УТВЕРЖДАЮ

Генеральный директор
ООО «ВЕМО»
_____ Сучков В.И.
"02" июля 2001 г.

УТВЕРЖДАЮ

Генеральный директор
НПО Машиностроения
_____ Будадин О.Н.
"02" июля 2001 г.

СОГЛАСОВАНО

Начальник Управления
Государственного энергетического надзора по г. Москве
_____ Титов В.Л.
"02" июля 2001 г.

СОГЛАСОВАНО

Начальник Управления
Государственного энергетического надзора по Московской области
_____ Масленников Е.В.
"09" июля 2001 г.

От Госгортехнадзора России
Эксперт (удостоверение №196)
_____ Е.В.Абрамова
"02" июля 2001 г.

ВЕМО 04.00.00.000 ДМ (с изменением 15-2004 ИИ)

МЕТОДИКА

диагностики и энергетических обследований наружных ограждающих конструкций строительных сооружений тепловизионным бесконтактным методом

От ООО «ВЕМО»
_____ С.Н.Чуйченко
"02" июля 2001 г.

От НПО Машиностроения
_____ М.Н.Слитков
"02" июля 2001 г.

Методика аттестована в Госстандарте РФ, свидетельство об аттестации № 09/442-2001 от 09 июля 2001 г.

© Общество по внедрению передовых технологий ООО «ВЕМО»

2001 г.

gost.e-ecolog.ru

СОДЕРЖАНИЕ

1 Назначение методики 3
2 Условия измерений 7
3 Требования к погрешности измерений 10
4 Метод измерений 11
5 Требования к средствам измерений 12
6 Операции при подготовке к выполнению измерений; выполнение измерений; обработка результатов измерений 15
6.1 Операции при подготовке к выполнению измерений 15
6.2 Операции при выполнении измерений 17
6.3 Операции обработки и вычислений результатов измерений 19
6.4 Описание метода обработки информации 22
6.5 Операции вычислений результатов измерений с использованием программного обеспечения “WEMO Building” (для стен) и «ВЕМО» - “TERM” (для окон) 26
6.6 Результаты измерений 35
7 Нормативы, процедура и периодичность контроля погрешности результатов измерений 38
8 Требования к оформлению результатов измерений 39
9 Требования к квалификации операторов 40
10 Требования к обеспечению безопасности работ 41
Приложение 1. Комплектация системы «ВЕМО-2000» 42

1 Назначение методики

Данный документ регламентирует методику проведения энергетических обследований автоматизированным бесконтактным тепловизионным методом и технологию диагностики технического состояния наружных ограждающих конструкций зданий и других строительных сооружений в осенне-зимний период при наличии естественного температурного напора между наружным и внутренним воздухом, обусловленного работой системы отопления зданий.

Методика проведения теплотехнических обследований ограждающих конструкций зданий и сооружений автоматизированным бесконтактным тепловизионным методом определяет технологию и параметры контроля, расчет теплотехнических характеристик, выдачу протокола с результатами анализа проведенных обследований и численными значениями теплотехнических характеристик.

Методика дает возможность:

- проводить в реальном времени температурные бесконтактные натурные обследования поверхности ограждающей конструкции;
- проводить в реальном времени контактные измерения температур и тепловых потоков на обследуемой ограждающей конструкции;
- обнаружить скрытые дефекты строительства и определить сопротивление теплопередаче и другие теплотехнические характеристики ограждающих конструкций зданий и сооружений; а также частичные и общие теплопотери.
- по результатам проведения контроля определить соответствие качества ограждающих конструкций и строительных работ нормативной документации и дать рекомендации по изменению строительных технологий и изготовлению ограждающих конструкций, а также проведению ремонта скрытых дефектов строительства.

Автоматизированный бесконтактный тепловизионный контроль ограждающих конструкций зданий и сооружений включает в себя:

- регистрацию и запись в память компьютера изображений температурных полей поверхности обследуемых ограждающих конструкций зданий;
- определение площади ограждающих конструкций здания на основе проектной документации или при использовании прямых и косвенных (по термограмме при помощи маркера известных размеров) измерений;
- измерение и запись в компьютер параметров окружающей среды и другой необходимой информации для проведения расчетов теплотехнических параметров;
- выявление зон теплотехнических неоднородностей ограждающих конструкций (стеновых панелей, перекрытий, заполнений стыков и

оконных блоков, обнаружение скрытых дефектов строительства);

- определение с необходимой точностью на основе зарегистрированных температурных полей и других вспомогательных параметров внутренней и наружной поверхностей ограждающей конструкции, а также окружающей среды, количественных значений теплотехнических характеристик, в том числе сопротивления теплопередаче;
- определение приведенного сопротивления теплопередаче в реальных условиях эксплуатации зданий для заполнения энергетического паспорта здания в графе «по результатам натурных обследований»;
- составление протокола результатов проведенных исследований.

Обработка результатов обследования проводится на основе анализа проектно-конструкторской документации с использованием компьютерного блока на базе персонального компьютера.

Рекомендуется, чтобы компьютер, используемый для анализа термограмм, проведения расчетов и формирования электронной версии отчета по результатам теплового контроля, удовлетворял следующим требованиям:

оперативная память — не менее 256 Мб;
объем жесткого диска — не менее 10 Гб;
видеокарта с памятью не менее 32 Мб.

Обнаружение скрытых дефектов основано на использовании принципа сравнения текущей зоны контроля с реперной (бездефектной) зоной и определение ее теплотехнических характеристик. Реперная зона указывается из технологических соображений и определяется в ходе тепловизионного осмотра, например, путем оценки сопротивления теплопередаче (см. ГОСТ 26629-85 "Метод тепловизионного контроля качества. Теплоизоляция ограждающих конструкций") по глади стены при отсутствии мостиков тепла-холода.

Определение приведенного сопротивления теплопередаче и теплопотерь осуществляют согласно СНиП II-3-79* “Строительная теплотехника”, ГОСТ 26254-84 «Здания и сооружения. Методы определения сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций» и МГСН 2.01-99 «Энергосбережение в зданиях. Нормативы по теплозащите и тепловодоэлектроснабжению». При этом определяют сопротивление теплопередаче в реперной зоне, наилучшим образом описывающей ограждающую конструкцию, путем решения обратной задачи нестационарной теплопроводности для реальных натурных условий эксплуатации здания или строительного сооружения по результатам контактных измерений за период 4-7 суток, а затем по результатам тепловизионного контроля рассчитывают приведенное сопротивление теплопередаче.

Выявляемые дефекты строительных конструкций и определяемые теплотехнические и вспомогательные характеристики

Выявляемые дефекты:

* места протечек воздуха и воды;
* мостики тепла и холода, обусловленные некачественной технологией и некорректными архитектурными и строительными решениями;
* дефектные панели ограждающих конструкций (нарушения толщины и расстановки утеплителя, адсорбция влаги в утеплителе, завышение объемного веса керамзитобетона, оседание утеплителя, скол края панели);
* отслоение штукатурки, облицовки и других покрытий;
* некачественное исполнение многослойных конструкций с теплоизоляцией.

Определяемые теплотехнические и вспомогательные характеристики:

* значение давления насыщенных водяных паров при температуре среды (мм.рт.ст.);
* парциальное давление водяных паров, находящихся во влажном воздухе (мм.рт.ст.);
* температура “точки росы” (град.С);
* влагосодержание (кг. влаги/кг. сух.воздуха);
* массовая концентрация влаги;
* массовая концентрация сухого воздуха;
* изобарная удельная теплоемкость (Дж/кг К);
* молекулярная масса (кг/моль);
* газовая постоянная (Дж /кг К);
* плотность влажного воздуха (кг /куб.м);
* коэффициент теплопроводности влажного воздуха (Вт/м К);
* коэффициент динамической вязкости влажного воздуха (Кг/м С);
* температурные напоры (TWC-TC) (град. С) в расчетных точках;
* коэффициенты конвективной теплоотдачи в расчетных точках (Вт/кв.м К)
* коэффициенты лучистой теплоотдачи в расчетных точках (Вт/кв.м К);
* коэффициенты суммарной теплоотдачи в расчетных точках (Вт/кв.м К)
* величины плотности тепловых потоков в расчетных точках (Вт/кв.м)
* суммарные термические сопротивления теплопередаче в расчетных точках (кв.м. К/Вт);
* эффективные теплофизические параметры (теплопроводность, теплоемкость, плотность) слоев ограждающей конструкции в выделенной области;

* приведенное сопротивление теплопередаче стены в выделенной области (кв.м х К/Вт);
* приведенное сопротивление теплопередаче окна в выделенной области (кв.м х К/Вт);
* приведенный коэффициент теплообмена в выделенной области (Вт/ кв.м. х К);
* суммарная площадь выделенной области (кв.м);
* мощность теплопотерь (Вт).

Обработка результатов обследований основана на качественном и количественном анализе температурных полей поверхностей ограждающих конструкций и других вспомогательных параметров, описывающих окружающую среду и особенности проведения контроля. Количественный анализ применяется для определения численных значений теплотехнических характеристик ограждающих конструкций. Качественный анализ применяют для оперативного визуального контроля, определения зон температурных аномалий и анализа состояния ограждающих конструкций по их температурным полям.

Эксперт-термографист на основании своего опыта, проектной документации и дополнительных сведений об объекте контроля и амплитуде обнаруженной аномалии принимает решение о том, соответствует ли обнаруженная аномалия строительному или архитектурному дефекту.

2 Условия измерений

Осенне-зимние натурные тепловизионные обследования проводят при существующих температурах наружного воздуха после включения системы отопления при достаточно полном отогреве здания.

Объектом исследований являются ограждающие конструкции зданий, их стыковые соединения (вертикальные и горизонтальные), оконные откосы и блоки, перекрытия, соединения с неотапливаемыми помещениями, а также элементы, создающие неоднородность теплотехнических характеристик как с наружной, так и с внутренней стороны ограждающей конструкции.

Обследования проводят при подогреве внутреннего воздуха в помещениях системой отопления и при естественном ходе температур наружного воздуха.

Натурные тепловизионные обследования проводят по возможности при отсутствии атмосферных осадков, тумана и задымленности.

Тепловизионную съемку следует проводить в предрассветные или ночные часы, когда тепловое влияние окружающей среды минимально. В дневное время наилучшие результаты достигаются при пасмурном небе.

Желательно, чтобы обследуемые наружные поверхности не должны подвергаться воздействию солнечной радиации в течение предшествующих 12 часов. Прямое и рассеянное солнечное излучение может нагревать экспонируемые части ограждающих конструкций и создавать области аномальных температур, которые следует отличать от температурных распределений, обусловленных теплопередачей через ограждающие конструкции. Эффект солнечного нагрева особенно существен при тепловизионной диагностике крыш. Кроме того, на гладких (глянцевых) поверхностях могут возникать солнечные блики, которые на термограмме выглядят как зоны повышенной температуры. В большинстве случае наличие бликов легко устанавливают путем перемещения тепловизора: изображение блика будет перемещаться, тогда как изображение аномально нагретой зоны останется на месте. В некоторых случаях (зимой и при сравнении температур однотипных зон) возможны тепловизионные обследования при прямой солнечной засветке. При этом абсолютные значения температуры могут существенно отличаться от истинных, поэтому засвеченные зоны необходимо анализировать путем сравнения с однотипными зонами. Аналогичное замечание относится и к зонам с более низкими температурами, обусловленными воздействием ветра и удаленностью от оператора при проведении съемки.

При термографировании и измерении температур внутренней поверхности должны быть исключены влияния вблизи расположенных действующих отопительных приборов путем их экранирования

алюминиевой фольгой или другими теплоотражающими материалами. Желательно выключить радиаторы и калориферы за 12 часов, а лампы накаливания – незадолго до съемки.

Минимально допустимое приближение оператора- термографиста к обследуемой поверхности составляет 1 м, электрических ламп накаливания – 2 м.

Среднесуточный температурный напор, измеряемый как разность внутренней и наружной температур, в контролируемом подогреваемом помещении, должен быть не менее 10° С в течение последних 4-7 суток, в зависимости от тепловой инерции ограждающей конструкции (требования международного стандарта USO 67810-83 "Теплоизоляция. Качественное выявление теплотехнических нарушений в ограждающих конструкциях. Инфракрасный метод.").

Допускается проводить обследования при температурном напоре меньшем 10° С, но не менее 3° С в течение 50 % времени от периода измерений с обеспечением погрешности определения сопротивления теплопередаче не более 15% в реальных условиях эксплуатации зданий при использовании пакета прикладных программ «WEMO Building» на базе решения обратной задачи нестационарной теплопроводности по данным текущих измерений температур в реперной зоне *(введено согласно извещения №18-2004 ИИ от 01.09.2004).*

Рекомендуется проводить тепловизионную съемку при скорости ветра не более 5 – 7 м/с.

Не рекомендуется проводить измерение температуры поверхностей с коэффициентом излучения ниже чем 0,7 (ГОСТ 26629-85 "Метод тепловизионного контроля качества теплоизоляции ограждающих конструкций").

Угол визирования при съемке реперных зон не должен превышать +/- 20 град. Панорамная съемка допускается и под большими углами. При больших углах визирования в программу обработки вводятся поправочные коэффициенты, учитывающие поглощение излучения в атмосфере.

При измерениях поверхность обследуемой ограждающей конструкции условно разбивают на зоны, включающие в поле обзора элементы, являющиеся геометрическими реперами с известными линейными размерами.

При проведении качественной диагностики знание коэффициента излучения желательно, но необязательно, особенно в тех случаях, когда дефекты обнаруживаются на однородном излучательном фоне. При этом различия в излучательных свойствах могут служить дополнительным признаком для идентификации строительных дефектов.

При проведении количественной диагностики знание коэффициента излучения необходимо, он определяется согласно патента № 2151388 «Способ неразрушающего контроля качества объекта». Перед

проведением тепловизионных измерений на характерной зоне исследуемой поверхности без температурных аномалий оператором выбираются реперные точки, температуры в которых должны быть измерены контактным способом. В этих же точках производится измерение температур тепловизором. При наличии разницы между значениями температур, измеренных контактным и бесконтактным методами, с панели тепловизора вводится поправочный коэффициент излучения поверхности, позволяющий свести эту разницу к нулю или заданной известной величине. Значение коэффициента излучения, полученное в этом случае принимается за характеристику поверхности в данной зоне и используется при дальнейших расчетах.

При определении теплотехнических характеристик следует принимать во внимание суточный ход температуры окружающего воздуха, влияние солнечной радиации и розы ветров на различно ориентированные по сторонам света наружные ограждающие конструкции обследуемого объекта.

Следует учитывать специфические условия, которые могут создаваться в конкретной местности для объекта контроля и окружающих объектов. Так, например, расположение строительного сооружения в низине создает эффект "холодного бассейна" и может приводить к появлению дополнительного конденсата на поверхности. Наличие деревьев и кустарников, соседних зданий и т.п. может влиять на солнечное облучение и порывы ветра. Высокотемпературные печи, калориферы внутри помещений могут вызывать как дополнительный нагрев объекта контроля, так и отраженную засветку.

Расстояние до объекта измерений варьируется от 2 до 100 метров. С увеличением расстояния возрастает поле обзора, ухудшается детальность осмотра и искажаются истинные значения температуры. Рекомендуемое расстояние составляет менее 50 м (для наружных ограждающих конструкций) при котором последний эффект несуществен. При больших расстояниях следует применять соответствующие поправочные формулы, учитывающие поглощение излучения в атмосфере и изменение поля зрения. В настоящей методике эти формулы включены в программное обеспечение средств контроля.

3 Требования к погрешности измерений

Погрешность измерения температуры по абсолютно черному телу не более ± 2% от верхнего значения шкалы или ±2°С (паспортное значение для тепловизоров, инфракрасных сканеров и пирометров). При использовании метода сличения температурная чувствительность аппаратуры должна составлять не более ±0.2°С (паспортное значение для тепловизоров) или ± 1°С (для пирометров).

При определении сопротивления теплопередаче и теплопотерь измеряемой величиной является температура. При определении погрешности их определения также рекомендуется исходить из погрешности температурных измерений с помощью тепловизора и контактных преобразователей (практически на уровне 0,5 - 2,0°С).

Основная относительная погрешность определения сопротивления теплопередаче с учетом требований СНиП II-3-79* "Строительная теплотехника", ГОСТ 26254-84 «Здания и сооружения. Методы определения сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций» и МГСН 2.01-99 «Энергосбережение в зданиях. Нормативы по теплозащите и тепловодоэлектроснабжению» при использовании настоящей методики в реальных условиях эксплуатации зданий и программы обработки данных измерений - не более ±15%.

При визуальном обнаружении скрытых дефектов оператором рекомендуется идентифицировать дефекты, создающие температурные сигналы амплитудой не менее 0,5°С или изменяющие сопротивление теплопередаче не менее, чем на ±15%. Использование паспортного температурного разрешения тепловизора (до 0,1°С) для идентификации информативных температурных сигналов не рекомендуется ввиду наличия естественных температурных шумов, которые имеют близкую амплитуду.

4 Метод измерений

Метод измерения температурного поля поверхности зданий и сооружений основан на регистрации теплового излучения любого физического тела с температурой, отличной от температуры абсолютного нуля, с использованием тепловизионного комплекса, обеспечивающего бесконтактную регистрацию теплового излучения, и контактных измерителей температуры и тепловых потоков.

Исследуемая поверхность элемента конструкции здания является источником электромагнитного излучения с максимумом - в инфракрасной области спектра. Это излучение принимается приемником, выходной сигнал которого пропорционален интенсивности излучения, попадающего на чувствительную площадку приемника.

При использовании тепловизора (инфракрасного сканера), в результате оптико-механического сканирования исследуемой поверхности здания на неохлаждаемый многоэлементный приемник излучения последовательно попадает излучение от каждой точки объекта в пределах поля зрения. На выходах приемника образуется видеосигнал, который после усиления, аналого-цифрового преобразования, цифрового запоминания и цифро-аналогового преобразования управляет яркостью и цветностью изображения на видео - контрольном устройстве. Таким образом, температурное поле поверхности исследуемой конструкции отображается в условных цветах. Аналого-цифровое преобразование и встроенные в тепловизор абсолютно - черное тело позволяют производить измерение численного значения температурного поля.

Обнаружение дефектов наружных ограждающих конструкций и определение их теплотехнических характеристик производится путем измерения температуры по поверхности наружной ограждающей конструкции, параметров окружающей среды и внутреннего воздуха с последующей компьютерной обработкой изображений тепловых полей и расчетом теплотехнических характеристик с использованием программно-аппартного комплекса, включающего: тепловизор (инфракрасный сканер), набор приборов для определения параметров окружающей среды и объекта контроля, компьютерную систему и пакет прикладных программ обработки изображений и расчета теплотехнических характеристик .

С целью повышения точности измерений рекомендуется дополнительно применять ртутные термометры, психрометры, датчики теплового потока, манометры и термоанемометры (см. рекомендации ГОСТ 26629-85 "Метод тепловизионного контроля качества. Теплоизоляция ограждающих конструкций"). Для реперных точек контролируемой поверхности используются контактные измерители температуры и датчики теплового потока.

5 Требования к средствам измерений

Основное средство измерений

В качестве основных технических и программных средств проведения термографирования и определения теплотехнических характеристик ограждающих конструкций зданий используется программно-аппаратный комплекс "ВЕМО", содержащий программно-аппаратную и технологическую части, включающий специальную технологию контроля и программное обеспечение, поддерживающее ее, тепловизионную систему, компьютерную систему, приборы определения параметров окружающей среды и вспомогательных характеристик исследуемой конструкции (см. Приложение № 1). В качестве тепловизионной системы может быть использован малогабаритный тепловизор фирмы AGEMA Infrared System Inc. (Швеция), который зарегистрирован в Государственном реестре средств измерений за № 15434-96, сертификат об утверждении типа средств измерений за № 1051, допущенный к применению в Российской Федерации или другой тепловизор с аналогичными техническими характеристиками, компьютерную систему, приборы определения параметров окружающей среды и вспомогательных характеристик исследуемой конструкции (см. Приложение № 1). Комплекс "ВЕМО" обеспечивает регистрацию и запись температурных полей исследуемых ограждающих конструкций, определение параметров окружающей среды, анализ и обработку полученных результатов с распознаванием дефектных участков, определением численных значений теплотехнических характеристик ограждающих конструкций зданий и теплопотерь через них, выдачу протокола контроля.

Тепловизор комплектуется PC-картой для записи изображений температурных полей.

Вспомогательные устройства, входящие в состав комплекса ВЕМО (должны быть сертифицированы как средства измерений и допущены к применению в РФ):

* контактные цифровые термометры с электронной памятью и без нее;
* пирометр;
* датчики теплового потока;
* анемометр;
* ртутный термометр (или термощуп - термометр);
* термоанемометр;
* влагомер;
* психрометр;
* манометр;

* рулетка;
* компас;
* измеритель углов на местности.

Измерение температур внутренних и наружных поверхностей в реперных зонах производят цифровыми электронными термометрами с точностью 0, 1° С и записью регистрируемых температур в память прибора в течение 4 -7 суток.

В недоступных зонах для оперативных измерений используют дистанционный инфракрасный пирометр.

Определение скоростей воздушного потока у поверхностей ограждающих конструкций производят анемометром.

Для измерения плотностей тепловых потоков, пронизывающих ограждающую конструкцию в реперных зонах следует применять датчики теплового потока.

Определение температуры окружающей среды производят ртутным термометром с делением шкалы не более 0,1° С.

При оценке воздухопроницаемости сооружения возможно использование воздушных насосов различного типа для понижения давления внутри помещения. Перепад давления измеряют манометром.

При необходимости влагосодержание строительных конструкций измеряют диэлькометрическим влагомером.

Анализ точки росы проводят аспирационным психрометром.

Инфракрасное изображение рекомендуется сопровождать видеоизображением. Видеосъемку или фотографирование производят цифровой видеокамерой или фотоаппаратом для облегчения обработки результатов.

Остальные приборы и инструменты, используемые дополнительно к перечисленным должны быть тарированы, сертифицированы в установленном порядке и отвечать требованиям ГОСТов и соответствующих инструкций по эксплуатации.

Основными параметрами тепловизоров, рекомендуемых в строительной диагностике, которыми допускается комплектование системы контроля “ВЕМО” являются:

* диапазон измеряемых температур от -20 до 100 °С;
* температурное разрешение не более 0.2 °С;
* основная погрешность измерения не более ±2% от верхней шкалы или ±2 °С (наибольшее значение);
* диапазон длин волн 2...5 мкм или 8...12 мкм;
* частота кадров желательно не менее 5 Гц (в отдельных случаях допускается другая частота);
* угол зрения (наличие сменных объективов): 7х7°, 12х12°, 20х20°, 40х40°;

* формат изображения не менее 320 x 240 элементов;
* рабочая температура от -15 до +60°С;
* рекомендуется наличие системы записи термограмм, автономного питания, отсутствие жидких хладагентов.

6 Операции при подготовке к выполнению измерений; выполнение измерений; обработка результатов измерений

6.1 Операции при подготовке к выполнению измерений

Тепловизионную съемку производят согласно схеме, изображенной на рис.1. При этом руководствуются требованиями технического описания и инструкции по эксплуатации системы контроля. Угол визирования ограждающей конструкции, как правило, не должен превышать $\pm 20^{o}$, хотя допускается панорамная съемка сооружений и под большими углами визирования. Объект измерений не требует специальной подготовки. Значение исходных данных вводятся с пульта управления системы "ВЕМО"- с клавиатуры ЭВМ.

Перед проведением тепловизионных обследований производится анализ проектной документации: строительных чертежей фасадов, планов, деталей ограждающих конструкций зданий с геометрической привязкой к линейным размерам, определяют зоны расположения мостиков холода, утеплителя, закладных элементов, радиаторов и стояков, влияющих на распределение температуры на поверхности исследуемой конструкции. Уточняют по энергетическому паспорту на здание проектные значения теплотехнических характеристик, экспериментальные значения которых должны быть получены в результате обследования.

На основе проектной документации, или используя метод прямых измерений, определяют площадь ограждающей конструкции здания S (возможно косвенное определение размеров здания по термограмме с использованием маркера известных размеров, в качестве которого может служить любой предмет с хорошим излучательным контрастом, например, металлическая метровая линейка.

Путем анализа проектной и технической документации и на основании результатов предварительного панорамного тепловизионного наблюдения выбираются реперные зоны для проведения полного объема контактных и бесконтактных измерений, описывающих обследуемую конструкцию. Практические рекомендации для выбора реперной зоны следующие: средняя температура по реперной зоне должна быть близка к средней температуре по ограждающим конструкциям здания в целом.

Другими словами, реперная зона должна быть в известном смысле копией всего здания в целом. Распределение температур в ней должно приближаться к распределению температур для всего здания.

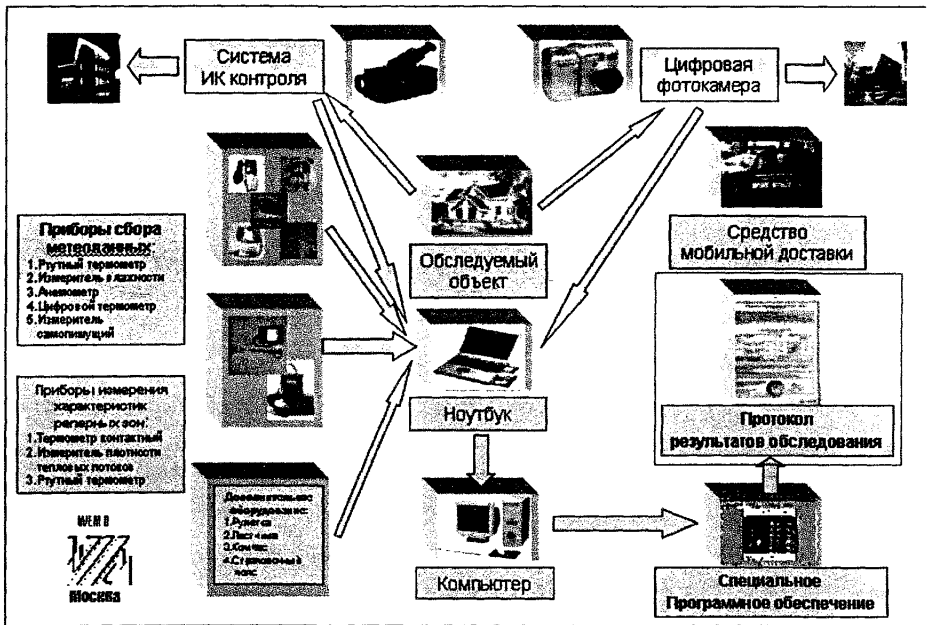

Рис 1. Мобильный аппаратный комплекс автоматизированной тепловизионной диагностики "ВЕМО-2000М"

6.2 Операции при выполнении измерений

Проведение измерений регламентируется «Методикой проведения сбора и съема информации для определения теплотехнических характеристик наружных ограждающих конструкций объекта» ВЕМО 07.00.00.000 ДМ».

Производят настройку системы контроля (см. рис.1) согласно эксплуатационной документации на отдельные блоки, входящие в состав системы, которая включает стыковку и подключение узлов и блоков (тепловизора, компьютерной системы, комплекса приборов определения параметров окружающей среды и вспомогательных характеристик исследуемой конструкции), запускается программное обеспечение (ПО), производится тестирование ПО и системы контроля согласно патента № 2151388 «Способ неразрушающего контроля качества объекта».

Производят измерения параметров окружающей среды.

По данным измерений психрометра определяют температуры и относительную влажность воздуха в помещениях и снаружи, температуры "точки росы", по данным измерений манометра определяют давление в помещении и снаружи (при необходимости), по данным показаний анемометра определяют скорость движения воздушных потоков, измеряют дополнительные параметры окружающей среды и объекта контроля (при необходимости).

При выборе реперной зоны тепловизионной съемкой определяется наиболее характерный участок, размерами не менее двух толщин ограждающей конструкции по глади стены с равномерным распределением температурного поля без аномалий, обусловленных мостиками тепла-холода, конструктивными элементами, дефектами и т.п., на котором проводятся контактные измерения температур на внутренней и внешней поверхностях, тепловых потоков, параметров окружающей среды. С целью обеспечения необходимой достоверности результатов производят измерения не менее, чем в двух реперных зонах на каждом типе ограждающих конструкций не менее, чем по 10 раз каждого параметра.

Определяют температуры заранее намеченных точек в реперных зонах контактным и бесконтактным методами и устанавливают реальный коэффициент излучения исследуемой поверхности (см. раздел 2). Одновременно фиксируют температуры воздуха на расстоянии 5 – 10 см от тех же точек. Измеряют термоанемометром скорость движения воздуха (м/с) вблизи реперных точек и в нескольких местах по высоте стены как с внешней, так и, по возможности, с внутренней стороны. Измеряют величины тепловых потоков в реперных точках датчиками теплового потока.

После проведения контакных измерений в каждой реперной зоне устанавливаются электронные самописцы температур поверхностей и окружающего воздуха, а при необходимости плотностей тепловых потоков, влажности, скорости ветра и других параметров, которые регистрируют искомые величины в течение 4-7 суток, но не менее, чем по 4 канала в каждой реперной зоне.

Затем в этих же точках производятся повторные измерения температур на внутренней и внешней поверхностях, тепловых потоков, параметров окружающей среды.

Далее производится термографирование реперных зон с внутренней и внешней сторон и наружных ограждающих конструкций всего здания в целом с внешней стороны.

Термографирование проводят последовательно по намеченным участкам с покадровой записью термограмм на PC-карту или непосредственно в компьютер. При этом рекомендуется вначале произвести панорамирование объекта путем медленного перемещения тепловизора с последующей фиксацией зон интереса.

Термографирование производится последовательно снизу вверх по высоте здания с последующим горизонтальным перемещением оператора по длине здания. При этом кадрированные участки поверхности должны перекрывать друг друга приблизительно на 10-20 %.

Бесконтактные измерения проводятся с фиксированного расстояния. При регистрации нижнего центрального кадра ограждающей конструкции измеряют расстояние до объекта и угол наклона тепловизора. При перемещениях оператора вдоль объекта в целях корректности последующих расчетов расстояние до объекта желательно сохранять. Термографирование сопровождается видеосъемкой или фотографированием.

По окончании термографирования необходимо провести визуальный осмотр состояния теплоизоляции и воздухопроницаемости стыков, вентиляции и отопления помещений и др. Измеряются и определяются необходимые параметры для проведения специальных расчетов.

Результаты термографирования и визуально- инструментальных наблюдений записываются в журнал по установленной форме, а затем в компьютер для последующей обработки и формирования протокола контроля.

Для повышения надежности обнаружения скрытых дефектов малого размера, например, мест отслоения штукатурки или облицовки, рекомендуется использовать режим нестационарного теплообмена, который может создаваться искусственно или в силу естественных причин.

6.3 Операции обработки и вычислений результатов измерений

Качественный анализ результатов обследований

Обработка результатов обследований при проведении качественного анализа сводится к обработке и расшифровке термограмм. Записанные на PC-карту или непосредственно в компьютерную систему изображения температурных полей тепловыделяющих объектов анализируются оператором, определяются зоны тепловых аномалий и принимается решение об их классификации - соответствии аномалии скрытому дефекту или конструктивным особенностям объекта исследования.

Рекомендуется компьютерное совмещение видимого и теплового изображения одного и того же участка конструкции, или оконтуривание дефектных зон на видимом изображении после их обнаружения на термограммах.

Оценку тепловых аномалий следует производить как по величине температурного перепада в зоне аномалии, так и методом сравнения с эталонной зоной. Эталонная зона должна выбираться аналогично реперной и находиться в тех же условиях теплообмена (располагаться вблизи исследуемой зоны).

Тепловые аномалии отображаются на термограммах в виде областей повышенной или пониженной температуры, которые соответствуют:

* конструктивным особенностям;
* неоднородностям коэффициента излучения поверхности;
* неоднородностям теплообмена с окружающей средой;
* различного рода дефектам.

Поверхности, визируемые под большим углом, кажутся холоднее. При съемке под большим углом удаленные области кажутся холоднее ближних. Это необходимо учитывать при обработке изображений температурных полей.

При положительной разнице температур между внутренними помещениями и наружным воздухом "тепловые мостики" выглядят более холодными при осмотре изнутри и более теплыми при осмотре снаружи.

При положительной разнице температур между внутренними помещениями и наружным воздухом места протечки воздуха выглядят более холодными при осмотре изнутри и более теплыми при осмотре снаружи, если давление в данном помещении выше наружного давления; при инверсии давления места протечки выглядят более холодными как на внутренних, так и на наружных поверхностях.

Давление воздуха внутри помещений зависит от направления и скорости ветра, влияния вентиляционной системы объекта и температурного напора и может различаться в различных зонах. В многоэтажных зданиях давление внутреннего воздуха на нижних этажах зачастую выше, а на верхних этажах - ниже, чем давление наружного

воздуха. Эффект изменения давления приводит к тому, что, например, некачественные межпанельные швы в одном и том же здании могут выглядеть на термограмме теплее или холоднее, чем соседние участки в зависимости от местоположения шва по высоте здания. При этом решающим фактором отнесения шва к дефектным или бездефектным является сам факт наличия температурного контраста по сравнению с соседними зонами независимо от его знака.

Неокрашенные металлические элементы зданий и сооружений выглядят, как правило, более холодными, чем они есть на самом деле, за исключением ситуаций, когда есть интенсивная внешняя подсветка.

Существенные аномалии в области окон, напоминающие на термограмме изображение факела, как правило, свидетельствуют об открытых форточках, рамах или окнах.

Изображения тепловых аномалий с резкими границами зачастую соответствуют поверхностным эффектам или неравномерному солнечному нагреву, что легко идентифицируется при визуальном осмотре. В целом, тепловые аномалии в зоне протечек воздуха или воды имеют более резкие границы, чем тепловые аномалии над скрытыми внутренними дефектами.

Изображения солнечных бликов перемещаются при перемещении оператора относительно объекта контроля, тогда как температурные эффекты не изменяют существенно вида теплового поля при изменении ракурса съемки.

При анализе тепловых аномалий и при измерении сопротивления теплопередаче необходимо учитывать разброс температур в отдельных помещениях здания и сооружения (температурный напор).

При диагностике межпанельных швов дополнительно к эффекту изменения давления внутреннего воздуха, на вид термограммы существенное влияние оказывает тип дефекта: простое изменение теплового сопротивления при герметичном шве, или, что бывает чаще, нарушение герметичности шва, ведущее либо к утечкам теплого воздуха из помещения наружу (при повышенном давлении внутри), либо натеканию холодного воздуха извне (при пониженном давлении внутри).

Количественный анализ результатов обследований

Количественный анализ результатов обследований состоит в определении численных значений теплотехнических параметров наружных ограждающих конструкций с использованием специализированного ПО “WEMO Building” на основании патента № 2219534 «Способ теплового неразрушающего контроля многослойных объектов».

После проведения качественного анализа записанных термограмм контролируемых объектов производится теплотехнический расчет сопротивления теплопередаче в реперных зонах.

Количественная оценка тепловых аномалий производится с целью оценки степени их влияния на нормальное функционирование здания. При этом значения средних температур пола, стен и потолка внутри помещений должны соответствовать нормам ГОСТ 26254-84 «Здания и сооружения. Методы определения сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций», СНиП II-3-79* «Строительная теплотехника» и МГСН 2.01-99 «Энергосбережение в зданиях. Нормативы по теплозащите и тепловодоэлектроснабжению». Степень влияния обнаруженных аномалий оценивают по:

* дополнительным потерям тепла через дефект;
* несоответствию экспериментальных значений сопротивления теплопередаче требованиям СНиП II-3-79* и МГСН 2.01-99;
* возможным последствиям разрушения ограждающей конструкции вследствие дефекта (сдвиг точки росы внутрь стены, коррозия материла стены, повышение влагопроницаемости и снижение за счет этого качества тепловой защиты и т.п.);
* дискомфортом внутри помещения.

Если степень дефектности оценивается по измеряемым температурным перепадам в зоне аномалии $\nearrow t$, то рекомендуется к серьезным дефектам относить такие, которые создают относительные перепады температуры на наружных поверхностях $\nearrow t = (t_{int} - t_{ext})$ более 6% при отсутствии протечек воздуха и более 12% при наличии протечек воздуха. Соответственно при внутреннем осмотре эти критерии составляют более 15% ^{o}C и 24%.

Если степень дефектности оценивается по сопротивлению теплопередаче, то серьезными признаются дефекты, создающие локальные понижения сопротивления теплопередаче более, чем на 15%.

6.4 Описание метода обработки информации.

Теплотехнические расчеты проводят при помощи программного обеспечения автоматизированной системы "WEMO Building" учитывающего особенности процесса теплопередачи через ограждающую конструкцию:

* влияние температурных перепадов (τ_{ext} - t_{ext}) и (t_{int} -τ_{int}) и реального значения степени черноты поверхности, которое определяется при настройке тепловизора по реперным точкам, температура в которых измеряется контактным методом;
* влияние режимов вынужденно- и естественно- конвективного теплообмена;
* наличие влажного воздуха;
* реальные значения плотностей тепловых потоков и коэффициентов теплоотдачи в реперных зонах и т.п.

Все расчеты и анализ проводят в соответствии с требованиями СНиП II- 3-79*, ГОСТ 26254- 84 и МГСН 2.01-99.

Определение абсолютного значения сопротивления теплопередаче производится согласно формуле (4) из СНиП II-3-79* "Строительная теплотехника" и п. 3.8, 3.9 Приложения 3.1 МГСН 2.01-99.

$$R^r_0 = Rk + 1/\alpha_{int} + 1/\alpha_{ext}, \qquad (1)$$

где Rk - термическое сопротивление ограждающей конструкции, $Rk = d/\lambda$ (СНиП II-3-79* "Строительная теплотехника", d - толщина стенки, λ - коэффициент теплопроводности); для многослойной конструкции эта величина рассчитывается по формуле:

$$R_{ki} = \sum_{j=1}^{M} \frac{\delta_{ji}}{\lambda_{ji}}, \qquad (2)$$

где M – количество слоев материала в ограждающей конструкции на i-м участке,

J – номер слоя материала ограждающей конструкции на i-м участке,

δji – толщина j –го слоя ограждающей конструкции на i-м участке,

λji – теплопроводность j –го слоя ограждающей конструкции на i-м участке;

α_{int} , α_{ext} - коэффициенты теплоотдачи, соответственно, внутри помещения и снаружи.

Программное обеспечение системы "WEMO Building" настраивается на конкретную исследуемую конструкцию по величинам реальных значений температур, плотностей тепловых потоков и коэффициентов теплоотдачи в реперных зонах на поверхности контролируемого объекта.

Приведенное сопротивление теплопередаче R^r_0 ограждающей конструкции, имеющей неравномерность температур поверхностей вычисляется на основании зарегистрированных термограмм согласно ГОСТ 26254-84 "Здания и сооружения. Методы определения сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций" и п.3.13 Приложения 3.1 МГСН 2.01 - 99 по формуле:

$$R^r_0 = F/\Sigma(F_i/R_{oi}), \quad (2)$$

Где F – площадь испытываемой ограждающей конструкции, $F = \Sigma F_i$;

F_i – площадь характерной изотермической зоны;

R_{oi} – сопротивление теплопередаче характерной зоны.

Ориентировочные значения коэффициентов теплоотдачи α_{ext} (или α_{int}) рассчитывается следующим образом, с учетом его лучистой $\alpha^{луч}_{ext}$ и конвективной $\alpha^{конв}_{ext}$ составляющих:

$$\alpha_{ext} = \alpha^{луч}_{ext} + \alpha^{конв}_{ext}, \quad (3)$$

где $\alpha^{луч}_{н}$ определяется по формуле Стефана-Больцмана

$$\alpha^{луч}_{ext} = \varepsilon\sigma(\tau^4_{ext} - t^4_{ext})/(\tau_{ext} - t_{ext}), \quad (4)$$

σ = 5,67 x 10^{-8} [Вт/м^{2}К^4]; ε - степень черноты поверхности, значение которой получают при настройке тепловизора по реперным контактным измерениям.

Конвективная составляющая коэффициента теплоотдачи рассчитывается с учетом скорости движения воздуха вблизи контролируемой поверхности:

а) если скорость ветра велика, используется формула для вынужденно-конвективного теплообмена

$$\alpha^{конв}_{ext} = 0,0296\lambda_{вл.возд}/X(\rho_{вл.возд}v/\mu_{вл.возд})^{0,8}\mu_{вл.возд}C_{вл.возд}/\lambda_{вл.возд})^{0,43}; \quad (5)$$

б) если скорость воздуха невелика, расчет $\alpha^{конв}_{ext}$ проводится для естественно-конвективного теплообмена

$$\alpha^{конв}_{ext} = 0,73\lambda_{вл.\,возд}/Y[g\beta Y^3(\tau_{ext} - t_{ex})\rho^2_{вл.возд}C_{вл.возд}/(\mu_{вл.возд}\,\lambda_{вл.возд}]^{0,25}, \quad (6)$$

где g - коэффициент свободного падения,

β - коэффициент объемного расширения, равный 1/273 [1/К],

X, Y - значения координат для точки τ_{ext},

$\lambda_{вл.\ возд}$ - коэффициент теплопроводности влажного воздуха,

$\rho_{вл.возд}$ - плотность влажного воздуха,

$C_{вл.возд}$ - теплоемкость влажного воздуха,

$\mu_{вл\ возд.}$ - динамическая вязкость влажного воздуха,

ν - число кинематической вязкости воздуха.

Определение термического сопротивления ограждающей конструкции в реперной зоне осуществляется посредством решения системы уравнений нестационарной теплопроводности в многослойной области согласно патента № 2219534 «Способ теплового неразрушающего контроля многослойных объектов» в соответствии с научно-методическим пособием «Тепловой неразрушающий контроль изделий» - М: Наука, 2002 авторов О.Н.Будадина и др. относительно вектора $\vec{\Theta}$ путем минимизации функционалов суммарной разности реальных и теоретически рассчитанных температур и тепловых потоков на исследуемых поверхностях (внутренней и внешней):

$$\left.\begin{aligned} F_q &= \frac{1}{N}\left[\sum_{i=1}^{N}((q_w^{c*}) - q_w^c(\vec{\Theta}))^2\right] \\ F_T &= \frac{1}{N}\left[\sum (T_w^{c*} - T_w^c(\vec{\Theta}))^2\right] \end{aligned}\right\} = \min , \qquad (7)$$

здесь $\vec{\Theta} = (\lambda, c, \rho)_m^T$ - вектор характеристик контролируемого объекта размерности "m".

На этом этапе уточняются реальные значения коэффициетов теплоотдачи на внутренней и внешней поверхностях в реперных зонах.

Затем рассчитывается приведенное сопротивление теплопередаче по всей ограждающей конструкции с учетом зон теплотехнической неоднородности, определяемым путем анализа термограмм исследуемого объекта на основании распределения температур на наружных поверхностях ограждающих конструкций.

Расчет теплопотерь здания за отопительный период только через наружные ограждающие конструкции, являющиеся предметом обследования, проводится следующим образом.

Согласно п.3.5.5. МГСН 2.01-99 общие теплопотери здания за отопительный период через наружные ограждающие конструкции Q_{hr}^{y}, кВт.час, следует определять по формуле

$$Q_{ht}^{y} = 0{,}024\ K_m D_d A_e^{sum},$$

где K_m – общий коэффициент теплопередачи здания, Вт/кв.м. град С;

D_d – градусосутки отопительного периода, принимаемые в зависимости от типа здания по табл.3.2 МГСН 2.01-99, в данном случае равны 5027 ;

A_e^{sum} – общая площадь наружных ограждающих конструкций, включая покрытие (перекрытие верхнего этажа и цокольное перекрытие, кв.м.

$$K_m = K_m^{tr} + K_m^{inf},$$

K_m^{inf} - приведенный инфильтрационный (условный) коэффициент теплопередачи здания, Вт/кв.м. град С. Он определяется через объемные характеристики здания. Т.к. обследование проводилось только по площади наружных ограждающих конструкций, то принимаем $K_m^{inf} = 0$;

K_m^{tr} - приведенный трансмиссионный коэффициент теплопередачи здания, Вт/кв.м. град С.

В общем случае для совокупности ограждающих конструкций зданий K_m^{tr} оценивается по формуле (3.4) МГСН 2.01-99. Так как при тепловизионном обследовании производился контроль только наружных ограждающих конструкций (стен и окон), приведем данную формулу к нашему случаю

$K_m = K_m^{tr} = \beta(A_w/R_w^r + A_F/R_F^r)/A_e^{sum}$ - для стен и окон;

где β - коэффициент, учитывающий дополнительные теплопотери, связанной с ориентацией ограждений по сторонам горизонта, с ограждением угловых помещений, с поступлением холодного воздуха через входы в здание, принимаем $\beta = 1{,}1$ (для общественных зданий);

A_w , A_F – площади соответственно, стен и окон;

R_w^r , R_F^r – приведенные сопротивления теплопередаче соответственно, стен и окон;

A_e^{sum} – показано выше.

Получаем формулу для определения теплопотерь (только через стены и окна):

$$Q_{hr}^y = 0{,}024\ \beta(A_w/R_w^r + A_F/R_F^r)D_d .$$

Отдельно для стен

$$Q_{hr}^y = 0{,}024\ \beta(A_w/R_w^r)D_d .$$

Отдельно для окон

$$Q_{hr}^y = 0{,}024\ \beta(A_F/R_F^r)D_d .$$

6.5 Операции вычислений результатов измерений с использованием программного обеспечения "WEMO Building" (для стен) и «ВЕМО» - "TERM" (для окон)

Программный комплекс "WEMO Building" предназначен для определения теплотехнических характеристик строительных объектов по результатам их теплового (тепловизионного) контроля. Алгоритмы и программы, лежащие в его основе, разработаны в технологическом институте энергетических исследований, диагностики и неразрушающего контроля "ВЕМО" и защищены патентами №№ 2151388, 2162597, 2219534. Технология проведения теплового (тепловизионного) контроля ограждающих конструкций описана в следующих методиках:

- ВЕМО 04.00.00.000.ДМ. Методика диагностики и энергетических обследований наружных ограждающих конструкций строительных сооружений тепловизионным бесконтактным методом (свидетельство об аттестации № 09-442-2001 от 09 июля 2001 года)

- ВЕМО 05.00.00.000.ДМ. Методика диагностики и энергетических обследований наружных ограждающих конструкций строительных сооружений тепловизионным бесконтактным методом (летний вариант) (свидетельство об аттестации № 02-442-2002 от 09 августа 2002 года).

- ВЕМО 07.00.00.000.ДМ. Методика проведения сбора и съема информации для определения теплотехнических характеристик наружных ограждающих конструкций (свидетельство об аттестации № 15/442-2002 от 22 мая 2003 года).

Программный комплекс Wemo Building позволяет решать следующие задачи:

- Расчет сопротивления теплопередаче в локальных точках строительных объектов (например, наружных ограждающих конструкций: стен и окон) в реальных условиях их эксплуатации (в условиях нестационарного процесса теплопередачи через контролируемый объект, т.е. с учетом его тепловой инерции).

- Расчет приведенного сопротивления теплопередаче по всей поверхности строительной конструкции в условиях, аналогичных п.1.

- Расчет точки росы и положения плоскости промерзания строительный конструкции.

- Подготовка отчета о результатах работы в заданном формате (например, в соответствии с формами, заданными МГСН 2.01-99(Энергосбережение в зданиях), или другими), а также о состоянии контролируемого объекта в формате html (Microsoft Internet Explorer) и отображение этого отчета во встроенном html-браузере.

Различные программные модули, входящие в состав комплекса, объединены в единую интегрирующую оболочку. Эта оболочка позволяет вызвать любой из расчетных модулей и получить краткую справку по работе этих модулей. Любой модуль комплекса может запускаться независимо от других модулей. Каждый модуль получает свои входные параметры, считывая информацию с диска. Результаты работы каждого модуля также сохраняются в отдельном файле. Программа имеет дружественный интерфейс и снабжена подробной справочной системой. В данной части приведено подробное описание всех модулей программного комплекса Wemo Building. Для получения справки по конкретному модулю выберите соответствующий раздел:

Вводная информация

1. Системные требования
   1.1. Ограничения на ресурсы компьютера
   1.2. Дополнительные программы
2. Стратегия расчета

Описание модулей программного комплекса

1. Интегрирующая оболочка
2. Программы подготовки данных
   2.1. Мастер подготовки файла с параметрами стены
   2.2. Мастер подготовки файла с температурными сериями
3. Программы расчета сопротивления теплопередаче в реперной зоне
   3.1. Мастер расчета по 4 температурным сериям
   3.2. Мастер расчета по трем температурным сериям (отсутствует данные о температуре воздуха внутри)

3.3. Мастер расчета по трем температурным сериям (отсутствует данные о температуре воздуха снаружи)

4. Программы подготовки HTML-отчета

4.1. Мастер подготовки отчета по результатам расчета в реперной зоне

4.2. Мастер подготовки отчета по результатам расчета приведенного сопротивления теплопередаче

Порядок запуска программных модулей для расчета теплотехнических характеристик наружных ограждающих конструкций здания состоит в следующем. Процесс теплового контроля условно можно разделить на два этапа:

1.Расчет сопротивления теплопередаче в реперной зоне

2.Расчет приведенного сопротивления теплопередаче по поверхности наружных ограждающих конструкций

На первом этапе расчетов в результате обработки температурных данных, полученных с электронных самописцев температуры, установленных в определенной точке (реперная точка) одного из фрагментов ограждающей конструкции здания, рассчитывается сопротивление теплопередаче выбранного фрагмента. Проведение измерений регламентировано «Методикой проведения сбора и съема информации для определения теплотехнических характеристик наружных ограждающих конструкций» ВЕМО 07.00.00.000.Д.М. (свидетельство об аттестации № 15/442-2002 от 22 мая 2003 года).

На втором этапе в результате обработки термограммы всей поверхности ограждающей конструкции здания рассчитывается приведенное сопротивление теплопередаче всего объекта.

Весь процесс обработки данных по исследуемому объекту разбивается на 7 шагов:

1. Подготовка файла с данными о структуре стены с помощью Мастера подготовки файла с параметрами стены. Результатом работы Мастера является файл с расширением wall, который в дальнейшем может быть считан расчетными модулями.
2. Подготовка файла с данными о температурах, измеренных электронными самописцами. Такой файл можно создать с помощью Мастера подготовки файла с температурными данными. В качестве входных данных этот мастер использует текстовые файлы, созданные самописцами температуры. Результатом работы этого мастера является файл с 4 температурными сериями- температурами

воздуха внутри и снаружи помещения и температурами внутренней и наружной поверхностях стены.

3. Запуск соответствующего мастера расчета. Здесь можно выделить 3 различных случая:
   a. Проведены измерения всех 4 температурных серий. В этом случае необходимо запустить Мастер расчета по 4 температурным сериям.
   b. Не проведено измерение температуры воздуха внутри помещения или температуры внутренней поверхности стены. В этом случае необходимо запустить Мастер расчета по трем температурным сериям (Out).
   c. Не проведено измерение температуры воздуха снаружи помещения или температуры внешней поверхности стены. В этом случае необходимо запустить Мастер расчета по трем температурным сериям (In)
4. Результатом работы данного мастера является двоичный файл, необходимый другим программным модулям для составления отчетов о результатах расчета сопротивления теплопередаче в реперной зоне и результатах расчета приведенного сопротивления теплопередаче, а также набор текстовых файлов с различными расширениями, в которых приведены основные результаты работы расчетного модуля. Эти файлы необходимы в случае, если Вы захотите создать специфический отчет, пользуясь программами типа Microcal Origin.
5. После того как создан файл с результатами расчета в реперной зоне, производится запуск Мастер подготовки отчета по результатам расчета в реперной зоне. В качестве входных параметров этот мастер использует данные, хранящиеся в соответствующем файле. Данный мастер подготавливает HTML-отчет по реперной зоне, в котором приведена информация о структуре стены, величине приведенного сопротивления теплопередаче, температурных историях и т.д. Данный мастер позволяет сохранить представленный отчет в формате HTML в любом месте на жестком диске.
6. На заключительном этапе расчетов рассчитывается приведенное сопротивление теплопередаче по всей поверхности наружных ограждающих конструкций. В этом Вам поможет Мастер подготовки отчета по результатам расчета приведенного сопротивления теплопередаче. Для подготовки работы данного Мастера вначале формируются общие термограммы отдельных видов фасадов здания. Это делается следующим образом:

   а) считываются отдельные термограммы с карты памяти тепловизора, полученные в результате тепловизионной съемки фасадов здания,

b) из отдельных термограмм присоединением их друг к другу с помощью графического редактора (например, Corel Photo Paint 11) формируются общие термограммы контролируемых поверхностей,

c) по общим термограммам отдельных видов фасадов рассчитывается приведенное сопротивление теплопередаче каждого вида, а далее для всего здания в целом.

7. Результатом работы данного мастера является HTML-отчет, в который включена следующая информация:

a) исходные данные о составе наружных ограждающих конструкций,

b) качественный анализ термограмм (определение зон температурных аномалий и теплопотерь),
c) количественный анализ термограмм с полученным значением приведенного сопротивления теплопередаче наружных ограждающих конструкций здания,
d) общие термограммы фасадов здания,
e) вспомогательная графическая информация.

Описание работы программы отражено в “Инструкции по работе с программой “Wemo Building” и представляется пользователю при заключении лицензионного договора с разработчиком.

В программе «ВЕМО» - “TERM” вводят с клавиатуры компьютера исходные данные для проведения теплотехнического анализа согласно меню программы.

Исходные данные
программы расчета теплотехнических характеристик

Таблица 1

№ п/п	Наименование вводимого параметра	Единица измерения	Обозначение	Файл ввода
1	*2*	*3*	*4*	*5*
1	Массив значений температуры атмосферного воздуха	град.С	TZ	buterm. Dat
2	Массив значений давления насыщенных паров, находящихся в атмосферном воздухе	мм.рт.ст.	PSZ	buterm. Dat
3	Массив значений температуры сухого воздуха	град.С	TAZ	buterm. Dat
4	Массив коэффициентов тепло-проводности сухого воздуха	Вт/м К	RLAZ	buterm. Dat

№ п/п	Наименование вводимого параметра	Единица измерения	Обозначение	Файл ввода
1	*2*	*3*	*4*	*5*
5	Массив коэффициентов изобарной удельной теплоемкости сухого воздуха	Дж/г К	CAZ	buterm. Dat
6	Массив коэффициентов динамической вязкости сухого воздуха	Кг/м С	UAZ	buterm. Dat
7	Массив значений температуры водяного пара в состоянии насыщения	Град. С	TPZ	buterm. Dat
8	Массив коэффициентов теплопроводности водяного пара в состоянии насыщения	Вт/м К	RLPZ	buterm. Dat
9	Массив коэффициентов изобарной удельной теплоемкости водяного пара в состоянии насыщения	Дж/кг К	CPZ	buterm. Dat
10	Массив коэффициентов динамической вязкости водяного пара в состоянии насыщения	Кг/м С	UPZ	buterm. Dat
11	Количество точек по координате “X”		NX	term. Dat
12	Количество точек по координате “Y”		NY	term. Dat
13	Массив значений координат точек по оси “X”	м	X(I)	term. Dat
14	Массив значений координат точек по оси “Y”	м	Y(J)	term. Dat
15	Двумерный массив измеренной температуры исследуемой поверхности	град.С	TWC (I,J)	term. Dat
16	Двумерный массив значений коэффициента излучательной способности (степень черноты) поверхности исследуемого участка		EWC (I,J)	term. Dat
17	Температура среды	град.С	TC	term. Dat
18	Барометрическое давление среды	мм.рт.ст.	PC	term. Dat
19	Относительная влажность воздуха	%	FIC	term. Dat
20	Скорость движения воздуха вблизи контролируемой поверхности	м/с	VC	term. Dat
21	Температура среды внутри ограждающих конструкций	град.С	TB	term. Dat
22	Коэффициент суммарной теплоотдачи на внутренней стороне ограждающей конструкции (в настоящей программе не используется, может быть использована при определении термического сопротивления ограждающей конструкции)		$\alpha_в$	term. Dat
23	Значение температуры в реперной точке, измеренное контактным датчиком.	град.С	T0	term. Dat
24	Значение коэффициента излучательной способности, при котором производилось измерение температуры в реперной точке		EPS0	term. Dat
25	Значение теплового потока в реперной точке	Вт/кв.м.	Q0	term. Dat

№ п/п	Наименование вводимого параметра	Единица измерения	Обозна-чение	Файл ввода
1	*2*	*3*	*4*	*5*
26	Значение скорости ветра вблизи реперной точки	м/с	V0	term. Dat
27	Двумерный массив элементов площади ограждающей конструкции	Кв.м	S	term. Dat

Запускают программу обработки на выполнение, нажав клавишу "Пуск", либо выполнив оператор "term.exe".

Получают и выводят на печать результаты расчетов.

Результаты расчета выводятся в виде таблицы 2.

Результаты тепловизионного контроля (определяемые характеристики)

Таблица 2

№ п/п	Наименование характеристики	Единица измерения	Обозна-чение	Файл вывода в программе расчета
1	*2*	*3*	*4*	*5*
1	Значение давления насыщенных водяных паров при температуре среды "ТС"	мм.рт.ст.	PSPC	term.rez
2	Парциальное давление водяных паров, находящихся во влажном воздухе.	мм.рт.ст.	PPC	term.rez
3	Температура "точки росы"	град.С	PS	term.rez
4	Влагосодержание	кг влаги/ кг.сух.воздуха	DC	term.rez
5	Массовая концентрация влаги		GPC	term.rez
6	Массовая концентрация сухого воздуха		GAC	term.rez
7	Изобарная удельная теплоемкость	Дж/кг К	CAPC	term.rez
8	Молекулярная масса	кг/моль	OAPC	term.rez
9	Газовая постоянная	Дж /кг К	RAPC	term.rez
10	Плотность влажного воздуха	кг /куб.м	ROAPC	term.rez
11	Коэффициент теплопроводности влажного воздуха	Вт/м К	RLAPC	term.rez
12	Коэффициент динамической вязкости влажного воздуха	Кг/м С	UAPC	term.rez
13	Двумерный массив температурных напоров (TWC-TC)	град. С	DT (I,J)	term.rez
13	Двумерный массив коэффициентов конвективной теплоотдачи	Вт/кв.м К	αк	term.rez
14	Двумерный массив коэффициентов лучистой теплоотдачи	Вт/кв.м К	αл	term.rez
15	Двумерный массив коэффициентов суммарной теплоотдачи	Вт/кв.м К	αс	term.rez
16	Двумерный коэффициент плотности	Вт/кв.м.	QW	term.rez

№ п/п	Наименование характеристики	Единица измерения	Обозна-чение	Файл вывода в программе расчета
1	*2*	*3*	*4*	*5*
	тепловых потоков		(I,J)	
17	Двумерный массив коэффициентов теплопроводности	Вт/ кв.м х град	RL(I,J)	term.rez
18	Двумерный массив термических сопротивлений теплопередаче	кв.м. К/ Вт	RFK (I,J)	term.rez
19	Приведенное значение термического сопротивления теплопередаче к выделенной области	кв.м. х К/Вт	R	term.rez
20	Приведенный коэффициент теплообмена к выделенной области	Вт/ кв.м. х К	ALFPR	term.rez
21	Суммарная площадь выделенной области	S	кв.м	term.rez

Размеры и местоположения зон исследования выбираются исходя из требований проектной документации, требований нормативной документации и т.п.

В соответствии с п. 6.6.2 "Расчетные показатели и характеристики здания" МГСН 2.01-99 выбираются зоны, обеспечивающие определение приведенного сопротивления теплопередаче следующих элементов здания:

- стен по выбранному этажу (панели с узким окном, панели с широким окном, панели с окном и балконной дверью, глухие панели),
- окон,
- балконных дверей,
- наружных дверей,
- витражей,
- эркеров.

Конкретные размеры и количество зон выбираются исходя из конкретного проекта контролируемого здания.

Для обследования выбираются жилые этажи: желательно второй и предпоследний со свободным доступом к внутренним и наружным поверхностям ограждающих конструкций здания.

При необходимости строятся термопрофили и гистограммы по выбранным областям и линиям на ограждающих конструкциях.

Входными данными для проведения расчетов сопротивления теплопередаче в реперной зоне и приведенного сопротивления теплопередаче являются:

- Проектные толщины и теплофизические характеристики ограждающей конструкции;
- Температуры наружного воздуха вблизи ограждающей конструкции,

- Температуры воздуха внутри ограждающей конструкции,
- Скорость движения воздуха вблизи контролируемой поверхности,
- Относительная влажность наружного воздуха,
- Барометрическое атмосферное давление,
- Излучательные характеристики поверхностей.

Выходными данными являются:
- Теплопроводность исследуемого слоя ограждающей конструкции;
- Термичесое сопротивление в реперной зоне;
- Коэффициенты теплоотдачи на внутренней и внешней поверхностях;
-Приведенное сопротивление теплопередаче обследуемой ограждающей конструкции.

Расчет теплотехнических характеристик выбранной области наружной ограждающей конструкции выполняется автоматически и по результатм обработки данных и проведения вычислительных операций формируется «Протокол по результатам энергетического обследования объекта тепловизионным методом».

По окончании работы по обследованию наружной ограждающей конструкции здания оформляется вкладыш к энергетическому паспорту (в соответствии с МГСН 2.01-99) согласно таблице 3.

6.6 Результаты измерений

По результатам испытаний оформляют «Протокол по результатам энергетического обследования объекта тепловизионным методом».

Содержание протокола в полном виде отражает следующую информацию:

- наименование организации, производящей съемку (фамилии операторов, их квалификация и т.д.);
- использованная аппаратура (номера сертификатов качества и т.д.);
- описание конструкции здания;
- типы использованных материалов;
- время и дата съемки;
- температура наружного воздуха, ее максимальные и минимальные значения за последние 5 суток;
- общая информация о солнечном излучении на период измерений;
- осадки, скорость и направление ветра;
- температура внутри помещений и температурный напор;
- разница давления воздуха на стороне, направленной к ветру, и с подветренной стороны для каждого этажа;
- дополнительные факторы, влияющие на измерения (например, быстрые климатические изменения);
- справки по условиям измерений;
- эскизы здания и привязка к ним термограмм (или схемы здания с отмеченными дефектами);
- термограммы (панорамные и отдельных участков);
- качественный анализ термограмм;
- количественный анализ термограмм (расчет теплопотерь, сопротивления теплопередаче);
- список обнаруженных строительных дефектов по степени их опасности с учетом принятых критериев дефектности;
- протокол обработки результатов на ЭВМ;
- результаты дополнительных исследований;
- выводы и рекомендации.

В зависимости от целей диагностики и условий контракта содержание протокола может изменяться .

Таблица 3

Вкладыш к энергетическому паспорту проекта здания
(п. 6.8 МГСН 2.01-99).

Адрес: _____

Общая часть: _____(приводится описание ограждающих конструкций)_____

РЕЗУЛЬТАТЫ НАТУРНЫХ ИСПЫТАНИЙ
(существующего здания)

Позиция Энергетического паспорта	Наименование показателей и характеристик (раздел 2)	Обозначение	Единица измерения	Количество	
				По проекту	По результатам натурных испытаний
1	2	3	4	5	6
2.2.1	Приведенное сопротивление теплопередаче СТЕН	R^r_w	кв.м С/Вт		
2.2.1	Приведенное сопротивление теплопередаче ОКОН И БАЛКОННЫХ ДВЕРЕЙ	R^r_F	кв.м С/Вт		
2.2.1	Приведенное сопротивление теплопередаче НАРУЖНЫХ ДВЕРЕЙ И ВОРОТ, ВИТРАЖЕЙ	R^r_{ed}	кв.м С/Вт		

Выводы и рекомендации _____

Дата проведения испытаний: _____

Организация, должность, И.О. исполнителей: _____

печать (штамп)

☐ - заполняется исполнителем перед проведением испытаний.

Таблица 4

Коэффициент теплоотдачи на внутренних поверхностях, рекомендуемый СНиП II-3-79*

Внутренняя поверхность ограждающих конструкций	Коэффициент теплоотдачи, $\alpha_в$, Вт/(м^2 ·°С)
1. Стен, полов, гладких потолков, потолков с выступающими ребрами при соотношении высоты ***h*** ребер к расстоянию ***a*** между гранями соседних ребер ***h/a ≤ 0,3***	8,7
2. Потолков с выступающими ребрами при отношении ***h/a > 0,3***	7,6
3. Зенитных фонарей	9,9
Примечание. Коэффициент теплоотдачи $\alpha_в$ внутренней поверхности ограждающих конструкций животноводческих и птицеводческих зданий следует применять в соответствии со СНиП 2.10.03-84.	

Таблица 5

Коэффициент теплоотдачи на наружных поверхностях, рекомендуемый СНиП II-3-79*

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

7 Нормативы, процедура и периодичность контроля погрешности результатов измерений

Поверка тепловизоров

Поверка тепловизоров, являющихся приборами для измерения температуры, производится установленным порядком в территориальных органах Госстандарта РФ с использованием аттестованных радиационных эталонов температуры (моделей черных тел). Межпроверочный интервал устанавливается для отдельных типов приборов. В частности, для аппаратуры фирмы AGEMA Infrared Systems Inc. Госстандартом РФ межпроверочный интервал установлен равным 2-м годам.

Поверка вспомогательных приборов

Поверка вспомогательных приборов (см. п. 5) производится установленным порядком в территориальных органах Госстандарта РФ.

8 Требования к оформлению результатов измерений

Результаты тепловизионной диагностики ограждающих конструкций зданий и сооружений оформляются протоколом (см. табл. 3).

9 Требования к квалификации операторов

Тепловизионная диагностика ограждающих конструкций зданий и сооружений должна проводиться группой не менее двух операторов, изучивших техническую и эксплуатационную документацию на используемое оборудование, владеющих основами тепловизионного контроля, теплотехнических обследований, работы с тепловизионной техникой и компьютером, один из которых должен иметь квалификацию не ниже II уровня в области неразрушающего контроля и технической диагностики. Один из операторов является руководителем работ на месте.

10 Требования к обеспечению безопасности работ

Изменения температур наружной поверхности высотных исследуемых конструкций проводят с соблюдением требований безопасности при работе на высоте, СНиП III-4-80.

Тепловизионная диагностика проводится согласно требования Правил эксплуатации электроустановок с напряжением ниже 1000 В. Группа тепловизионной диагностики, состоящая из 2-х или более операторов, должна работать в сопровождении инженера-технолога.

При диагностике тепловыделяющих объектов в условиях эксплуатации операторы должны пройти инструктаж по технике безопасности в установленном порядке и расписаться в журнале по ТБ.

Тепловизоры и пирометры относятся к электроустановкам с рабочим напряжением ниже 1000 В, не создающим экологическую угрозу.

Приложение 1. Комплектация системы «ВЕМО-2000»

Наименование комплектующих	**Примечание**
Тепловизор , включающий тепловизионный и видеоканалы, блок питания и осветительный прибор (Марка тепловизора согласуется с Заказчиком)	Импортного или отечественного производства
Компьютерный блок типа «Ноутбук» Российской сборки	Гарантия 3 года
Программное обеспечение к тепловизору	Импортного или отечественного производства
Комплект приборов для измерения параметров окружающей среды и объекта контроля	Приборы Российского производства
Механические и электрические узлы и приспособления для монтажа и комплектации системы	Российское производство (комплектует ООО «ВЕМО»)
Комплект технической и эксплуатационной документации на систему в целом и на отдельные блоки	Разрабатывает и выпускает ООО «ВЕМО»
Методика тепловизионного обследования и пакет программного обеспечения, реализующий методику (на магнитных носителях)	Оригинальная Российская разработка фирмы «ВЕМО»*
Обучение операторов Заказчика работе на системе «ВЕМО»	На фирме «ВЕМО» или на фирме Заказчика
Автомобиль, цифровой фотоаппарат	Опцион заказчика

***- аттестованы либо сертифицированы Госстандартом России**



С В И Д Е Т Е Л Ь С Т В О
№ 09 /442-2001
об аттестации МВИ

Методика Диагностики и энергетических обследований наружных ограждающих конструкций строительных сооружений тепловизионным бесконтактным методом.

разработанная Обществом по внедрению передовых технологий ООО "ВЕМО"

и* регламентированная *в ГОСТ 26629 - 85 и СниП II - 3 - 79*

аттестована в соответствии с ГОСТ Р 8.563-96.

Аттестация *осуществлена по результатам метрологической экспертизы материалов* МВИ

В результате аттестации МВИ установлено, что МВИ соответствует предъявляемым к ней метрологическим требованиям и обладает следующими основными метрологическими характеристиками:

ПГ измерения температуры ± 2 °С (в диапазоне -50 ...+ 50 °С),
ПГ измерения сопротивления теплопередаче ± 15%.

Начальник лаборатории 442 В.А.Медведев

Главный спец. лаборатории 442 В.И.Сухарев

" 09 " июля 2001г.

gost.e-ecolog.ru