровая съёмка по периметру пруда с "привязкой" к береговым объектам, с высоты 200-300 м для установления распределения температур в местах сброса и забора циркуляционной воды, а также выявлению мест несанкционированных сбросов в водоём.
- Широкоугольным объективом 40° и более с высоты не менее 1000 метров с целью получения общей картины температурного распределения по поверхности пруда.

Если не удаётся разместить весь пруд в одном кадре, то производится съёмка по кадрам, для дальнейшего монтажа полной тепловизионной картины с помощью компьютерной программы обработки термоизображений. Желательно производить параллельную съёмку обычной видеокамерой с речевым комментарием для последующей "привязки" к наземным объектам. Следует иметь ввиду, что излучательная способность (ε) воды 0.96-0.98 при наблюдении по нормали к объекту. Поэтому желательно использование тепловизионных камер, позволяющих вести съёмку вертикально вниз, в интервале углов от 0 до 60 градусов. За пределами этих значений ε быстро уменьшается до нуля

(при наблюдении по касательной вода для ИК- лучей становится зеркалом).

При съёмки следует придерживаться следующих погодных условий :

- пасмурный день;
- отсутствие осадков и тумана;
- отсутствие ветра;
- чистая поверхность водоёма.

Тепловизионная аппаратура для термографии прудов-охладителей должна удовлетворять следующим условиям

- диапазон измеряемых температур от 0 до 50 °С ;

- предел температурной чувствительности не менее 0.5°С.
- диапазон рабочих температур от -10 до +50 °С ;
- использование объективов с углом зрения в диапазоне от 20 до 60 градусов[1];
- спектральный диапазон 8-12 мкм (применение камер со спектральным диапазоном 3-5 мкм может привести к искажению результата в следствие более сильного поглощения ИК-лучей атмосферой в этой области ИК- спектра);
- возможность записи термоизображения на видеомагнитофон, дискету, PCMCIA- карту;

Полученная информация обрабатывается на компьютере с целью получения температурной картины поверхности пруда-охладителя. На термограмме идентифицируются места сброса и забора циркуляционной воды, а также места несанкционированных сбросов, если таковые имеются.

После анализа полученной информации можно сделать вывод об эффективности охлаждения воды и степени влияния различных факторов, мешающих этому охлаждению. Изменение теплового режима пруда-охладителя, по результатам тепловизионной съёмки позволяет при снижении температуры циркуляционной воды повысить глубину вакуума в конденсаторе турбины, что даёт возможность увеличить мощность и соответственно КПД турбоустановки.

На рисунках 6.1, 6.2 (см. Приложение 6) показано место сброса циркуляционной воды, распределение температуры на поверхности пруда охладителя.

[1] Применение объектива с углом зрения менее 20 градусов неоправданно увеличит время съёмки, а с углом более 60 градусов - приведёт к искажению тепловой картины поверхности пруда.

ПРИЛОЖЕНИЕ 6

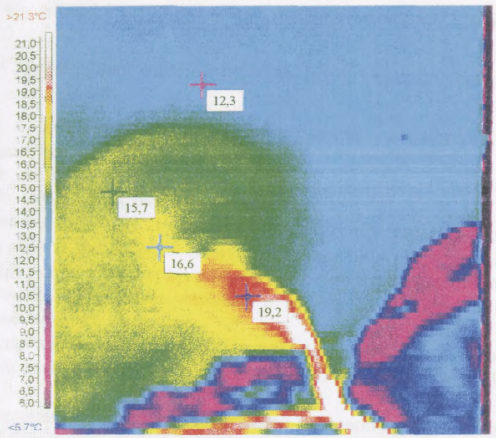


Рис. 6.1 Распределение температур на поверхности пруда охладителя ТЭЦ

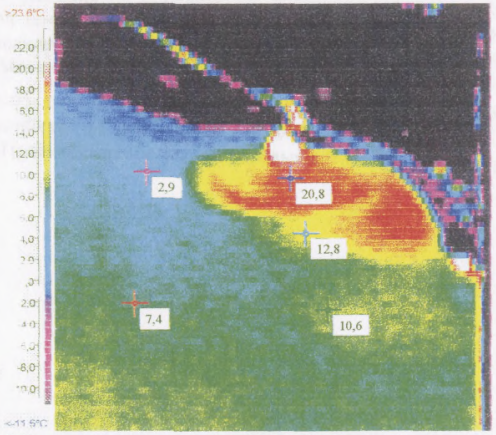


Рис.6.2 Распределение температур на поверхности пруда охладителя ТЭЦ

ЛИТЕРАТУРА.

1 ГОСТ 26629-85. Метод тепловизионного контроля качества теплоизоляции ограждающих конструкций.

2 СНиПII-3-79.Строительные нормы и правила. Нормы проектирования. Строительная теплотехника.

3. Ф.Х. Ялышев. Оптические методы контроля зданий и сооружений. Контроль качества теплозащиты. Ленинград, 1988 г.

4. Методические указания по испытанию тепловой изоляции оборудования и трубопроводов ТЭС. МУ 34-70-184-87 М., Союзтехэнерго, 1988.

5. Эксплуатационный циркуляр Ц-01-94 (Т) 06.05.94г «Организация контроля за состоянием и ремонт обмуровки и тепловой изоляции оборудования тепловых электростанций в целях снижений потерь тепла и температур поверхности до нормальных значений».

6. ОСТ 34 26.446-88. «Обмуровка паровых и водогрейных станционных котлов Общие технические требования».

7. Методика обследования дымовых труб тепловых электростанций визуальным способом и при помощи тепловизора. (Отчёт по договору 96-137-901-025 1кв. 1996 г) Москва, ОРГРЭС, ПЛИТ.

8. «Экспериментальные работы на действующей дымовой трубе по определению тепловых потерь при эксплуатационных режимах» (Отчёт по договору 96-162-900-025, 2 кв. 1996 г.) Москва. ОРГРЭС, ПЛИТ.

9. «Методические указания по определению состояния тепловых сетей подземной прокладки по известной температуре поверхности грунта над теплотрассой». Разработано Фирмой ОРГРЭС (Александров А.Н.) и Донской акционерной компанией (Иванов В В., Бабенков В.И., Дунин И.Л.), Москва, ОРГРЭС, 1991 г.

10. «РД 34.20.501-95 15-е издание Правила технической эксплуатации электрических станций и сетей Российской федерации. Москва, ОРГРЭС, 1996 г.

11. П.А. Баранов Предупреждение аварий паровых котлов Москва, Энергоатомиздат, 1991г.

gost.e-ecolog.ru