

УДК 69.059.032

## **ТЕХНИЧЕСКАЯ ЭКСПЕРТИЗА: ОБОСНОВАНИЕ УТЕПЛЕНИЯ ФАСАДА ЗДАНИЯ**

**Гарькин Игорь Николаевич,**

*Пензенский государственный университет архитектуры и строительства,  
г. Пенза,*

*кандидат технических наук, доцент кафедры «Управление качеством и  
технология строительного производства»,*

**Агафонкина Наталья Викторовна,**

*Пензенский государственный университет архитектуры и строительства,  
г. Пенза,*

*кандидат технических наук, доцент кафедры «Управление качеством и  
технология строительного производства»;*

**Сазонова Марина Алексеевна**

*Пензенский государственный университет архитектуры и строительства,  
г. Пенза,  
студент.*

### **Аннотация**

Дается механизм по обоснованию необходимости проведения строительно-монтажных работ по утеплению фасада зданий и сооружений объектов бюджетной сферы. Статья написана по материалам выполненной НИР по подготовке технической экспертизы с целью обоснования возможности утепления фасадов зданий и сооружений ГБУЗ «Каменская МРБ».

**Ключевые слова:** строительные конструкции, техническая экспертиза, обследование зданий, фасад, утепление, объекты здравоохранения.

# TECHNICAL EXPERTISE: JUSTIFICATION OF INSULATION OF THE BUILDING FACADE

***Garkin Igor Nikolaevich,***

*Penza State University of Architecture and Construction, Penza,*

*Candidate of Sciences, Associate Professor of the department “Quality Management and Technology of Construction Production”.*

***Agafonkina Natalia Viktorovna,***

*Penza State University of Architecture and Construction, Penza,*

*Candidate of Sciences, Associate Professor of the department “Quality Management and Technology of Construction Production”.*

***Sazonova Marina Alekseevna***

*Penza State University of Architecture and Construction, Penza*

*student.*

## **Abstract**

A mechanism is given to justify the need for construction and installation work in order to insulate the facade of buildings and structures of public sector facilities. The article was written based on the materials of the research carried out, according to the technical expertise performed in order to justify the possibility of insulating the facades of buildings and structures of the Kamenskaya MRB.

**Keywords:** building structures, technical expertise, building inspection, facade, insulation, healthcare facilities.

Проведение технической экспертизы (зданий или сооружений) в большинстве случаев обуславливается необходимостью оценить реальное состояние всего здания или его отдельных строительных конструкций. Зачастую для выделения бюджетного финансирования необходимо привести весомые аргументы. Таким аргументом и является обследование зданий в форме технической экспертизы [1,2]. К примеру, перед авторами была поставлена задача обосновать необходимость проведения строительно-

монтажных работ в учреждении здравоохранения Пензенской области в части утепления фасадов здания. Было принято решение провести обследования строительных конструкций с выдачей заключения с рекомендациями по утеплению здания.

Основными критериями для заказчика были:

- наличие членства в Саморегулирующей организации, как в области архитектурного проектирования, так и в области инженерных изысканий;
- уровень квалификации исполнителей (профильное образование, опыт работы, наличие дополнительного образования, наличие ученых степеней) [3];
- наличие аттестованной лаборатории и сертифицированных приборов.

Всеми этими качествами обладает ФГБОУ ВО Пензенский государственный университет архитектуры и строительства, сотрудники которого и выполнили работу по обоснованию необходимости утепления фасада здания [4,5]. Рассмотрим более подробно ход выполнения работ.

Обследование проводилось с использованием поверенного тепловизионного измерительного прибора (далее - тепловизор) в нескольких зданиях ГБУЗ «Каменская МРБ» в зимнее время года. По результатам измерений в здании терапевтического отделения температура внутреннего воздуха в помещениях составляет  $+20,4^{\circ}\text{C}$ , относительная влажность воздуха - 56%. Температура внутренней поверхности ограждающих конструкций (наружных) стен и покрытия находится в пределах от  $+19,7^{\circ}\text{C}$  до  $+5,9^{\circ}\text{C}$ . Пониженные температуры поверхностей находятся в углах примыкания стен и покрытия (рис. 1).

После выполнения тепловизионной съемки, были выполнены теплотехнические расчеты.

Исходные данные (конструкция покрытия):

- 1) многослойная ж/б плита покрытия:  $\delta_1 = 0,24$  м;  $\lambda_1 = 1,92$  Вт/(м·°C);
- 2) утеплитель – засыпка из керамзитового гравия:  $\delta_2 = 0,1$  м;  $\lambda_2 = 0,17$  Вт/(м·°C);

3) стяжка из цементно-песчанного раствора:  $\delta_3= 0,05$  м;  $\lambda_3= 0,76$  Вт/(м·°C);

4) гидроизоляция в 2 слоя рубероида:  $\delta_4= 0,005$  м;  $\lambda_4=0,17$  Вт/(м·°C);

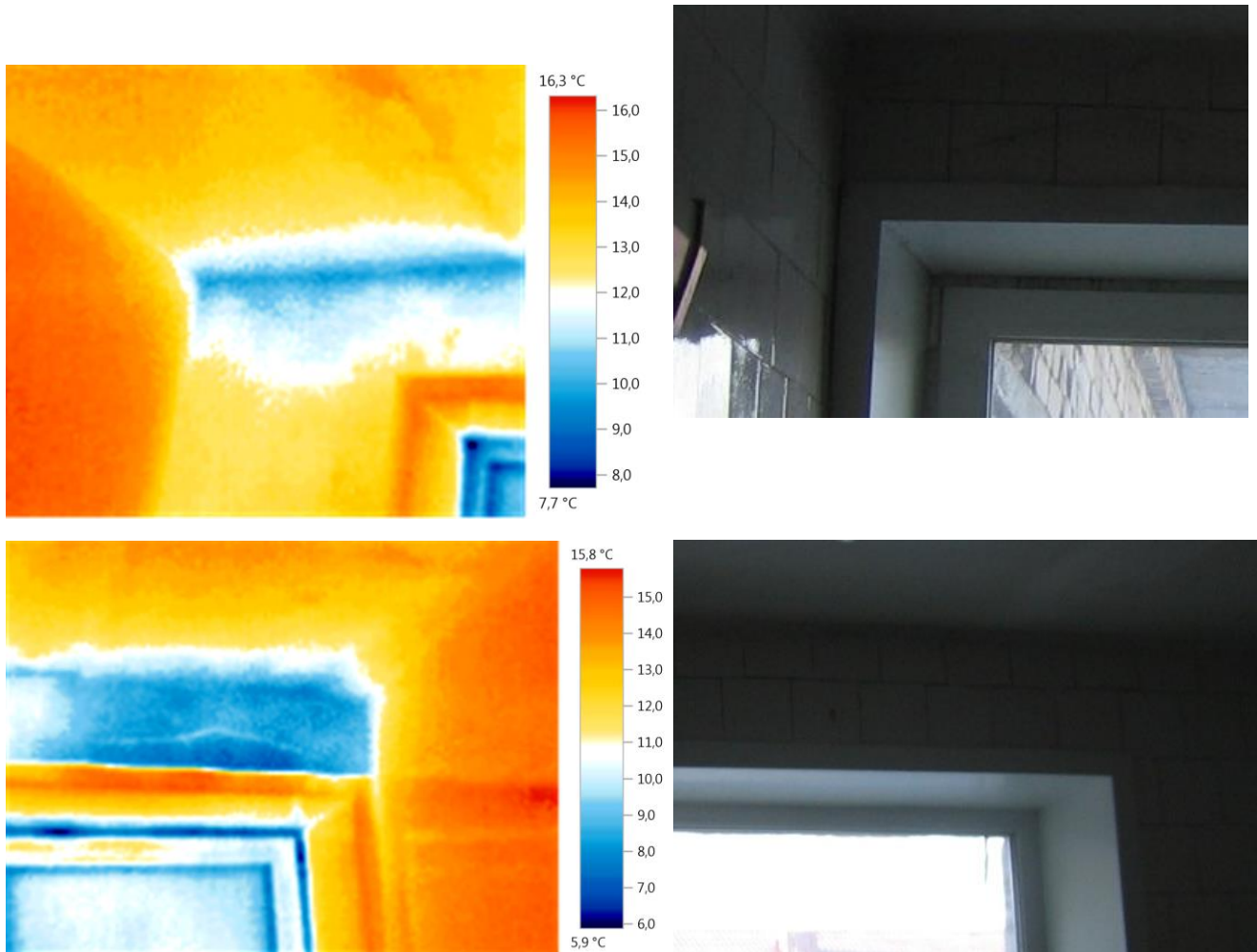


Рисунок 1 – Результаты тепловизионной съемки внутренней поверхности ограждающих конструкций в 2-х этажном здании терапевтического отделения

Определяем фактическое сопротивление теплопередаче покрытия  $R_0^\Phi$ , (м<sup>2</sup>°C)/Вт по формуле

$$R_0^\Phi = \frac{1}{\alpha_{\text{в}}} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{\delta_3}{\lambda_3} + \frac{\delta_4}{\lambda_4} + \frac{1}{\alpha_{\text{н}}}, \quad (1.1)$$

где  $\delta_{1,2,3,4}$  – толщина отдельных слоев ограждающей конструкции, м;

$\lambda_{1,2,3,4}$  – коэффициент теплопроводности отдельных слоев ограждающей

конструкции, Вт/(м · °С) [3];

$\alpha_{в}$  – коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности ограждения, Вт/(м<sup>2</sup>·°С), принимаемый равным 8,7 [3];

$\alpha_{н}$  – коэффициент теплоотдачи наружной поверхности ограждения, Вт/(м<sup>2</sup>·°С), принимаемый равным 23 [3].

Находим сопротивление теплопередаче железобетонной конструкции многопустотной плиты  $R_o^{np}$ . Для упрощения круглые отверстия – пустоты плиты диаметром 160 мм – заменяют равновеликими по площади квадратными со стороной

$$a = \sqrt{\frac{\pi d^2}{4}}, \quad (1.2)$$
$$a = \sqrt{\frac{3,14 \cdot 160^2}{4}} = 142 \text{ мм.}$$

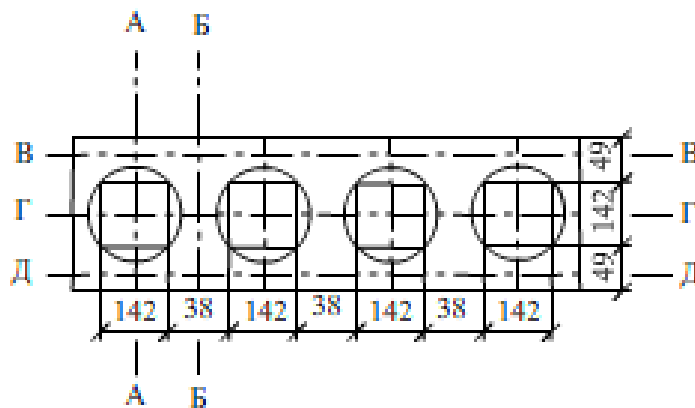


Рисунок 2 – Термическое сопротивление теплопередаче железобетонной конструкции плиты  $R_{плиты}$ , (м<sup>2</sup>·°С)/Вт, вычисляют отдельно для слоев, параллельных А-А и Б-Б и перпендикулярных В-В; Г-Г; Д-Д движению теплового потока.

А. Термическое сопротивление плиты  $R_A$ , (м<sup>2</sup>·°С)/Вт, в направлении, параллельном движению теплового потока, вычисляем для двух характерных сечений (А-А; Б-Б).

В сечении А-А

$$\delta_{\text{жб}}^{\text{А-А}} = 0,049 + 0,049 = 0,098 \text{ м}$$

(два слоя железобетона с коэффициентом теплопроводности  $\lambda_{\text{жб}} = 1,92 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot ^\circ\text{C})$ , воздушной прослойкой толщиной  $\delta_{\text{вп}} = 0,142 \text{ м}$  и термическим сопротивлением  $R_{\text{вп}} = 0,1342 \text{ (м}^2 \cdot ^\circ\text{C)}/\text{Вт}$ , термическое сопротивление составит

$$R_{\text{А-А}} = \frac{\delta_{\text{жб}}^{\text{А-А}}}{\lambda_{\text{жб}}} + R_{\text{вп}}, \quad (1.3)$$

$$R_{\text{А-А}} = \frac{0,098}{1,92} + 0,1342 = 0,185 \frac{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}}{\text{Вт}}.$$

В сечении Б-Б (слой железобетона  $\delta_{\text{жб}}^{\text{Б-Б}} = 0,24 \text{ м}$  с коэффициентом теплопроводности  $\lambda_{\text{жб}} = 1,92 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot ^\circ\text{C})$ ) термическое сопротивление составит

$$R_{\text{Б-Б}} = \frac{\delta_{\text{жб}}^{\text{Б-Б}}}{\lambda_{\text{жб}}}, \quad (1.4)$$

$$R_{\text{Б-Б}} = \frac{0,24}{1,92} = 0,125 \frac{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}}{\text{Вт}}.$$

Термическое сопротивление плиты определяем по формуле

$$R_{\text{А}} = \frac{A_{\text{А-А}} + A_{\text{Б-Б}}}{\frac{A_{\text{А-А}}}{R_{\text{А-А}}} + \frac{A_{\text{Б-Б}}}{R_{\text{Б-Б}}}}, \quad (1.5)$$

$$R_{\text{А}} = \frac{0,71 + 0,192}{\frac{0,71}{0,185} + \frac{0,192}{0,125}} = 0,168 \frac{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}}{\text{Вт}},$$

где  $A_{\text{А-А}}$  – площадь слоев в сечении А-А, равная

$$A_{\text{А-А}} = (0,142 \cdot 1) \cdot 5 = 0,71 \text{ м}^2, \quad (1.6)$$

$A_{\text{Б-Б}}$  – площадь слоев в сечении Б-Б, равная

$$A_{\text{Б-Б}} = (0,048 \cdot 1) \cdot 4 = 0,192 \text{ м}^2. \quad (1.7)$$

**Б.** Термическое сопротивление плиты  $R_{\text{Б}}$ ,  $(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C)}/\text{Вт}$ , в направлении, перпендикулярном движению теплового потока, вычисляют для трех характерных сечений (В-В; Г-Г; Д-Д).

Для сечения В-В и Д-Д (два слоя железобетона) термическое сопротивление составит

$$\delta_{\text{жб}}^{\text{В-В}} = 0,049 + 0,049 = 0,098 \text{ м},$$

$$R_{\text{В-В,Д-Д}} = \frac{0,098}{1,92} = 0,051 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{°C}}{\text{Вт}}.$$

Для сечения Г-Г термическое сопротивление составит

$$R_{\text{Г-Г}} = \frac{A_{(\text{Г-Г})\text{ен}} + A_{(\text{Г-Г})\text{жб}}}{\frac{A_{(\text{Г-Г})\text{ен}}}{R_{(\text{Г-Г})\text{ен}}} + \frac{A_{(\text{Г-Г})\text{жб}}}{R_{(\text{Г-Г})\text{жб}}}},$$

$$R_{\text{Г-Г}} = \frac{0,71 + 0,192}{\frac{0,71}{0,1342} + \frac{0,192}{0,074}} = 0,114 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{°C}}{\text{Вт}},$$

где  $A_{(\text{Г-Г})\text{ен}}$  – площадь воздушных прослоек в сечении Г-Г, равная

$$A_{(\text{Г-Г})\text{ен}} = A_{\text{А-А}} = 0,71 \text{ м}^2;$$

$A_{(\text{Г-Г})\text{жб}}$  – площадь слоев из железобетона в сечении Г-Г, равная

$$A_{(\text{Г-Г})\text{жб}} = A_{\text{Б-Б}} = 0,192 \text{ м}^2;$$

$R_{(\text{Г-Г})\text{ен}}$  – термическое сопротивление воздушной прослойки в сечении Г-Г с  $\delta_{\text{ен}} = 0,142 \text{ м}$ , равное

$$R_{(\text{Г-Г})\text{ен}} = R_{\text{ен}} = 0,1342 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{°C}}{\text{Вт}};$$

$R_{(\text{Г-Г})\text{жб}}$  – термическое сопротивление слоя железобетона в сечении Г-Г

$$\delta_{\text{жб}}^{\text{Г-Г}} = 0,142 \text{ м с } \lambda_{\text{жб}} = 1,92 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{°C}}, \text{ равное}$$

$$R_{(\text{Г-Г})\text{жб}} = \frac{\delta_{\text{жб}}^{\text{Г-Г}}}{\lambda_{\text{жб}}}, \quad (1.8)$$

$$R_{(\text{Г-Г})\text{жб}} = \frac{0,142}{1,92} = 0,074 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{°C}}{\text{Вт}}.$$

Затем определяют

$$R_{\text{Б}} = R_{(\text{В-В}),(\text{Д-Д})} + R_{(\text{Г-Г})}, \quad (1.9)$$

$$R_B = 0,051 + 0,114 = 0,165 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{°C}}{\text{Вт}}.$$

Разница между величинами  $R_A$  и  $R_B$  составляет

$$\frac{0,168 - 0,165}{0,168} \cdot 100\% = 1,7\% < 25\%. \quad (1.10)$$

Отсюда полное термическое сопротивление железобетонной конструкции плиты  $R_{\text{плиты}}$ ,  $(\text{м}^2 \cdot \text{°C})/\text{Вт}$ , определяется по формуле

$$R_{\text{плиты}} = \frac{R_A + 2R_B}{3}, \quad (1.11)$$

$$R_{\text{плиты}} = \frac{0,168 + 2 \cdot 0,165}{3} = 0,166 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{°C}}{\text{Вт}}.$$

Определяем фактическое сопротивление теплопередачи покрытия  $R_o^\Phi$ ,  $(\text{м}^2 \cdot \text{°C})/\text{Вт}$  по формуле (1.1)

$$R_o^\Phi = \frac{1}{8,7} + 0,166 + \frac{0,1}{0,17} + \frac{0,05}{0,76} + \frac{0,005}{0,17} + \frac{1}{23} = 1,008 (\text{м}^2 \cdot \text{°C})/\text{Вт}.$$

Определяем коэффициент теплопередачи покрытия  $k$ ,  $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C})$

$$k = \frac{1}{1,008} = 0,992 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C}).$$

Было выполнено определение фактических теплотехнических характеристик заполнений оконных проемов и нормируемого значения приведенного сопротивления теплопередаче ограждающей конструкции стены. Для деревянных заполнений с двойным остеклением из обычного стекла в отдельных переплетах  $R_o^{\text{пр}} = 0,4 (\text{м}^2 \cdot \text{°C})/\text{Вт}$ .

Рассчитываем градусо-сутки отопительного периода ГСОП,  $\text{°C} \cdot \text{сут}$  по формуле

$$\text{ГСОП} = (t_B - t_{\text{он}}) \cdot z_{\text{от}}, \quad (1.12)$$

$$\text{ГСОП} = (20 - (-4,1)) \cdot 200 = 4820 \text{°C} \cdot \text{сут}.$$

Величина сопротивления теплопередаче ограждающей конструкции стены с учетом энергосбережения  $R_o^{\text{пр}}$ ,  $(\text{м}^2 \cdot \text{°C})/\text{Вт}$  определяется по формуле

$$R_o^{\text{пр}} = a \cdot \text{ГСОП} + b, \quad (1.13)$$



где  $a$ ,  $b$  - коэффициенты, принимаемые по [3, табл. 3]

$$R_0^{\text{TP}} = 0,00035 \cdot 4820 + 1,4 = 3,087 \text{ (м}^2 \cdot \text{°C)/Вт.}$$

Базовое значение требуемого сопротивления теплопередаче ограждающей конструкции стены  $R_0^{\text{TP}}$ , (м<sup>2</sup>·°C)/Вт определяется по формуле

$$R_0^{\text{TP}} = R_0^{\text{TP}} \cdot n_t, \quad (1.14)$$

$$R_0^{\text{TP}} = 3,087 \cdot 1 = 3,087 \text{ (м}^2 \cdot \text{°C)/Вт.}$$

Нормируемое значение нормируемого сопротивления теплопередаче ограждающей конструкции стены  $R_0^{\text{норм}}$ , (м<sup>2</sup>·°C)/Вт определяется по формуле

$$R_0^{\text{норм}} = R_0^{\text{TP}} \cdot m_p, \quad (1.15)$$

$$R_0^{\text{норм}} = 3,087 \cdot 1 = 3,087 \text{ (м}^2 \cdot \text{°C)/Вт.}$$

**Вывод:** Ограждающая конструкция стены не соответствует требованиям энергосбережения  $R_0^{\Phi} < R_0^{\text{норм}}$ ,  $0,856 < 3,087$ .

Далее определяем нормируемое значение приведенного сопротивления теплопередаче покрытия. Рассчитываем градусо-сутки отопительного периода ГСОП, °C·сут

$$\text{ГСОП} = (20 - (-4,1)) \cdot 200 = 4820 \text{ °C} \cdot \text{сут.}$$

Величина сопротивления теплопередаче покрытия с учетом энергосбережения  $R_0^{\text{TP}}$ , (м<sup>2</sup>·°C)/Вт равна

$$R_0^{\text{TP}} = 0,0005 \cdot 4820 + 2,2 = 4,61 \text{ (м}^2 \cdot \text{°C)/Вт.}$$

Базовое значение требуемого сопротивления теплопередачи покрытия  $R_0^{\text{TP}}$ , (м<sup>2</sup>·°C)/Вт равно

$$R_0^{\text{TP}} = 4,61 \cdot 1 = 4,61 \text{ (м}^2 \cdot \text{°C)/Вт.}$$

Нормируемое значение нормируемого сопротивления теплопередаче покрытия  $R_0^{\text{норм}}$ , (м<sup>2</sup>·°C)/Вт составляет

$$R_0^{\text{норм}} = 4,61 \cdot 1 = 4,61 \text{ (м}^2 \cdot \text{°C)/Вт.}$$

**Вывод:** конструкция покрытия не соответствует требованиям энергосбережения:  $R_0^\Phi < R_0^{\text{норм}}$ ,  $1,008 < 4,61$ .

Определяем нормируемое значение приведенного сопротивления теплопередаче окон. Рассчитываем градусо-сутки отопительного периода ГСОП, °С·сут по формуле (1.12)

$$\text{ГСОП} = (20 - (-4,1)) \cdot 200 = 4820^\circ\text{С}\cdot\text{сут}.$$

Величина сопротивления теплопередаче покрытия с учетом энергосбережения  $R_0^{\text{тр}}$ , (м<sup>2</sup>·°С)/Вт равна

$$R_0^{\text{тр}} = 0,00005 \cdot 4820 + 0,2 = 0,441 (\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{С})/\text{Вт}.$$

Базовое значение требуемого сопротивления теплопередаче окна  $R_0^{\text{тр}}$ , (м<sup>2</sup>·°С)/Вт определяется как

$$R_0^{\text{тр}} = 0,441 \cdot 1 = 0,441 (\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{С})/\text{Вт}.$$

Нормируемое значение нормируемого сопротивления теплопередаче покрытия  $R_0^{\text{норм}}$ , (м<sup>2</sup>·°С)/Вт составляет

$$R_0^{\text{норм}} = 0,441 \cdot 1 = 0,441 (\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{С})/\text{Вт}.$$

**Вывод:** конструкция заполнений оконных проемов не соответствует требованиям энергосбережения:  $R_0^\Phi < R_0^{\text{норм}}$ ,  $0,4 < 0,441$ .

Определяем фактический температурный перепада между температурой внутреннего воздуха и температурой внутренней поверхности ограждающей конструкции стены и покрытия  $\Delta t^\Phi$  °С

$$\Delta t^\Phi = \frac{(t_{\text{в}} - t_{\text{н}})}{R_0^\Phi \cdot \alpha_{\text{в}}} \quad (1.16)$$

где  $t_{\text{в}}$  – расчетная температура внутреннего воздуха, °С, принимаемая по нормам проектирования соответствующих зданий;

$t_{\text{н}}$  – расчетная температура наружного воздуха в холодный период года, °С, равная средней температуре наиболее холодной пятидневки обеспеченностью 0,92;

$R_o^{\phi}$  – фактическое сопротивление теплопередаче ограждающей конструкции,  $(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})/\text{Вт}$ .

$\alpha_v$  – коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности ограждения,  $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$ , по .

Для ограждающей конструкции стены

$$\Delta t^{\phi} = \frac{(20 - (-27))}{0,856 \cdot 8,7} = 6,3 ^\circ\text{C}.$$

Для ограждающей конструкции покрытия

$$\Delta t^{\phi} = \frac{(20 - (-27))}{1,008 \cdot 8,7} = 5,4 ^\circ\text{C}.$$

Результаты расчета сведены в таблицу 1.

Таблица 1 – Фактический температурный перепад между температурой внутреннего воздуха и температурой внутренней поверхности ограждающей конструкции

Ограждающая конструкция	Фактический температурный перепад $\Delta t^{\phi}$ , $^\circ\text{C}$	Нормируемый температурный перепад $\Delta t^{\text{н}}$ , $^\circ\text{C}$
Стена	6,3	4,0
Покрытие	5,4	3,0

**Вывод:** фактический температурный перепад между температурой внутреннего воздуха и температурой внутренней поверхности ограждающей конструкции стен и покрытия не соответствует нормативным значениям.

Имея данные, полученные эмпирическим путем (теповизиционная съёмка), и данные, полученные путем выполнения теплотехнического расчета, было подготовлено заключение по результатам обследования, где в рекомендациях по дальнейшей эксплуатации был сделан вывод о необходимости утепления фасада здания [6]. Данный документ с ходатайством о выделении денежных средств был направлен главному распорядителю

бюджетных средств в сфере здравоохранения Пензенской области – Министерству здравоохранения Пензенской области. В настоящее время готовится проектно-сметная документация на утепление фасадов. Следовательно, обследование в форме строительно-технической экспертизы – действующий инструмент в деле обоснования необходимости строительно-монтажных работ.

### **Библиографический список:**

1. Шеин А.И., Бакушев С.В., Зернов В.В., Зайцев М.Б. Опыт обследования зданий и сооружений // Моделирование и механика конструкций. – 2017.– № 5. – С. 16.
2. Гарькин И.Н., Гарькина И.А., Клюев С.В., Саденко Д.С. Из опыта экспертизы конструкций зданий и сооружений в условиях Крайнего Севера // Региональная архитектура и строительство. 2022. № 4 (53). С. 66-74.
3. Гарькин И.Н. Подготовка главного инженера проекта в строительстве на основе составления психолого-профессионального портрета // Вестник Сургутского государственного педагогического университета. 2020. № 1 (64). С. 22-27
4. Шеин, А. И. Азимова Я.А. Практическая оптимизация фиброармированных балок // Региональная архитектура и строительство. – 2022. – № 1(50). – С. 51-57
5. Кузин Н.Я., Багдоев С.Г. Оценка внешних факторов на несущую способность конструкций гражданских зданий // Региональная архитектура и строительство.– 2012.– №2– С.79-82
6. Дали Ф. А. Методологические аспекты обследования объектов защиты на соответствие требованиям пожарной безопасности в проблемно-ориентированных системах управления // Инженерный вестник Дона. 2021. № 7(79). URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n7y2021/7114](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n7y2021/7114).