

«СОГЛАСОВАНО»

управление

Ростехнадзора

2011 г.

«УТВЕРЖДАЮ»

В.А.

2011 г.



ТЕХНИЧЕСКИЙ ОТЧЕТ

ПО КОМПЛЕКСНОМУ ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКОМУ ОБСЛЕДОВАНИЮ НА-
РУЖНЫХ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ АДМИНИСТРАТИВНОГО
ЗДАНИЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ ТЕПЛОВИ-
ЗИОННОЙ ТЕХНИКИ, УЛ. МОНТАЖНИКОВ,

2011

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	3
1 Порядок выполнения работ по тепловизионному обследованию строительных конструкций	4
1.1 Технология тепловизионного обследования	4
1.2 Проведение измерений температуры и тепловых потоков в в реперных зонах	5
1.3 Обработка результатов измерений	6
1.4 Проведение тепловизионных обследований	8
1.5 Обработка результатов тепловизионного обследования	9
1.6 Требования безопасности.....	10
2 ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ ЧАСТЬ.....	12
2.1. Используемые приборы и оборудование	12
2.2. Определение участков ограждающих конструкций с повышенными теплопотерями.....	12
2.3. Расчетные условия	13
2.4. Функциональное назначение, тип и конструктивное решение здания	14
2.5 Теплотехнические показатели.....	15
2.6 Теплоэнергетические показатели.....	18
Выводы.....	21
Список использованной литературы	22
Приложение.....	23

Объект контроля:	Отчет:	Обследование проведено:

Введение

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, и вычислении сопротивлений теплопередаче участков НОК.

Тепловизионному контролю подвергают наружные и внутренние поверхности ограждающих конструкций. По термограммам наружной поверхности ограждающих конструкций выявляют участки с температурными аномалиями, которые затем подвергают детальному обследованию с внутренней стороны ограждающих конструкций.

Теплотехническое обследование является комплексным. Оно предусматривает осуществление контроля основных теплотехнических параметров конструкций, используя при этом только неразрушающие и расчетные способы исследования.

Относительно требований к термографии зданий и сооружений, а также порядку ее проведения существует соответствующий ГОСТ 26629-85.

Работы проводились в период сентября 2011г.

Объект контроля:	Отчет:	Обследование проведено:

1 ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТ ПО ТЕПЛОВИЗИОННОМУ ОБСЛЕДОВАНИЮ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

1.1 Технология тепловизионного обследования

1.1.1 На предварительно выбранном участке (реперной зоне) наружной стены устанавливаются датчики, регистрирующие температуру и тепловые потоки, кроме этого регистрируется температура внутреннего и наружного воздуха.

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

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

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

1.1.5 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 и исследуемого участка.

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

1.1.7 Причины возникновения дефекта устанавливают путем анализа проектной документации и численным моделированием процесса теплопередачи при реальных (зарегистрированных) температурных условиях. При невозможности это сделать аналитическими средствами необходимо вскрыть исследуемый участок и выполнить измерение теплопроводности и влажности материалов, ис-

Объект контроля:	Отчет:	Обследование проведено:

пользуемых в конструкции. Установление причины возникновения дефекта позволяет разработать рекомендации по его устранению.

1.2 Проведение измерений температуры и тепловых потоков в реперных зонах

1.2.1 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.

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

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

1.2.4 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 север или северо-восток, иметь поверхностный слой из одного материала, одинаковой обработки и состояния поверхности, иметь одинаковые условия по лучистому теплообмену и не должны находиться в непосредственной близости от элементов, которые могут изменить направление и значение тепловых потоков. Устанавливать приборы на обои не допускается.

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

При креплении преобразователей между ними и ограждающей конструкцией не допускается образование воздушных зазоров. Для исключения их на участке

Объект контроля:	Отчет:	Обследование проведено:
0-		

поверхности в местах измерений наносят тонкий слой технического вазелина, перекрывающий неровности поверхности.

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

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

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

1.3 Обработка результатов измерений

1.3.1 Обработка результатов измерений включает в себя расшифровку информации с регистраторов температуры и тепловых потоков и определение термического сопротивления R_f^p в реперных зонах.

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

$$R_{Ti}^p = \frac{(\tau_{vi} - \tau_{ni})}{q_i}, \quad (1)$$

где τ_{vi} 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 чисел с тремя значащими цифрами.

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

Объект контроля:	Отчет:	Обследование проведено:

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

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

где n — число измерений.

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

1.3.4 Отбраковка значений R_{Ti}^p производится при невыполнении условия

$$Gr_i = \frac{|\bar{R}_T^p - R_{Ti}^p|}{S} \leq 2, \quad (3)$$

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

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\bar{R}_T^p - R_{Ti}^p)^2}{n-1}}. \quad (4)$$

Отбраковка начинается с члена выборки R_{Ti}^p , который характеризуется максимальным значением Gr_i после этого рассчитываются новые значения $\bar{R}_T^p$, S и Gr_i . Процедура отбраковки продолжается до тех пор, пока все значения R_{Ti}^p не будут удовлетворять условию (3).

1.3.5 Погрешность определения термического сопротивления в реперной зоне вычисляется по формуле

$$\sigma_R = \sqrt{\sigma_{\text{приб}}^2 + \sigma_{\text{мет}}^2}, \quad (5)$$

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

$\sigma_{\text{мет}}$ — методическая погрешность, определяемая по приложению 1.

1.3.6 Если выполняется условие

$$\frac{\sigma_R}{\bar{R}_T^p} \cdot 100\% \leq 15\%,$$

Объект контроля:	Отчет:	Обследование проведено:

то термическое сопротивление реперного участка ограждающей конструкции принимается равным $\bar{R}_f^p$. В противном случае необходимо продолжить измерения и выбрать для расчетов другой период натурного наблюдения.

1.4 Проведение тепловизионных обследований

1.4.1 Тепловизионное обследование проводится при устойчивой работе системы отопления.

1.4.2 Обследование необходимо проводить при наружной температуре, близкой к среднесуточной. Оптимальное время для тепловизионной съемки — поздний вечер (21÷24 ч) или утро (10÷12 ч).

1.4.3 Тепловизионное обследование необходимо проводить при отсутствии атмосферных осадков, тумана, смога и задымленности. Обследуемые поверхности должны быть очищены от грязи, плесени, наледи, снега и других налетов, несвойственных материалам исследуемых конструкций.

1.4.4 Обследуемые поверхности не должны подвергаться в процессе измерений воздействию прямого и отраженного солнечного облучения, а также отопительных приборов.

1.4.5 Тепловизионное обследование рекомендуется проводить в период времени, когда проводятся измерение и регистрация температуры и тепловых потоков в реперной зоне.

1.4.6 Перед началом тепловизионной съемки необходимо произвести настройку тепловизора в соответствии с инструкцией по эксплуатации.

1.4.7 Перед съемкой измеряется температура в центре помещения и на расстоянии около 10 см от поверхности наружных стен, а также температура наружного воздуха.

1.4.8 Термографирование проводится последовательно по предварительно намеченным участкам с покадровой записью термограмм в компьютер и одновременной фотосъемкой этих участков цифровой фотокамерой.

Объект контроля:	Отчет:	Обследование проведено:

1.4.9 Термографирование поверхности стены по возможности производят в перпендикулярном направлении к стене. Возможные отклонения от этого направления не должны превышать 30° . Измерения по возможности должны производиться с фиксированного расстояния.

1.4.10 Результаты визуально-инструментальных наблюдений и информация о термографировании заносятся в журнал.

1.4.11 Завершающим этапом обследования является проверка качества и количества собранной информации.

1.5 Обработка результатов тепловизионного обследования

1.5.1 Обработка результатов тепловизионного обследования заключается в определении температурных полей по поверхности и расчете термических сопротивлений исследуемых участков ограждающих конструкций.

1.5.2 Термограммы участков НОК с установленными регистрирующими приборами (реперных зон) необходимо использовать для корректировки температурных полей, полученных с помощью тепловизора.

1.5.3 Расчет термического сопротивления m -го участка ограждающей конструкции R_T^m проводится по формуле

$$R_T^m = \bar{R}_T^p \frac{\tau_{np} - t_n}{\tau_{nm} - t_n} \quad (6)$$

где τ_{nm} — температура наружной поверхности на участке m ;

τ_{np} — температура наружной поверхности в реперной зоне;

t_n — температура наружного воздуха;

$\bar{R}_T^p$ — термическое сопротивление реперной зоны.

1.5.4 Для сравнения с нормируемыми (СНиП 23-02) или проектными значениями вычисляется сопротивление теплопередаче при расчетных температурных условиях

$$R_0^m = R_T^m + 0,115 + 0,043 \text{ (м}^2 \cdot ^\circ\text{C/Вт)}. \quad (7)$$

Объект контроля:	Отчет:	Обследование проведено:

Здесь 0,115 и 0,043 — сопротивления теплоотдаче на внутренней и наружной поверхностях соответственно при расчетных условиях.

1.5.5 Приведенное сопротивление теплопередаче наружных ограждающих конструкций рассчитывается по формуле:

$$R_{np} = \frac{\sum_{m=1}^N F_m}{\sum_{m=1}^N \frac{F_m}{R_m}}, \quad (8)$$

где F_m — площадь участка поверхности с сопротивлением R_m ;

N — число участков, на которое разбита поверхность ограждающих конструкций здания.

1.5.6 Все участки НОК, на которых выявлены критические дефекты, подвергают более детальному обследованию изнутри. При необходимости на этих участках устанавливают регистраторы температуры и тепловых потоков — по полученным данным можно более точно определить их теплотехнические характеристики.

1.6 Требования безопасности

1.6.1 Измерения 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). Организовывать работу следует с соблюдением требований техники безопасности в соответствии с разделом 12 СП 13-102.

1.6.2 Тепловизор безопасен в эксплуатации, собственных излучений не имеет.

1.6.3 При работе с тепловизором, охлаждаемым жидким азотом, необходимо учитывать следующее:

температура кипения жидкого азота — 196 °С;

Объект контроля:	Отчет:	Обследование проведено:

кратковременное соприкосновение кожи с жидким азотом не опасно, так как на коже при этом образуется воздушная подушка с низкой теплопроводностью, которая предохраняет кожу от непосредственного контакта с жидким азотом;

опасным является прикосновение к материалу, охлажденному жидким азотом.

Объект контроля:	Отчет:	Обследование проведено:

2 ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ ЧАСТЬ

2.1 Используемые приборы и оборудование

Тепловизор Testo 880-3.

2.2 Определение участков ограждающих конструкций с повышенными теплопотерями

Сопротивление теплопередаче определяется по формуле:

$$R = \frac{1}{\alpha_B} \cdot \left(\frac{t_B - \tau_H}{t_B - \tau_B} - 1 \right),$$

где α_B - коэффициент теплоотдачи соответственно у внутренней и наружной поверхности ограждающей конструкции ($\text{Вт/м}^2 \cdot ^\circ\text{C}$), $\alpha_B = 8,7 \text{ Вт/м}^2 \cdot ^\circ\text{C}$; $\alpha_0 = 8 \text{ Вт/м}^2 \cdot ^\circ\text{C}$;

t_H, t_B - измеренные температуры наружного и внутреннего воздуха;

τ_H, τ_B - измеренные значения температуры наружной и внутренней поверхности ограждающей конструкции;

Таблица 2.1 – Измеренные средние температуры многоквартирного жилого дома

Средняя наружная температура стен (панелей) τ_H^c , $^\circ\text{C}$	Средняя наружная температура окон $\tau_H^{дв}$, $^\circ\text{C}$	Средняя наружная температура окон τ_H^o , $^\circ\text{C}$	Средняя наружная температура перекрытия первого этажа τ_H^u , $^\circ\text{C}$
Административное здание			
4,1	-	5,7	5,9

Тогда, для стен административного здания

$$R_{ст} = \frac{1}{8,7} \cdot \left(\frac{24 - 4,1}{24 - 23,1} - 1 \right) = 2,42 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C} / \text{Вт},$$

для окон административного здания

$$R_{окон} = \frac{1}{8} \cdot \left(\frac{24 - 5,7}{24 - 20,1} - 1 \right) = 0,46 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C} / \text{Вт},$$

для входных дверей административного здания

Объект контроля:	Отчет:	Обследование проведено:

$$R_{ов} = \frac{1}{8,7} \cdot \left(\frac{10,3 - 3,2}{10,3 - 9,4} - 1 \right) = 0,8 \text{ м}^2 \cdot ^\circ \text{C} / \text{Вт},$$

для покрытия административного здания

$$R_{покp} = \frac{1}{8,7} \cdot \left(\frac{22,4 - 6,3}{22,4 - 21,9} - 1 \right) = 3,59 \text{ м}^2 \cdot ^\circ \text{C} / \text{Вт},$$

для перекрытия административного здания

$$R_{пер} = \frac{1}{8,7} \cdot \left(\frac{24 - 6,2}{24 - 23,4} - 1 \right) = 3,3 \text{ м}^2 \cdot ^\circ \text{C} / \text{Вт}$$

2.3 Расчетные условия

1. Расчетная температура внутреннего воздуха t_{int} . Для административных зданий $t_{int} = 20^\circ \text{C}$.

2. Расчетная температура наружного воздуха t_{ext} . Принимается значение средней температуры наиболее холодной пятидневки обеспеченностью 0,92. Для г. $t_{ext} = -10^\circ \text{C}$.

3. Расчетная температура теплого чердака t_{int}^c . Принимается равной 14°C , исходя из расчета теплового баланса системы, включающей теплый чердак и ниже расположенные жилые помещения.

4. Расчетная температура "теплого" подвала t_{int}^f . При наличии в подвале труб систем отопления и горячего водоснабжения эта температура принимается равной плюс 2°C , исходя из расчета теплового баланса системы, включающей подвал и вышерасположенные жилые помещения.

5. Продолжительность отопительного периода z_{ht} . Для г. $z_{ht} = 1$ сут.

6. Средняя температура наружного воздуха за отопительный период t_{ext}^{av} . Для г. $t_{ext}^{av} = -10^\circ \text{C}$.

7. Градусосутки отопительного периода D_d . Для г. $D_d = 2$ $^\circ \text{C} \cdot \text{сут}$.

Объект контроля:	Отчет:	Обследование проведено:

2.4 Функциональное назначение, тип и конструктивное решение административного здания

Общая площадь наружных ограждающих конструкций здания A_e^{sum} , устанавливается по внутренним размерам "в свету" (расстояния между внутренними поверхностями наружных ограждающих конструкций, противостоящих друг другу).

$$A_e^{sum} = A_{w+F+ed} + A_c + A_f$$

Площадь стен, включающих окна, балконные и входные двери в здание, витражи, A_{w+F+ed} , m^2 , определяется по формуле

$$A_{w+F+ed} = p_{st} \cdot H_h,$$

где p_{st} - длина периметра внутренней поверхности наружных стен этажа, м;

H_h - высота отапливаемого объема здания, м.

$$A_{w+F+ed} = 100,2 \cdot 76,4 = 7655,3 \text{ м}^2$$

Площадь наружных стен A_w , m^2 , определяется по формуле

$$A_w = A_{w+F+ed} - A_F - A_{ed},$$

где A_F - площадь окон, определяется как сумма площадей всех оконных проемов.

Для рассматриваемого здания $A_F = 1637 \text{ м}^2$, $A_{ed} = 160,2 \text{ м}^2$

Тогда $A_w = 7655,3 - 1637 - 160,2 = 5858,1 \text{ м}^2$.

Площадь покрытия A_c , m^2 , и площадь перекрытия над подвалом A_f , m^2 , равны площади этажа A_{st}

$$A_c = A_f = A_{st} = 598,9 \text{ м}^2$$

Общая площадь наружных ограждающих конструкций A_e^{sum} определяется по формуле

$$A_e^{sum} = A_{w+F+ed} + A_c + A_f = 7655,3 + 598,9 + 598,9 = 8853,1 \text{ м}^2,$$

Площадь отапливаемых помещений (общая площадь) A_h определяются по проекту

$$A_h = 9129 \text{ м}^2$$

Отапливаемый объем здания V_h , m^3 , вычисляется как произведение площади

Объект контроля:	Отчет:	Обследование проведено:

этажа, A_{st} , m^2 , (площади, ограниченной внутренними поверхностями наружных стен) на высоту H_h , м, этого объема, представляющую собой расстояние от пола первого этажа до потолка последнего этажа.

$$V_h = A_{st} \cdot H_h = 598,9 \cdot 76,4 = 45756 \text{ м}^3$$

Показатели объемно-планировочного решения здания определяются по формулам:

- коэффициент остекленности фасадов здания p

$$p = A_F / A_{w+F+ed} = 1637 / 7655,3 = 0,21$$

- показатель компактности здания k_e^{des}

$$k_e^{des} = A_e^{sum} / V_h = 8853,1 / 45756 = 0,19 < k_e^{req} = 0,25$$

2.5 Теплотехнические показатели административного здания

Согласно СНиП II-3 приведенное сопротивление теплопередаче наружных ограждений, должно приниматься не ниже требуемых значений R^{tr} , которые устанавливаются по табл.16 СНиП II-3 в зависимости от градусосуток отопительного периода. Для $D_d = \dots$ °С·сут требуемое сопротивление теплопередаче равно для:

- стен $R_c^{tr} = 2,35 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт}$;
- окон и балконных дверей $R_o^{tr} = 0,36 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт}$;
- входных дверей $R_d^{tr} = 1,23 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт}$;
- покрытия $R_{покp.}^{tr} = 3,96 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт}$;
- перекрытия первого этажа $R_{пер.}^{tr} = 3,46 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт}$.

Согласно настоящим нормам в случае удовлетворения главному требованию $q_e^{расч} \leq q_e^{tr}$ по удельному энергопотреблению приведенное сопротивление теплопередаче R_0^r для отдельных элементов наружных ограждений могут приниматься ниже требуемых значений. В рассматриваемом случае для стен административного здания получили $R_{ст} = 2,42 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт}$, что выше требуемых значений, для входных дверей $R_{дв} = 0,8 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт}$, для покрытия – $R_{покp.} = 3,59 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт}$, для пе-

Объект контроля:	Отчет:	Обследование проведено:

рекрытия первого этажа $R_{\text{пер}} = 3,3 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт}$. Для металлопластиковых окон $R_o = 0,42 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт}$. Требуемый удельный расход тепловой энергии системой отопления административного здания, $q_e^{\text{тр}} = 70 \text{ кДж}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C} \cdot \text{сут})$.

Приведенный трансмиссионный коэффициент теплопередачи здания:

$$K_m^{\text{тр}} = \beta \left(A_w / R_{\text{ст}} + A_F / R_{\text{окон}} + A_{\text{ед}} / R_{\text{дв}} + n \cdot A_c / R_{\text{покр}} + n \cdot A_f / R_{\text{пер}} \right) / A_e^{\text{sum}},$$

где β - коэффициент, учитывающий дополнительные теплотери, связанные с ориентацией ограждений по сторонам горизонта, с ограждениями угловых помещений, с поступлением холодного воздуха через входы в здание: для административных зданий $\beta = 1,1$;

$A_w, A_F, A_{\text{ед}}, A_c, A_f$ - площадь соответственно стен, заполнений световых проемов (окон, фонарей), наружных дверей и ворот, покрытий (чердачных перекрытий), цокольных перекрытий, м^2 ;

$R_{\text{ст}}, R_{\text{окон}}, R_{\text{дв}}, R_{\text{покр}}, R_{\text{пер}}$ - приведенное сопротивление теплопередаче соответственно стен, заполнений световых проемов (окон, фонарей), наружных дверей и ворот, покрытий (чердачных перекрытий), цокольных перекрытий, $\text{м}^2 \cdot \text{°C/Вт}$; полов по грунту - исходя из разделения их на зоны со значениями сопротивления теплопередаче согласно СНиП 2.04.05-91;

n - коэффициент, принимаемый в зависимости от положения наружной поверхности ограждающей конструкции по отношению к наружному воздуху согласно табл. 3, СНиП II-3-79.

Тогда,

$$K_m^{\text{тр}} = 1,1 \cdot (5858,1 / 2,42 + 1637 / 0,46 + 160,2 / 0,8 + 0,9 \cdot 598,9 / 3,59 + 0,6 \cdot 598,9 / 3,3) / 8853,1 = 0,77$$

Воздухопроницаемость наружных ограждений G_m , $\text{кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$, принимается по табл.12* СНиП II-3, Согласно этой таблицы воздухопроницаемость стен, покрытия, перекрытия первого этажа $G_m^w = G_m^c = G_m^f = 0,5 \text{ кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$, металлопластиковых окон $G_m^F = 5 \text{ кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$.

Объект контроля:	Отчет:	Обследование проведено:

Требуемая кратность воздухообмена административного здания n_a , 1/ч, согласно СНиП 2.08.01 устанавливается из расчета 3 м³/ч удаляемого воздуха на один кв.м жилых помещений по формуле

$$n_a = [z_w \cdot n_a^{\text{req}} + (24 - z_w) \cdot 0,5] / 24,$$

где z_w – продолжительность рабочего времени, ч;

n_a^{req} – нормативная кратность воздухообмена;

$$n_a = [8 \cdot 1 + (24 - 8) \cdot 0,5] / 24 = 0,67 \text{ 1/ч}$$

Приведенный инфильтрационный (условный) коэффициент теплопередачи здания K_{inf} , Вт/(м²·°C),

$$K_m^{\text{inf}} = 0,28c \cdot n_a \beta_v \cdot V_h \cdot \gamma_a^{\text{ht}} \cdot k / A_e^{\text{sum}},$$

где $c=1$ КДж/кг · °C – теплоемкость;

n_a – средняя кратность воздухообмена здания за отопительный период, 1/ч, принимаемая по проектным данным или по нормам проектирования соответствующих зданий: для жилых зданий – за счет неорганизованного притока инфильтрующегося воздуха исходя из удельного нормативного расхода воздуха 3 м³/ч на 1 м² жилых помещений и кухонь;

β_v – коэффициент снижения объема воздуха в здании, учитывающий наличие внутренних ограждающих конструкций.

γ_a^{ht} – средняя плотность наружного воздуха за отопительный период, кг/м³,

$$\gamma_a^{\text{ht}} = 353 / (273 + t_{\text{ext}}^{\text{av}}),$$

$t_{\text{ext}}^{\text{av}}$ – средняя температура наружного воздуха за отопительный период, °C, определяемая по СНиП 23-01-99;

$k=0,7$ – коэффициент, учитывающий влияние встречного теплового потока в конструкциях:

$$\gamma_a^{\text{ht}} = \frac{353}{273 + 2} = 1,284 \text{ кг/м}^3$$

$$K_m^{\text{inf}} = 0,28 \cdot 1 \cdot 0,67 \cdot 0,85 \cdot 45756 \cdot 1,284 \cdot 0,7 / 8853,1 = 0,741 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{°C)}$$

Объект контроля:	Отчет:	Обследование проведено:

Общий коэффициент теплопередачи здания K_m , Вт/(м²·°C)

$$K_m = 0,77 + 0,741 = 1,511 \text{ Вт/(м}^2\text{·°C)}$$

2.6 Теплоэнергетические показатели административного здания

Общие теплотери через ограждающую оболочку здания за отопительный период Q_h , МДж, определяются по формуле:

$$Q_h = 0,0864 \cdot K_m \cdot D_d \cdot A_e^{\text{sum}},$$

$$Q_h = 0,0864 \cdot 1,511 \cdot 2100 \cdot 8853,1 = 3000700,5 \text{ МДж}$$

Удельные бытовые тепловыделения q_{int} , Вт/м², следует устанавливать исходя из расчетного удельного электро- и газопотребления здания, но не менее 10 Вт/м². В нашем случае принято 14 Вт/м².

Бытовые тепlopоступления в здание за отопительный период Q_{int} , МДж, определяются по формуле

$$Q_{\text{int}} = 0,0864 \cdot q_{\text{int}} \cdot z_{\text{ht}} \cdot A_l,$$

где q_{int} - величина бытовых тепловыделений на 1 м² полезной площади (площади жилых помещений) здания или полезной площади общественного и административного здания, Вт/м², принимаемая по расчету, но не менее 10 Вт/м² для жилых зданий; для общественных и административных зданий бытовые тепловыделения учитываются по проектному числу людей (90 Вт/чел), освещения (по установочной мощности) и оргтехники (10 Вт/м²) с учетом рабочих часов в сутках;

z_{ht} - средняя продолжительность отопительного периода, сут.;

A_l - для жилых зданий - площадь жилых помещений и кухонь; для общественных и административных зданий полезная площадь здания, м², определяемая согласно СНиП 2.08.02 как сумма площадей всех помещений, а также балконов и антресолей в залах, фойе и т.п., за исключением лестничных клеток, лифтовых шахт, внутренних открытых лестниц и пандусов.

Объект контроля:	Отчет:	Обследование проведено:

$$Q_{\text{int}} = 0,0864 \cdot 14 \cdot \dots \cdot 9129 = 1645323,3 \text{ МДж}$$

Теплопоступления в здание от солнечной радиации за отопительный период Q_s МДж, определяются по формуле

$$Q_s = \tau_F k_F (A_{F1} I_1 + A_{F2} I_2 + A_{F3} I_3 + A_{F4} I_4) + \tau_{\text{scy}} k_{\text{scy}} A_{\text{scy}} I_{\text{hor}},$$

где τ_F , τ_{scy} - коэффициенты, учитывающие затенение светового проема соответственно окон и зенитных фонарей непрозрачными элементами заполнения, принимаемые по проектным данным;

k_F , k_{scy} - коэффициенты относительного проникания солнечной радиации соответственно для светопропускающих заполнения окон и зенитных фонарей, принимаемые по паспортным данным соответствующих светопропускающих изделий;

A_{F1} , A_{F2} , A_{F3} , A_{F4} - площадь светопроемов фасадов здания, соответственно ориентированных по четырем направлениям, м^2 ;

A_{scy} - площадь светопроемов зенитных фонарей здания, м^2 ;

I_1 , I_2 , I_3 , I_4 - средняя за отопительный период величина солнечной радиации на вертикальные поверхности, соответственно ориентированные по четырем фасадам здания, $\text{МДж}/\text{м}^2$;

I_{hor} - средняя за отопительный период величина солнечной радиации на горизонтальную поверхность, $\text{МДж}/\text{м}^2$;

v - коэффициент, учитывающий способность ограждающих конструкций помещений зданий аккумулировать или отдавать тепло; рекомендуемое значение $v = 0,8$;

β_h - коэффициент, учитывающий дополнительное теплопотребление системы отопления, связанное с дискретностью номинального теплового потока номенклатурного ряда отопительных приборов и дополнительными теплопотерями через радиаторные участки ограждений, теплопотерями трубопроводов, проходящих через неотапливаемые помещения $\beta_h = 1,05$,

$$Q_s = 0,8 \cdot 0,9 \cdot (455 \cdot 1066 + 455 \cdot 560 + 363,5 \cdot 560 + 363,5 \cdot 1066) =$$

Объект контроля:	Отчет:	Обследование проведено:

$$= 958234,32 \text{ МДж}$$

Потребность в тепловой энергии на отопление здания за отопительный период Q_h^y , МДж, определяется по формуле

$$Q_h^y = [Q_h - (Q_{int} + Q_s) \cdot v] \cdot \beta_h$$

$$Q_h^y = [3099790,6 - (1645323,3 + 958234,32) \cdot 0,8] \cdot 1,1 = 1118638,95 \text{ МДж}$$

Удельный расход тепловой энергии на отопление здания q_h^{des} , кДж/(м²·°С·сут), определяется по формуле

$$q_h^{des} = 10^3 \cdot Q_h^y / (A_h \cdot D_d),$$

$$q_h^{des} = 1118638,95 \cdot 10^3 / (9129 \cdot 2682) = 45,69 \text{ кДж/(м}^2 \cdot \text{°С} \cdot \text{сут)}$$

Требуемый удельный расход тепловой энергии системой теплоснабжения на отопление здания, q_e^{req} , кДж/(м²·°С·сут), принимается равным 70 кДж/(м²·°С·сут).

Объект контроля:	Отчет:	Обследование проведено:

ВЫВОДЫ

Фактический удельный расход тепловой энергии системой теплоснабжения на отопление административного здания $q_h^{\text{des}} = 45,69 \text{ кДж}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C} \cdot \text{сут})$, что ниже нормативного удельного расхода тепловой энергии равного $q_c^{\text{req}} = 70 \text{ кДж}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C} \cdot \text{сут})$, следовательно система отопления здания и теплозащитные свойства ограждающих конструкций административного здания соответствуют требованиям норм и необходимости в улучшении теплозащиты нет.

Объект контроля:	Отчет:	Обследование проведено:

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. СНиП 10-01-94* "Система нормативных документов в строительстве. Основные положения".
2. СНиП II-3-79* "Строительная теплотехника" (изд. 1981г.).
3. СНиП 21-01-97* "Пожарная безопасность зданий и сооружений".
4. СНиП 23-01-99 "Строительная климатология".
5. СНиП 23-05-95 "Естественное и искусственное освещение".
6. СНиП 2.01.02-85 "Противопожарные нормы".
7. СНиП 2.04.05-91 * "Отопление, вентиляция и кондиционирование".
8. СНиП 2.04.07-86* "Тепловые сети".
9. СНиП 2.08.01-89* "Жилые здания".
10. СНиП 2.08.02-89* "Общественные здания и сооружения".
11. ГОСТ 7076-99 "Материалы и изделия строительные. Метод определения теплопроводности и термического сопротивления при стационарном тепловом режиме".
12. ГОСТ 17177-94 "Материалы и изделия строительные теплоизоляционные. Методы испытаний".
13. ГОСТ 23250-78 "Материалы строительные. Метод определения удельной теплоемкости".
14. ГОСТ 24816-81 "Материалы строительные. Методы определения сорбционной влажности".
15. ГОСТ 25380-82 "Здания и сооружения. Метод измерения плотности тепловых потоков, проходящих через ограждающие конструкции".
16. ГОСТ 26602.1-99 "Оконные и дверные блоки. Методы определения сопротивления теплопередаче".
17. ГОСТ 26629-85 "Здания и сооружения. Метод тепловизионного контроля качества теплоизоляции ограждающих конструкций".

Объект контроля:	Отчет:	Обследование проведено:

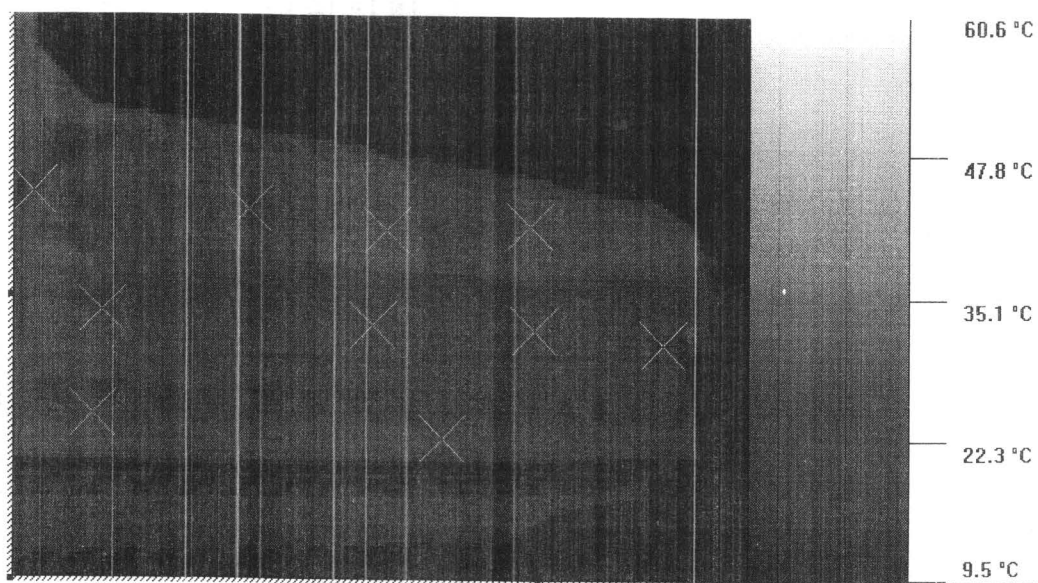


Рисунок 9 - 23-ёх этажное, административное здание в инфракрасном диапазоне

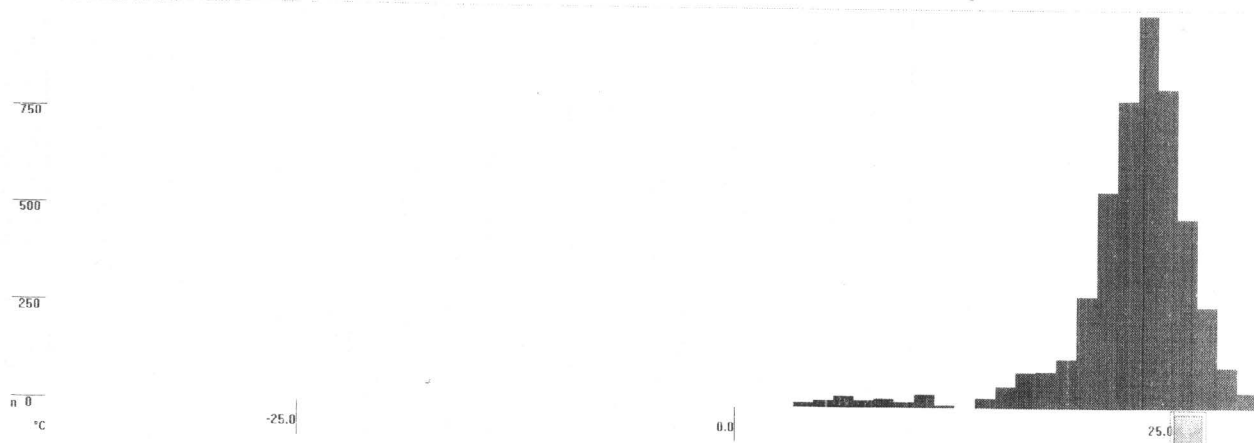
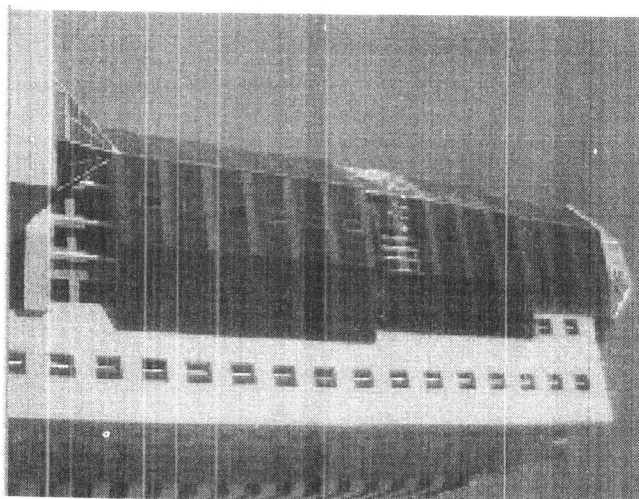


Рисунок 10 – Диаграмма распределения наружных температур на поверхности здания

Объект контроля: