

СОГЛАСОВАНО

Руководитель Службы строительного надзора
и жилищного контроля Красноярского края

А.Е.Пряничников

«13» Апр 2011г.



**МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПРОВЕДЕНИЮ
ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ОБСЛЕДОВАНИЯ ВНОВЬ ВВОДИМЫХ И
РЕКОНСТРУИРУЕМЫХ ЗДАНИЙ, А ТАКЖЕ ЗДАНИЙ, ВВОДИМЫХ
В ЭКСПЛУАТАЦИЮ ПОСЛЕ КАПИТАЛЬНОГО РЕМОНТА**

ОАО "Красноярский ПромстройНИИпроект"

Частичное или полное
тиражирование и(или) копирование,
а так же любое иное использование
без письменного согласования с разработчиком
НЕ ДОПУСКАЕТСЯ

**Контрольный
экземпляр
исполнителя**

РАЗРАБОТАНО

Генеральный директор ОАО

«Красноярский ПромстройНИИпроект»

А.А.Архипов

2011г



Содержание

Введение

1. Общие положения.
2. Термины и определения.
3. Комплексное теплотехническое обследование наружных ограждающих конструкций с применением тепловизионной техники.
4. Определение воздухопроницаемости ограждающих конструкций с расчетом кратности воздухообмена.
5. Определение удельного потребления тепловой энергии на отопление.

Приложение 1. Методика определения теплотехнических показателей с использованием тепловизионной техники.

Приложение 2. Методика определения удельного потребления тепловой энергии на отопление.

Приложение 3. Методика определения сопротивления теплопередаче реперной зоны.

Приложение 4. Методика определения воздухопроницаемости ограждающих конструкций в натуральных условиях.

ИСПОЛНИТЕЛИ:

Руководитель испытательного центра
(ИЦ «КРАССТРОЙ»)

О.С. Рашкина

Заведующая лабораторией теплофизики
и ограждающих конструкций (ЛТФиОК)

Л.Б. Письменова

Руководитель центра энергоаудита

М.П. Говорушкин

Главный специалист по теплотехнике

В.Г. Сербин

Заведующий лабораторией автоматизации
и измерительной техники

В.И. Тихонов

Введение

Целью настоящих Методических рекомендаций по проведению энергетического обследования вновь вводимых, реконструируемых и после капитального ремонта зданий (далее Рекомендации) является обеспечение оптимального выполнения положений Федерального закона от 23 ноября 2009 г. № 261-ФЗ.

Рекомендации определяют процедуру проведения энергетических обследований, последовательность подготовки, осуществления и оформления результатов энергетических обследований.

Рекомендации разработаны в соответствии и с использованием требований действующих нормативно-технических документов.

1. Общие положения

1.1. При проведении энергетического обследования (энергоаудита) производится оценка эффективности использования, (в том числе по показателям энергоэффективности) потребляемой энергии. Под показателем энергоэффективности понимается абсолютная, удельная или относительная величина потребления или потерь энергетических ресурсов. По результатам энергоаудита составляется энергетический паспорт установленного образца, либо уточняется существующий.

1.2. По срокам проведения энергетические обследования подразделяются на:

* Первичные - Проводятся в отношении потребителей ТЭР, ранее не подвергавшихся энергетическим обследованиям или перерыв в обследованиях которых составляет 5 и более лет.

* Предэксплуатационные - Проводятся перед началом или вначале эксплуатации оборудования потребителем ТЭР для определения характеристик энергоэффективности и их соответствия паспортным, проектным и нормативным показателям.

По объемам проводимых работ энергоаудит потребителей ТЭР подразделяется на:

* Экспресс-обследование - Проводится по сокращенной программе, как правило, с минимальным использованием или без использования приборного оборудования и носит ограниченный по объему и времени проведения характер. При этом может проводиться оценка отдельных показателей энергоэффективности.

* Полное инструментальное обследование - Проводится с инструментальными замерами, необходимый объем которых определяется энергоаудитором в соответствии с согласованной программой энергетического обследования конкретного объекта.

1.3. На проведение работ по энергетическому обследованию зданий имеют право организации, получившие допуск соответствующей СРО и внесенные в Реестр энергоаудиторских организаций.

1.4. Организации должны иметь необходимое инструментальное и приборное оборудование. Все приборы, используемые при обследовании, должны быть внесены в госреестр средств измерений или иметь сертификат соответствия с разрешением к применению в РФ. Средства измерения должны быть поверены (или откалиброваны), установка по определению воздухопроницаемости аттестована в установленном порядке.

1.5. Организации должны иметь опыт выполнения работ в соответствующей области деятельности, располагать квалифицированным и аттестованным персоналом, а также быть независимыми в организационном и финансовом отношении от организаций- заказчиков.

Работы по тепловизионному обследованию должны проводить специалисты, прошедшие обучающий курс работы на тепловизоре на базе производителя и имеющие удостоверения оператора-термографиста.

Заключение по результатам тепловизионного обследования выдается инженером-теплотехником с высшим профильным образованием и стажем работы не менее 3 лет по специальности.

1.6. Объектом обследования являются полностью подготовленные к вводу в эксплуатацию квартиры, помещения или группа помещений в зданиях любого назначения.

При энергоаудите многоэтажных зданий требуется обследовать не менее трех квартир, в том числе одну угловую, на первом, среднем и верхнем этажах в подъезде (блок-секции) с учетом ориентирования испытываемых стен на север, северо-восток или северо-запад.

1.7. Энергетическое обследование для вновь вводимых, реконструируемых и после капитального ремонта зданий предполагает:

- **Комплексное теплотехническое обследование наружных ограждающих конструкций** (далее НОК) с применением тепловизионной техники по ГОСТ 26629-85 «Метод тепловизионного контроля качества теплоизоляции ограждающих конструкций», ГОСТ 26254-84 «Методы определения сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций» и МДС 23-1.2007 «Методические рекомендации по комплексному теплотехническому обследованию наружных ограждающих конструкций с применением тепловизионной техники».

- **Определение воздухопроницаемости ограждающих конструкций с расчетом кратности воздухообмена** в соответствии с ГОСТ 31167 «Здания и сооружения. Методы определения воздухопроницаемости ограждающих конструкций в натуральных условиях», СНиП 23-02-2003.

- **Определение удельного потребления тепловой энергии на отопление здания** в соответствии с требованиями ГОСТ 31168.

- **Теплотехнический расчет ограждающих конструкций** СНиП 23-02-2003.

2. Термины и определения

Дефект – каждое отдельное несоответствие продукции требованиям проектной и/или нормативной документации, ухудшающее его свойства.

Тепловой неразрушающий контроль – неразрушающий контроль, основанный на регистрации температурных полей объекта контроля.

Критический дефект ограждающей конструкции – теплотехнический дефект, который приводит к понижению температуры на внутренней поверхности НОК ниже точки росы при расчетных температурно-влажностных условиях.

Реперные зоны (базовые участки) - зоны без температурных аномалий на поверхности объекта контроля, на которых проводят контактные измерения температуры и тепловых потоков и настраивают тепловизор.

Температурная аномалия - локальное отклонение температуры поверхности от нормы.

Температурное поле - совокупность мгновенных значений температуры во всех точках поверхности объекта контроля или его отдельного участка.

Термограмма - тепловое изображение объекта контроля или его отдельного участка.

Инфильтрация – перемещение воздуха через ограждающие конструкции из окружающей среды в помещение за счет теплового и ветрового напоров, формируемых разностью температур и перепадом давления воздуха снаружи и внутри помещений.

Воздухопроницаемость – свойство ограждения пропускать воздух.

Кратность воздухообмена объекта при испытаниях – отношение объемного расхода воздуха к внутреннему объему в единицу времени, ч⁻¹.

Теплозащита – свойство совокупности ограждающих конструкций, образующих замкнутый объем внутреннего пространства здания, сопротивляться переносу теплоты между помещением и наружной средой, а также между помещениями с различной температурой воздуха.

Теплопередача – перенос теплоты через ограждающую конструкцию от взаимодействующей с ней среды с более высокой температурой к среде с другой стороны конструкции с более низкой температурой.

Общий коэффициент теплопередаче здания – показатель, характеризующий интенсивность теплопередачи через наружные ограждающие конструкции здания, включающий трансмиссионную и инфильтрационную составляющие, численно равный осредненной по площади плотности теплового потока, отнесенного к разности температур внутреннего и наружного воздуха в 1°С и 1м².

Класс энергетической эффективности – обозначение уровня энергетической эффективности здания, характеризуемого интервалом значений удельного потребления тепловой энергии на отопление здания за отопительный период.

3. Комплексное теплотехническое обследование наружных ограждающих конструкций с применением тепловизионной техники

3.1. Комплексное теплотехническое обследование НОК осуществляют в натуральных условиях преимущественно в осенний, зимний и весенний периоды при разности температуры внутреннего и наружного воздуха не менее чем 20 градусов, при полном отоплении здания (минимальная температура в центре обследуемого помещения на высоте 1,5 м от пола не менее 14⁰С) и устойчивой работе системы отопления (параметры теплоносителя в ТП на «подаче» и «обратке» в установленных проектом пределах). В исключительных случаях, при подтверждении расчетами и техническими характеристиками оборудования комплексное теплотехническое обследование, возможно, проводить при разности температуры внутреннего и наружного воздуха 15 градусов.

3.2. Комплексное теплотехническое обследование НОК зданий и сооружений с применением тепловизионной техники основано на определении сопротивления теплопередаче в реперной зоне и дистанционном измерении тепловизором температуры поверхностей ограждающих конструкций, между внутренними и наружными поверхностями которых имеется температурный перепад.

При этом проводится:

- исследование температурно-влажностного и воздушного режима помещений (квартир) здания;
- измерение температур и термографирование всей поверхности ограждающей конструкции, при невозможности полного охвата поверхности, заранее определенные участки наружной и внутренней поверхностей стены ;
- расшифровка термограмм, полученных с помощью тепловизора, представление их панорамных изображений в виде изотерм;
- выявление возможных теплотехнических неоднородностей стеновой панели, заполнений стыков и оконных блоков;
- расчет максимальных, минимальных и средних температур отдельных участков внутренней и наружной поверхностей ограждающей конструкции, коэффициентов теплотехнической однородности (при необходимости), локальных или приведенных сопротивлений теплопередаче;

3.3. Подготовку, проведение работ и оформление результатов осуществляют в соответствии с Приложением 1.

Определение сопротивления теплопередаче в реперной зоне проводят в соответствии с Приложением 3.

3.4. При обработке результатов обследований проводится анализ проектно-конструкторских решений, выявляется соответствие основных теплотехнических показателей узлов конструкции нормативным требованиям.

Результаты учитываются при оценке энергоэффективности здания, заносятся в энергетический паспорт, используются для разработки мероприятий в случае получения несоответствия нормативным требованиям (СНиП 23-02-2003).

4. Определение воздухопроницаемости ограждающих конструкций с расчетом кратности воздухообмена

4.1. Объектом испытания могут быть квартиры, помещения или группа помещений в зданиях любого назначения, которые имеют в процессе испытания температуру внутреннего воздуха более 10°C. Помещения должны иметь проем (дверной или оконный), в который можно установить испытательную аппаратуру.

4.2. Определение воздухопроницаемости проводят в трех квартирах, в том числе одной угловой, на первом или последнем этаже в любой период года.

Ограждающие конструкции объекта не должны иметь отверстий и щелей, свободно пропускающих воздух внутрь испытываемого объема и из него.

4.3. Сущность метода заключается в том, что в испытываемый объект нагнетают или отсасывают из него воздух и после установления стационарного воздушного потока через вентилятор при фиксированном перепаде давления между испытываемым объемом и наружной средой измеряют расход воздуха через вентилятор и приравнивают его к расходу воздуха, фильтрующегося через неплотности ограждений, ограничивающих испытываемый объект.

По результатам измерений вычисляют обобщенные характеристики воздухопроницаемости испытываемого объекта.

4.4. Подготовку к испытанию, проведение испытаний и обработку результатов осуществляют в соответствии с Приложением 4.

4.5. В результате испытаний определяют объемный расход воздуха через ограждающие конструкции, на основании его значения, с учетом объема помещения, определяют кратность воздухообмена.

4.6. Результаты испытаний и расчетов сравниваются с проектными и нормативными, учитываются при определении энергоэффективности здания, заносятся в энергетический паспорт или используются для разработки корректирующих мероприятий в случае получения отрицательного результата (несоответствие СНиП 23-02-2003).

5. Определение удельного потребления тепловой энергии на отопление

5.1. Показатель удельного потребления тепловой энергии на отопление здания определяется с целью подтверждения соответствия нормализованного удельного потребления тепловой энергии на отопление за отопительный период эксплуатируемого здания нормативным значениям согласно СНиП 23-02-2003 «Тепловая защита зданий» с учетом требований ГОСТ Р 51380 и ГОСТ Р 51387.

5.2. Сущность метода заключается в том, что в отопительный период для определенных интервалов времени в испытываемых помещениях измеряют расход тепловой энергии на отопление и среднюю температуру воздуха внутри и снаружи здания.

Рассчитывают для тех же интервалов времени величины общих тепловых потерь через ограждающие конструкции здания, равные измеренным расходам тепловой энергии на отопление и суммарным теплопоступлениям (бытовым и солнечной радиации через светопроемы).

По рассчитанным общим теплотерям при соответствующих разностях температур внутреннего и наружного воздуха определяют линейную зависимость наилучшего приближения к этим данным и по линейной зависимости и внутренним размерам помещений и ограждающих конструкций вычисляют общий коэффициент теплопередаче наружных ограждений здания и удельное потребление тепловой энергии на отопление здания за отопительный период, а также устанавливают класс энергетической эффективности здания.

5.3. Объектами испытания являются вводимые в эксплуатацию отапливаемые многоквартирные жилые здания, помещения или группа помещений в здании, а также многоквартирные дома.

Объект испытаний должен иметь устойчиво работающую систему отопления, оснащенную устройствами авторегулирования, обеспечивающими заданную подачу теплоты для поддержания температуры в помещениях в пределах допустимых параметров в соответствии с ГОСТ 30494.

5.4. Обследования проводят при изменении среднесуточных температур наружного воздуха, близком к стационарному режиму теплопередачи в холодный период года. Отклонение фактического режима теплопередачи от стационарного оценивают по справочному приложению № 2 ГОСТ 26629-85.

5.5. Перед измерениями на основе проектной документации определяют места установки портативных расходомеров жидкости во внутреннем тепловом контуре на подающем трубопроводе. Места установки определяются в соответствии с инструкцией по эксплуатации расходомера.

5.6. Определяется перечень помещений, в которых будут производиться замеры температуры внутреннего воздуха. Температуру воздуха измеряют в нескольких помещениях, расположенных на различных этажах и ориентированных на разные стороны света, но не менее чем в 30 % помещений здания, для возможности оценки среднеарифметической температуры воздуха в здании.

5.7. Подготовку к испытаниям, проведение замерных работ, обработку результатов, осуществляют в соответствии с Приложением 2.

5.8. По результатам энергетического обследования оформляется отчет о проделанной работе с результатами инструментального обследования, расчетными материалами и энергетический паспорт (при необходимости).

6. Нормативные документы

1. СНиП 23-02-2003 Тепловая защита зданий.
2. ГОСТ 25314-82 Контроль неразрушающий тепловой. Термины и определения.

3. ГОСТ 25380-82 Здания и сооружения. Метод измерения плотности тепловых потоков, проходящих через ограждающие конструкции
4. ГОСТ 26254-84 Здания и сооружения. Методы определения сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций.
5. ГОСТ 26629-85 Здания и сооружения. Метод тепловизионного контроля качества теплоизоляции ограждающих конструкций.
6. ГОСТ 8.207-76 ГСИ Прямые измерения с многократными наблюдениями. Методы обработки результатов наблюдений. Основные положения.
7. ГОСТ 31167-2009 Здания и сооружения. Методы определения воздухопроницаемости ограждающих конструкций в натуральных условиях.
8. ГОСТ 11442-90 Вентиляторы осевые общего назначения. Общие технические условия.
9. ГОСТ Р 51380-99 Энергосбережение. Методы подтверждения соответствия показателей энергетической эффективности энергопотребляющей продукции их нормативным значениям.
10. ГОСТ Р 51387-99 Энергосбережение. Нормативно-методическое обеспечение. Основные положения.
11. ГОСТ 30494-96 Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях.
12. ГОСТ 31166-2003 Конструкции ограждающие зданий и сооружений. Метод калориметрического определения коэффициента теплопередаче.
13. ГОСТ Р 50342-92 Преобразователи термоэлектрические. Общие технические условия.
14. ГОСТ Р 51649-2000 Теплосчетчики для водяных систем теплоснабжения. Общие технические условия.

ОАО "Красноярский ПроектстройНИИпроект"

**Частичное или полное
тиражирование и(или) копирование,
а так же любое иное использование
без письменного согласования с разработчиком –
НЕ ДОПУСКАЕТСЯ**

Методика определения теплотехнических показателей с использованием тепловизионной техники

1. АППАРАТУРА И ОБОРУДОВАНИЕ

1.1. Для контроля качества теплоизоляции ограждающих конструкций применяется малогабаритный термограф марки Иртис. Допускается применение иных тепловизоров, отвечающих одновременно следующим требованиям:

спектральный диапазон.....3—5 мкм;
 рабочие температурыот -40 °С до 80 °С;
 диапазон измеренийот -40 °С до 100 °С;
 температурная чувствительностьне более 0,1 °С;
 абсолютная погрешность измерения температуры не более ± 1 °С;
 разрешения кадра.....не менее 256×256;
 время автономной работыне менее 3 ч.

1.2. При тепловизионном контроле необходимо использование дополнительной аппаратуры и материалов.

1.2.1. Для проведения измерений непосредственно на объекте:

- Измерение температур поверхностей и воздуха у реперных участков производят цифровым термометром типа ТК 5.06 с функцией измерения относительной влажности со следующими параметрами:
 рабочие температурыот -40 °С до 80 °С;
 диапазон измерений температуры.....от -40 °С до 100 °С;
 абсолютная погрешность измерения температуры не более $\pm 0,5$ °С;
 период регистрации отсчетов.....2—300 мин;
 количество запоминаемых отсчетов.....не менее 1000;
 время автономной работыне менее 7 суток;
 длина линии связи регистратора с первичными преобразователями температуры.....не менее 5 м.
- В местах с затрудненным доступом используют дистанционный инфракрасный термометр (пирометр).
- Определение скоростей воздушного потока у поверхностей стен (для расчетов фактических величин коэффициентов теплообмена) производят термоанемометром с точностью измерения 0,1 м/сек.
- Измерение расстояний до обследуемого объекта производят лазерным дальномером с погрешностью измерения не более 1,5 мм типа серии Leica Disto.
- Визуализацию зон термографирувания производят с помощью цифрового фотоаппарата.

1.2.2. Для обработки результатов в лабораторных условиях используется:

- ПК IBM PC/AT с выводом результатов на цветной принтер.

- Пакет прикладных программ по расшифровке термоизображений, созданию панорам и расчету температур.

2. УСЛОВИЯ ПРОВЕДЕНИЯ ОБСЛЕДОВАНИЙ С ТЕПЛОВИЗОРОМ

2.1. Зимние натурные теплотехнические обследования проводят преимущественно до заселения помещений, но при полном отоплении здания и устойчивой работе системы отопления.

2.2. Объектом испытаний являются все наружные стеновые панели и их стыковые соединения, оконные откосы, а также горизонтальные стыки наружных панелей и панелей перекрытий полов первых этажей с техподпольями или другими неотапливаемыми помещениями.

2.3. Тепловизионные измерения производят при перепаде температур между наружным и внутренним воздухом, превосходящим минимально допустимый перепад, определяемый по формуле:

$$\Delta t_{\min} = \Theta \cdot R^{\circ} \cdot \alpha \cdot r / (1 - r)$$

где

Θ - предел температурной чувствительности термографа (тепловизора), °С;

R° - проектное значение сопротивления теплопередаче, м²·°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/(м²·°С);

r - относительное сопротивление теплопередаче подлежащего выявлению дефектного участка ограждающей конструкции, принимаемое равным отношению значения требуемого нормативно-технической документации к проектному значению сопротивления теплопередаче, но не более 0,85.

2.4. Обследования проводят при изменении среднесуточных температур наружного воздуха, близком к стационарному режиму теплопередачи в холодный период года. Отклонение фактического режима теплопередачи от стационарного оценивают по справочному приложению № 2 ГОСТ 26629-85.

2.5. Натурные тепловизионные обследования проводят по возможности при отсутствии атмосферных осадков, тумана и задымленности. Обследуемые поверхности должны быть очищены от грязи, плесени, наледи, снега и других налетов, несвойственных материалам исследуемых конструкций.

2.6. Во время съемки изменение температурного напора не должно превышать 30% действительного начального значения. Температура воздуха внутри помещения не должна изменяться более чем на ± 2⁰С, а измеряемые объекты не должны подвергаться воздействию солнечной радиации в течение предшествующих 12 ч.

2.7. Обследуемые наружные поверхности не должны подвергаться в процессе измерений длительному воздействию прямого и отраженного солнечного облучения. 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.

2.8. Перед изменениями наружную поверхность обследуемой стены условно разбивают на одинаковые квадраты с известной стороной таким образом, чтобы их термоизображения целиком располагались на экране видеомонитора с данного фиксированного расстояния. Разбивку следует производить с захватом в одном в обзорное поле тепловизора областей с горизонтальными и вертикальными стыками панелей верхних и нижних этажей, съемка последовательных термограмм производится с перекрытием кадров не менее 20%.

2.9. На каждом квадрате исследуемой поверхности оператором выбираются по две реперные точки, температуры в которых должны быть измерены контактным или дистанционным способом и занесены в журнал наблюдений. Кроме того на обследуемой поверхности участков по возможности выбирают геометрический репер, которым могут служить линейные размеры вертикальных и горизонтальных стыков, размеры простенков, оконных откосов и др.

2.10. Поверхности ограждающих конструкций в период тепловизионных измерений не должны подвергаться дополнительному тепловому воздействию от биологических объектов, источников освещения. Минимально допустимое приближение оператора тепловизора к обследуемой поверхности составляет 0,5 м, электрических ламп накаливания - 2 м.

2.11. Отопительные приборы, установленные на отnose с расстоянием более 10 см от обследуемой поверхности или находящиеся на примыкающих к ней поверхностях, следует экранировать пленочными материалами с низким коэффициентом излучения.

2.12. Удаленность мест установки тепловизора L в метрах от поверхности объекта определяют по формуле:

$$L \leq \Delta H * N_c / 10 \varphi$$

где

φ - угловой вертикальный размер поля обзора тепловизора, рад;

ΔH - линейный размер подлежащего выявлению участка ограждающей конструкции с нарушенными теплозащитными свойствами, принимаемый при контроле внутренней поверхности от 0,01 до 0,2 м; при контроле наружной поверхности - от 0,2 до 1 м;

N_c - число строк развертки в кадре тепловизора.

3. ПРОВЕДЕНИЕ ОБСЛЕДОВАНИЙ

3.1. Перед началом обследований термогигрометром измеряют температуру и относительную влажность воздуха в центре помещения и на расстоянии около 10 см от поверхностей участков наружных стен на высоте 1,5 метра от пола, а также температуру и относительную влажность наружного воздуха. Измеряют так же термоанемометром скорость движения воздуха (м/с) в нескольких местах по высоте стены как с внутренней, так и, по возможности, с наружной стороны.

3.2. Определяют выбранную точку для обследования, с помощью лазерного дальномера измеряют расстояния от объекта, тепловизор устанавливают на выбранном месте, включают и настраивают в соответствии с инструкцией по его эксплуатации.

3.3. Оператор-термографист размещается по возможности по центру обследуемого объекта, так, чтобы угол отклонения от оси по вертикали в обе стороны был одинаковым.

3.4. Термографирование проводят последовательно по намеченным участкам, с перемещением по линейным направлениям и покадровой записью термограмм на портативный носитель информации.

3.5. Термографирование поверхности стены по возможности производят в перпендикулярном направлении к стене. Возможные отклонения от этого направления влево, вправо, вверх и вниз не должны превышать 60° , в зависимости от характеристик используемой аппаратуры.

Измерения должны производиться с фиксированного расстояния, обычно оптимальное расстояние до стены составляет от 5 до 50 метров для наружных поверхностей ограждающих конструкций (в зависимости от характеристик используемой аппаратуры). При перемещении оператора вдоль объекта и целях корректности последующих расчетов фиксированное расстояние желательно сохранять.

3.6. Термографирование наружной поверхности стен верхних этажей, если невозможен близкий подход к ним с балконов, лоджий или из соседних близко стоящих сооружений, можно ограничить общим панорамным снимком, охватывающим всю стену с вертикальными и горизонтальными стыками.

3.7. Параллельно с термографированием производят фотографирование участков подвергаемых тепловизионному обследованию.

3.8. После окончания термографирования необходимо провести визуальный осмотр состояния теплоизоляции.

3.9. Результаты термографирования и визуально-инструментальных наблюдений заносят в журнал наблюдений по установленной форме.

4. ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ ОБСЛЕДОВАНИЯ

4.1. Обработка результатов обследования в основном сводится к расшифровке термоизображений, получению качественных термограмм и созданию панорамных представлений объекта термографирования.

4.2. Обработка термограмм производится в лабораторных условиях на ПК оснащенных специализированной программой для их обработки.

4.3. При обработке термограммы одного участка ограждающей конструкции, сделанные из одной точки, приводят к одной температурной шкале и с использованием специализированной программы создают панорамное изображение участка конструкций.

4.4. Тепловое изображение наружной поверхности ограждающей конструкции представляют в виде обзорных термограмм, определяют дефектные зоны.

4.5. По результатам тепловизионной съемки выбираются базовые участки – термически однородные зоны ограждения (вне зон влияния углов, конструкционных и теплопроводных стыков) в которых устанавливаются датчики для измерения тепловых потоков для измерения сопротивления теплопередачи участка ограждающей конструкции.

4.6. На основе полученных панорамных изображений проводят качественный анализ тепловых изображений, на которых оператор-термографист устанавливает зоны тепловых аномалий и на основании своего опыта и дополнительных сведений об объекте контроля и амплитуде обнаруженной аномалии принимает решение о том, соответствует ли обнаруженная аномалия строительному или архитектурному дефекту.

4.7. Классификацию обнаруженных тепловых аномалий проводит, как правило, оператор-термографист, являющийся руководителем работ по тепловизионному обследованию. При качественной оценке тепловых аномалий (анализе термограмм дефектов) решающими факторами являются сведения о тепловом режиме здания, опыт оператора и качество созданных панорамных изображений.

4.8. Общими при проведении качественного анализа являются следующие правила:

- Инфракрасную съемку следует дополнять фотоизображением. Видимое и инфракрасное изображения могут не соответствовать друг другу.
- Оценку тепловых аномалий следует производить как по величине температурного перепада в зоне аномалии, так и методом сравнения с эталонной зоной. Эталонная зона должна выбираться аналогичной контролируемой и находиться в тех же условиях теплообмена (располагаться вблизи исследуемой зоны).
- Поверхности, визируемые под большим углом, кажутся холоднее. При съемке под большим углом удаленные области кажутся холоднее ближних.
- При панорамной съемке многоэтажных зданий верхние этажи теплее нижних, что связано с естественной конвекцией.
- При положительной разнице температур между внутренним и наружным воздухом «тепловые мостики» выглядят более холодными при осмотре изнутри и более теплыми при осмотре снаружи.
- Изображения солнечных бликов перемещаются при перемещении оператора относительно объекта контроля, тогда как температурные эффекты не изменяют существенного вида теплового поля при изменении ракурса съемки.
- Тепловые аномалии отображаются на термограммах в виде областей повышенной или пониженной температуры и соответствуют:
 - архитектурным дефектам;

- неоднородностям коэффициента излучения поверхности;
- неоднородности теплообмена с окружающей средой;
- различного рода дефектам.

4.9. По результатам тепловизионного контроля ограждающих конструкций оператор-термографист дает заключение о выявленных дефектах ограждающих конструкций и возможности или невозможности их эксплуатации.

5. ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ

Измерение температуры и тепловых потоков на наружной поверхности ограждающих конструкций на этажах выше первого проводят с лоджий и балконов с соблюдением требований безопасности при работе на высоте (СНиП 12-03).

Тепловизор безопасен в эксплуатации, собственных излучений не имеет.

Частичное или полное
тиражирование и(или) копирование,
а так же любое иное использование
без письменного согласования с разработчиком –
НЕ ДОПУСКАЕТСЯ

ОАО "Красноярский ПромстройНИИпроект"

Методика определения удельного потребления тепловой энергии на отопление здания.

При проведении обследования системы отопления измеряют следующие параметры:

- 1) расход сетевой воды;
- 2) температуру сетевой воды;
- 3) среднюю температуру воздуха в отапливаемых помещениях.

1. АППАРАТУРА И ОБОРУДОВАНИЕ

1.1. Проведение обследования с помощью обычных показывающих или записывающих приборов неэффективно и очень трудоемко, поскольку требуется минимально эксплуатируемая в течение года отопительная система со стационарным режимом работы, а также одновременная регистрация большого количества параметров в течение продолжительного времени. Поэтому для обследования вновь вводимых в эксплуатацию зданий следует в первую очередь использовать микропроцессорные портативные приборы с накопителями информации, типа ультразвуковых расходомеров со следующими параметрами:

- Диаметр труб 50-2000 мм;
- Температура воды до 150 °С;
- Скорость потока - 0,1 - 12 м/с;
- Точность - 3-10%;
- Источник питания - внутренний встроенный аккумулятор с зарядным устройством 220 В, 50 Гц;
- Рабочая температура от -20 до 100⁰С;
- Время непрерывной работы от аккумулятора до 8 часов;
- Возможность записи данных и совместимость с ПК.

1.2. При измерении потребления тепловой энергии необходимо использование дополнительной аппаратуры и оборудования.

1.2.1. Для проведения измерений непосредственно на объекте:

- Измерение температур внутреннего и наружного воздуха производят цифровым термометром с точностью 0,1° типа ТК 5.06;
- Измерение температуры сетевой воды производят ртутными термометрами с ценой деления не более 1°С или цифровыми аналогами;
- Измерение наружного диаметра трубопровода производят штангенциркулем с ценой деления не более 0,1 см;
- Для определения мест установки датчиков используют штангенциркуль с ценой деления не более 0,1 см и/или стальную рулетку с ценой деления не более 0,1 см.

2. ПОДГОТОВКА К ИСПЫТАНИЯМ

2.1. Перед началом испытаний необходимо:

- провести тепловизионное обследование наружных ограждающих конструкций объекта и при обнаружении грубых отклонений от проекта провести устранение дефектов;
- провести испытание на воздухопроницаемость объекта по ГОСТ 31167 и при обнаружении грубых отклонений от проекта провести устранение дефектов;

2.2. Зимние натурные теплотехнические обследования проводят преимущественно в период до заселения помещений, но при полном отоплении здания и устойчивой работе системы отопления. Параметры определяются по аналогии с комплексным теплотехническим обследованием.

2.3. Обследования проводят при изменении среднесуточных температур наружного воздуха, близком к стационарному режиму теплопередачи в холодный период года. Отклонение фактического режима теплопередачи от стационарного оценивают по справочному приложению № 2 ГОСТ 26629-85.

2.4. Перед изменениями на основе проектной документации определяют места установки портативных расходомеров жидкости во внутреннем тепловом контуре на подающем трубопроводе. Места установки определяются в соответствии с инструкцией по эксплуатации расходомера.

2.5. Определяется перечень помещений, в которых будут производиться замеры температуры внутреннего воздуха. Температуру воздуха измеряют в нескольких помещениях, расположенных на различных этажах и ориентированных на разные стороны света, но не менее чем в 30 % помещений здания, для возможности оценки среднеарифметической температуры воздуха в здании. Эта температура нужна для последующего сопоставления фактической величины и нормативного потребления тепловой энергии.

3. ПРОВЕДЕНИЕ ОБСЛЕДОВАНИЙ

3.1. Система регулирования подачи теплоты на отопление должна быть настроена на поддержание расчетного графика температур в подающем трубопроводе с углом наклона, обеспечивающих нулевую подачу теплоты на отопление при температуре наружного воздуха $t=13^{\circ}\text{C}$ для зданий, заселенных людьми с учетом социальной нормы (20 м² общей площади на человека), и 15 °С - для других жилых мансий.

3.2. С помощью штангенциркуля и/или металлической рулетки определяем место установки ультразвукового расходомера жидкости.

3.3. Для обеспечения точности измерений и минимизации погрешности, заранее определенное место установки ультразвукового расходомера жидкости освобождается от имеющейся изоляции, и поверхность труб зачищается до металла.

3.4. Ультразвуковой расходомер жидкости устанавливают на выбранном месте, включают и настраивают в соответствии с инструкцией по эксплуата-

ции.

3.5. Так как суточный график нагрузки отопления достаточно стабилен, следует вести измерения параметров теплоносителя в течение суток с интервалом 1-2 часа. Целесообразно проводить 8 контрольных замеров в течении суток, что позволит учесть перепады потребления в различные суточные периоды.

3.6. Параллельно с установкой ультразвукового расходомера жидкости, на подающем и обратном трубопроводе, в гильзы устанавливаются ртутные термометры для измерения температуры сетевой воды.

3.7. Измерения температуры внутреннего воздуха производятся параллельно с замерами расхода тепловой энергии, цифровым термометром в центре помещений на высоте 1,5 м.

3.8. Измерения температуры наружного воздуха производятся параллельно с замерами расхода тепловой энергии, цифровым термометром в местах, не подвергающихся воздействию солнечной радиации.

3.9. Результаты замеров параметров теплоносителя и температур воздуха заносят в журнал наблюдений по установленной форме.

4. ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ ОБСЛЕДОВАНИЯ

4.1. Рассчитывают среднюю температуру наружного воздуха, °С: $t_{\text{ноф}} = \sum t_n / n$

4.2. Рассчитывают среднюю температуру внутреннего воздуха в помещениях здания, °С: $t_{\text{вн}} = \sum t_{\text{вн}} / n$

4.3. На основании измерений, проведенных при инструментальном обследовании определяются фактические часовые и годовые расходы тепла на отопления, кДж :

$$Q_{\text{оф}} = G_{\text{оф}} \cdot c_{\text{о}} \cdot (t_{\text{о1}} - t_{\text{о2}});$$
$$Q_{\text{огф}} = Q_{\text{оф}} \cdot \frac{t_{\text{вн}} - t_{\text{н.о}}^{\text{ср}}}{t_{\text{вн}} - t_{\text{н.о.ф}}}$$

Где:

$t_{\text{о1}}$ - температура воды на подающей трубе системы отопления, °С;

$t_{\text{о2}}$ - температура воды в обратной трубе системы отопления, °С;

$t_{\text{вн}}$ – температура воздуха внутри помещений, °С;

$t_{\text{ноф}}$ - температура наружного воздуха во время измерений;

$t_{\text{срн.о}}$ °С - средняя температура наружного воздуха за отопительный период, (принимается по СНиП 23-02-2003);

$n_{\text{о}}$ - продолжительность отопительного периода, ч;

$c_{\text{о}}$ - теплоемкость воды отопления, кДж/м³.°С ;

$G_{\text{оф}}$ - расход воды в системе отопления, м³ /ч.

4.4. Расчет удельного расход тепловой энергии на м² производится по фор-

$$q_{\text{н}}^{\text{теп}} = \frac{Q_{\text{о}}}{S \cdot (t_{\text{вн}} - t_{\text{ср.о}})}$$

Методика определения сопротивления теплопередаче реперной зоны

1. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТ

1.1. На предварительно выбранном участке (реперной зоне) наружной стены устанавливаются датчики, регистрирующие температуру и тепловые потоки, кроме этого регистрируется температура внутреннего и наружного воздуха, скорость движения воздуха у поверхности НОК.

1.2. По результатам измерения и тепловых потоков каждые 2-3 дня проводят предварительные расчеты термического сопротивления R_t^p реперной зоны с графическим представлением результатов и оценкой погрешности определения R_t^p .

1.3. При получении удовлетворительных результатов (суммарная погрешность определения R_t^p , включая погрешность, обусловленную нестационарностью процесса теплопередаче, не должна превышать 15%) проводится наружная тепловизионная съемка ограждающих конструкций всего здания и внутренняя съемка в местах установки регистрирующих приборов – реперных зонах.

1.4. Выделенные при наружной съемке участки с температурными аномалиями термографируются дополнительно изнутри.

1.5. Термическое сопротивление различных участков НОК, в том числе и дефектных, определяется расчетным путем по термическому сопротивлению реперной зоны и температурам на наружной поверхности реперной зоны исследуемого участка.

1.6. При необходимости уточнения характеристик дефектных участков на них проводят дополнительные измерения.

1.7. Причина возникновения дефекта устанавливается путем анализа проектной документации и численным моделированием процесса теплопередаче при реальных (зарегистрированных) температурных условиях.

2. ТРЕБОВАНИЯ К ПРИБОРАМ. ПРОВЕДЕНИЕ ИЗМЕРЕНИЙ

2.1. В качестве основных средств измерения должны применяться:

* тепловизор — для визуализации тепловых полей и измерения температуры;

* термометры-регистраторы - для измерения и регистрации температуры воздуха и поверхности ограждающей конструкции;

* измерители-регистраторы плотности теплового потока.

В качестве дополнительных средств измерения рекомендуется применять:

* инфракрасный термометр (пирометр) - для дистанционного оперативного контроля температуры;

* измеритель влажности и температуры воздуха, и строительных материалов.

2.2. Основные средства измерения должны иметь интерфейс связи с ПК.

2.3. Измерение и регистрация температуры в реперных точках должны проводиться контактным термометром-регистратором со следующими характеристиками:

рабочие температуры..... от -40°C до 80°C ;
диапазон измерений температуры..... от -40°C до 10°C ;
абсолютная погрешность измерения температуры не более $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$;
период регистрации отсчетов 2—300 мин;
количество запоминаемых отсчетов не менее 1000
время автономной работы не менее 7 суток;
длина линии связи регистратора с первичными преобразователями температуры..... не менее 5 м.

2.4. Измерение и регистрация плотности теплового потока в реперных точках должны проводиться приборами-регистраторами со следующими характеристиками:

рабочие температуры от -30°C до 70°C ;
диапазон измерений плотности теплового потока от 5 до 999 Вт/м^2 ;
относительная погрешность измерения плотности теплового потока..... не более $\pm 6 \%$;
период регистрации отсчетов..... 2—300 мин;
количество запоминаемых отсчетов не менее 1000
время автономной работы не менее 7 суток;
длина линии связи регистратора с первичными преобразователями плотности теплового потока не менее 10 м

2.5. Измерение температуры и плотности тепловых потоков проводят с внутренней и наружной (по возможности) сторон ограждающих конструкций. Измерение температуры наружного и внутреннего воздуха проводится на расстоянии 10 см от поверхности НОК.

2.6. Погрешность измерения температуры не должна превышать $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$.

2.7. Погрешность измерения плотности теплового потока не должна превышать $\pm 1 \text{ Вт/м}^2$.

2.8. Для измерений выбирают участки поверхности, специфические или характерные для всей исследуемой ограждающей конструкции. Оперативный контроль температуры на исследуемых поверхностях проводится с помощью пирометра.

Выбранные на ограждающей конструкции участки для измерений должны быть ориентированы на северо-восток, иметь поверхностный слой из одного материала, одинаковой обработки и состояния поверхности, иметь оди-

наковые условия по лучистому теплообмену и не должны находиться в непосредственной близости от элементов, которые могут изменить направление и значение тепловых потоков.

2.9. Первичные преобразователи (датчики) плотно прижимают к ограждающей конструкции и закрепляют в этом положении, обеспечивая постоянный контакт с поверхностью исследуемых участков в течение периода измерений.

При креплении преобразователей между ними и ограждающей конструкцией не допускается образование воздушных зазоров. Для исключения их на участке поверхности в местах измерений наносят тонкий слой технического вазелина, перекрывающий неровности поверхности.

Регистрирующие устройства (вторичные преобразователи) располагают на расстоянии 2-5 м от места измерения.

Регистрирующие устройства подготавливают к работе в соответствии с инструкцией по эксплуатации соответствующего прибора.

Регистрацию тепловых потоков, температуры воздуха и поверхности необходимо проводить с интервалом времени, не превышающим 30 мин.

3. ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЙ

3.1. Обработка результатов измерений включает в себя расшифровку информации с регистраторов температуры и тепловых потоков и определение термического сопротивления R_{Ti} в реперных зонах.

3.2. Расчет термического сопротивления в реперных зонах проводится по результатам измерения температуры и плотности теплового потока для каждого i -го измерения.

$$R_{Ti}^p = \frac{(\tau_{bi} - \tau_{ni})}{q_i}$$

где τ_{bi} и τ_{ni} – значения температуры соответственно внутренней и наружной поверхностей ограждающей конструкции, °С;

q_i – значение плотности теплового потока, Вт/м²; рекомендуется при расчете использовать результаты измерений теплового потока на внутренней поверхности.

Результаты всех расчетов представляют в виде числа с тремя значащими цифрами.

3.3. Результаты расчета R_{Ti} представляют в графическом виде вместе с результатами измерения τ_{vi} , τ_{ni} , τ_{vi} , τ_{ni} , q_i

За истинное значение термического сопротивления в реперной точке принимается выборочное среднее значение:

$$\overline{R_{Ti}^p} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n R_{Ti}^p$$

где n – число измерений.

Продолжительность расчетного периода должна быть кратна 24 часам и составлять не менее 2 суток.

3.4. Отбраковка значений R_{Ti} производится при невыполнении условия

$$G_{Ti} = \frac{|\bar{R}_T^p - R_{Ti}^p|}{S} \leq 2$$

где S – выборочное стандартное отклонение для результата отдельного измерения, равное

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\bar{R}_T^p - R_{Ti}^p)^2}{n - 1}}$$

Отбраковка начинается с члена выборки, R_{Ti}^p который характеризуется максимальным значением G_{Ti} , после этого рассчитываются новые значения, R_{Ti}^p , S и G_{Ti} . Процедура отбраковки продолжается до тех пор, пока все значения R_{Ti}^p не будут удовлетворять требуемому условию.

3.5. Погрешность определения термического сопротивления в реперной зоне вычисляется по формуле:

$$\sigma_R = \sqrt{\sigma_{\text{приб}}^2 + \sigma_{\text{мет}}^2}$$

где $\sigma_{\text{приб}}$ – приборная погрешность;

$\sigma_{\text{мет}}$ – методическая погрешность, определяемая по справочной документации.

Для определения $\sigma_{\text{мет}}$ при измерении теплового потока на наружной и внутренних поверхностях используется зависимость, приведенная в справочной документации.

Методика определения воздухопроницаемости ограждающих конструкций в натуральных условиях

1. АППАРАТУРА И ОБОРУДОВАНИЕ

1.1. Испытания проводят с помощью специальной установки, обеспечивающей герметичность проема, создание давления в проеме, с измерением расхода воздуха при различных условиях.

Установка для определения воздухопроницаемости помещений должна включать следующий набор оборудования и контрольно-измерительных приборов:

- вентилятор по ГОСТ 11442, ГОСТ 27925 с переменной, плавно регулируемой скоростью вращения;
- воздухо непроницаемую панель с отверстием для вентилятора, устанавливаемую в проем ограждения испытываемого объекта;
- микроманометр по ГОСТ 18140 с точностью ± 2 Па со шкалой от 0 до 60 Па для измерения перепада давления между наружным и внутренним воздухом;
- два микроманометра по ГОСТ 18140 с точностью ± 2 Па со шкалой от 0 до 125 Па (N 2) и от 0 до 500 Па (N 3) для измерения перепада давлений между внутренним (наружным) воздухом и воздухом, проходящим через кожух вентилятора;
- ртутный термометр по ГОСТ 112 с точностью ± 1 °С со шкалой от минус 50 до 50 °С для измерения температуры воздуха;
- барометр или барограф по ГОСТ 6359 с диапазоном измерения атмосферного давления воздуха, характерным для района испытания;
- ручной анемометр по ГОСТ 6376 для измерения скорости ветра;
- стальную рулетку по ГОСТ 7502 для измерения внутренних размеров помещений и ограждающих конструкций.

1.2. Вентилятор должен быть снабжен регулятором числа оборотов, позволяющим изменять скорость вращения крыльчатки, поддерживать ее на определенном уровне и обеспечивать производительность по воздуху от 0 до 4500 м³ для создания и поддержания избыточного или пониженного давления в испытываемом объеме, и переключателем направления движения воздушного потока.

Вентилятор размещается в специальном кожухе с минимальным диаметром 515 мм, имеющем гладкую внутреннюю поверхность. Если вентилятор, установленный в проем, создает разность давлений между наружной и внутренней средой меньше 60 Па, то отверстие кожуха вентилятора перекрывается дополнительной пластиной в виде круглого диска с восемью отверстиями диаметром 68 мм, имеющими скругленные гладкие края в направлении движения проходящего через кожух воздуха и центральным отверстием для ох-

лаждения мотора вентилятора. В кожухе и в диске имеются патрубки для измерения давления внутри кожуха на входе воздушного потока.

Если и в этом случае вентилятор не обеспечивает перепада давления более 60 Па, в отверстия последовательно вставляют 4, 6, 7 заглушек, при этом отверстие с патрубком и центральное отверстие должны быть свободны. Заглушки выполняют в виде круглых дисков с конусной поверхностью по периметру с минимальным диаметром 85 мм из полужесткого пенопласта с закрытоячеистой структурой.

1.3. Три микроманометра закреплены на одной панели и подключены к системе гибких шлангов.

Гибкие шланги одним концом подсоединены к штуцерам микроманометров, другим - к среде (наружному, внутреннему воздуху, зоне кожуха, через которую подается воздух вентилятора), давление которой фиксируется.

При наличии в месте проведения испытаний порывистого ветра со скоростью более 5 м/с в шланг для измерения давления наружного воздуха вводится пластмассовый штуцер (демпфер), имеющий существенно меньший диаметр проходного отверстия для сглаживания колебаний давления воздуха в шланге.

1.4. Вентилятор, после установки внутри специально изготовленного кожуха со съемной пластиной с отверстиями, калибруется на расход воздуха через кожух вентилятора в м³/ч по показаниям микроманометра в зависимости от разности давления на нем путем испытаний на поверенной системе измерения воздушного потока согласно ГОСТ 10921. Вентилятор с микроманометром должен обеспечивать точность измерений расхода воздуха в пределах $\pm 10\%$.

2. ПОДГОТОВКА К ИСПЫТАНИЮ

2.1. Подготовка объекта

2.1.1. В испытываемых помещениях выключают все оборудование для сжигания топлива, вытяжные и приточные вентиляторы и кондиционеры воздуха, а также термостаты на радиаторах.

2.1.2. Плотно закрывают все наружные двери, кроме одной, вентиляционные отверстия, форточки, каналы вытяжных вентиляторов, а также вытяжные каналы отопительного оборудования (печей, каминов, теплообменников, сушилок, газовых водонагревателей, вытяжных зонтов и т.д.).

2.1.3. Открывают все внутренние двери испытываемой группы помещений, закрывают двери помещений, не включенных в испытание. Во избежание запыления испытываемого объекта в топках сжигания твердого топлива удаляют или покрывают воздухонепроницаемым материалом золу.

2.1.4. Измеряют температуру наружного и внутреннего воздуха и скорость ветра около здания. Испытание можно проводить в случае, если разность температур наружного воздуха и внутри помещения не превышает 30°C и скорость ветра на высоте 1,5 м от земли не выше 8 м/с.

2.1.5. С помощью рулетки измеряют габариты испытываемых помещений и размеры оконных и прочих проемов в наружных ограждениях. По результатам замеров вычерчивают план испытываемого объекта и составляют спецификацию размеров и типов оконных заполнений, а также высот помещений. Полученные в результате измерений параметры сопоставляют с проектными данными, отмечая отличия от проектного решения.

2.2. Подготовка установки

2.2.1 Воздухонепроницаемую панель с вентилятором устанавливают:

- при испытании отдельного дома - во входную дверь в дом;
- при испытании квартиры - во входную дверь квартиры;
- при испытании группы помещений - в дверь помещения, с которым сообщаются все остальные испытываемые помещения;
- при испытании одного помещения - в любую дверь этого помещения.

При невозможности по каким-либо причинам использовать для испытания дверной проем, воздухонепроницаемую дверь устанавливают в оконный или какой-либо другой проем.

2.2.2. В выбранном проеме закрепляют воздухонепроницаемое полотно.

2.2.3. Панель с микроманометрами прикрепляют в непосредственной близости от проема, в который вставлен вентилятор. Гибкие шланги к микроманометрам подсоединяют согласно конструкционной схеме оборудования. Самый длинный шланг от микроманометра N 1 выводят наружу здания таким образом, чтобы открытый конец шланга отстоял от наружной поверхности ограждения не менее чем на 10 см. Конец шланга для измерения давления внутри помещения размещают вдали от вентилятора, где не сказывается влияние воздушного потока. Шланг от микроманометров N 2 и 3 подсоединяется к патрубку в кожухе вентилятора или на пластине с отверстиями.

2.2.4. При подключении мотора вентилятора к электросети следует соблюдать правила техники безопасности с электроприборами в соответствии с установленными требованиями. Проверяют работоспособность мотора кратковременным запуском его на малых оборотах. При этом следует убедиться в правильности направления потока.

3. ПРОВЕДЕНИЕ ИСПЫТАНИЙ

3.1. Температуру и давление наружного воздуха, температуру внутри испытываемого объема измеряют до включения вентилятора.

3.2. После включения вентилятора создают стабильную разность давлений между испытываемым объемом и наружной средой в 50 Па. При этом записывают в бланке записи результатов испытаний разность давлений наружного и внутреннего воздуха Δp_{env} , Па, по микроманометру N 1, разность давлений воздушного потока на вентиляторе Δp_{ven} , Па, по микроманометрам N 2 и 3, и температуру внутреннего воздуха.

3.3. Если разность давлений воздушного потока на вентиляторе окажется менее 60 Па, то во входное отверстие кожуха вентилятора устанавливают пластину с восемью отверстиями и необходимым числом заглушек.

3.4. Повторяют испытание, снижая каждый раз разность давлений между наружным и внутренним воздухом на 10 Па, производя последнее измерение не менее чем при 10 Па.

3.5. При записи показаний Δp_{ven} на бланке испытаний указывают наличие пластины и число закрытых отверстий.

3.6. После первой серии испытаний проводят следующую серию в обратном порядке, повышая Δp_{env} на 10 Па, начиная испытания с 10 Па. Всего проводят минимум 6 серий испытаний.

3.7. После завершения испытаний измеряют температуру внутреннего и наружного воздуха.

3.8. Для определения воздухопроницаемости наружных стен, окон, дверей, покрытия, чердачного и цокольного перекрытия помещения с внутренней стороны на испытываемую конструкцию устанавливают дополнительную раздвижную раму с воздухонепроницаемым полотнищем. Установка рамы осуществляется с обеспечением плотного прижатия наружного периметра рамы к примыкающим ограждениям помещения.

Для определения воздухопроницаемости внутренних ограждений (стен, перегородок, перекрытий) помещения в смежном помещении создают то же давление, что и в испытываемом.

4. ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ

4.1. Вычисляют среднее арифметическое значение разностей давлений воздушного потока на вентиляторе Δp_{ven} при каждой разности давлений Δp_{env} в испытываемом объеме и снаружи согласно.

4.2. Определяют измеренный объемный расход воздуха Q_{ven} , м³/ч, проходящий через вентилятор, при каждой разности давлений Δp_{env} по формуле

$$Q_{ven} = c(\Delta p_{ven})^i,$$

где Δp_{ven} - средняя арифметическая разность давлений воздушного потока на вентиляторе, Па;

c, i - константы, полученные при калибровке вентилятора в соответствии с 6.6; принимаются в зависимости от установки пластины с отверстиями и числа заглушек.

4.3. Измеренный объемный расход воздуха корректируют на стандартные атмосферные условия: $P=101,3$ кПа, $t_{int} = 20$ °С =293 К и определяют объемный расход воздуха Q_{env} , м³/ч, через ограждающие конструкции по формуле

$$Q_{env} = kQ_{env}^*,$$

где k - поправочный коэффициент на стандартные атмосферные условия, вычисляемый:

а) при понижении давления в испытываемом объеме по формуле

$$k = \left[\frac{(273 + t_{ext})}{(273 + t_{int})} \right] \sqrt{\frac{101,3 / (P_{ext} - \Delta p_{env})}{(273 + t_{int}) / (273 + 20)}}$$

б) при повышении давления в испытываемом объеме по формуле

$$k = \left[\frac{(273 + t_{int})}{(273 + t_{ext})} \right] \sqrt{\frac{101,3 / (P_{ext} + \Delta p_{env})}{(273 + t_{ext}) / (273 + 20)}},$$

где t_{int} , t_{ext} - температуры воздуха внутри и снаружи испытываемых помещений в процессе испытаний, °С;

P_{ext} - истинное барометрическое давление наружного воздуха в период испытаний, кПа;

Δp_{env} - разность давлений наружного и внутреннего воздуха, кПа.

4.4. Строят в логарифмических координатах экспериментальную зависимость объемного расхода воздуха через ограждающие конструкции Q_{env} от разности давлений Δp_{env}

Экспериментальные зависимости аппроксимируют прямой линией по методу наименьших квадратов и по этой зависимости определяют объемный расход воздуха через ограждающие конструкции Q_{50} при $\Delta p_{env} = 50$ Па и Q_{10} при $\Delta p_{env} = 10$ Па.

4.5. Кратность воздухообмена испытываемого объекта при разности давлений 50 Па n_{50} , ч⁻¹, определяют по формуле

$$n_{50} = Q_{50} / V,$$

где V - объем помещений испытываемого объекта, м³.

4.6. Массовый расход воздуха q_{10} , кг/ч, определяют по формуле

$$q_{10} = \rho \cdot Q_{10},$$

где ρ - плотность воздуха, кг/м³, определяемая по формуле

$$\rho = P / (RT) = 101325 / (287,06T) = 353 / T = 353 / (273 + t),$$

где R - удельная газовая постоянная воздуха, равная 287,06 Дж/(кг·К);

$t = t_{ext}$ - в случае понижения давления; $t = t_{int}$ - в случае повышения давления.

4.7. Средняя массовая воздухопроницаемость испытанного объекта G , кг/(м²·ч), при разности давлений 10 Па определяется по формуле

$$G = q_{10} / A,$$

где A - суммарная площадь ограждений испытанного объекта по внутренним размерам, м^2 .

4.8. Результатом определения массовой воздухопроницаемости ограждающей конструкции помещения G_k , $\text{кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$, является разность результатов определения по 9.6 массовых расходов воздуха помещения в эксплуатируемом состоянии и помещения с загерметизированной ограждающей конструкцией, отнесенная к площади испытываемой ограждающей конструкции A_k , м

$$G_k = (q_{10} - q_{10}^k) / A_k,$$

где q_{10} - массовый расход воздуха через ограждения помещения при разности давлений 10 Па, испытанного в принятых условиях, $\text{кг}/\text{ч}$;

q_{10}^k - то же, при загерметизированной ограждающей конструкции.

A_k - площадь испытываемой ограждающей конструкции, м^2 .

4.9. Применение метода дает возможность определить кратность воздухообмена испытываемого объекта при разности давлений 50 Па и массовую воздухопроницаемость ограждающей конструкции с относительной ошибкой, не превышающей $\pm 15\%$.

5. ОЦЕНКА ПОГРЕШНОСТИ ИЗМЕРЕНИЙ

Точность определения измеренного объемного расхода воздуха Q_{ven} , проходящего через вентилятор, зависит от точности измерения разности давлений воздушного потока на вентиляторе Δp_{ven} . Оценку погрешности измерений выполняют согласно ГОСТ 8.207 для каждой из разностей давлений снаружи и внутри испытываемого объема Δp_{env} . Доверительные границы ε_Q случайной погрешности величин объемного расхода воздуха Q_{ven} для каждой из разностей давлений Δp_{env} вычисляют по формуле

$$\varepsilon_Q = \pm c(\varepsilon)^l,$$

где c и l - то же, что и в ранее приведенной формуле 1;

ε - доверительные границы случайной погрешности измерений разности давлений воздушного потока на вентиляторе Δp_{ven} .

6. ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ

6.1. При работе с электрическим вентилятором следует соблюдать требования безопасности в соответствии с ГОСТ 12.2.007.1 и ГОСТ 11442

6.2. До проведения испытания следует проверить надежность крепления стекол в оконных переплетах от выдавливания при изменении давления внутри помещения во время эксперимента.

6.3. При включенном моторе не следует находиться в зоне потока воздуха около вентилятора.

ОАО Проектный, научно-исследовательский
и конструкторский институт
"Красноярский ПромстройНИИпроект"
**Прошнуровано, пронумеровано и
скреплено печатью _____ листов**
Отв. лицо *Д.И.*

28 Шадринна