

Изменение конструктивных слоёв ограждающих конструкций здания при смене функционального назначения помещений

Рецензия эксперта на статью получена 13.05.2026 [The expert review of the article was received on May 13, 2026]

В соответствии с практикой эксплуатации производственных объектов, изменение функционального назначения помещений или технологии выпуска продукции часто влечёт за собой несоответствие теплотехнических характеристик наружных ограждений новым условиям теплового баланса [1]. Как показывают натурные обследования, предприниматели зачастую сталкиваются с ситуациями, когда параметры микроклимата (температура, радиационная температура, подвижность воздуха) перестают отвечать требованиям [2, 3].

Подобный случай был выявлен при обследовании одного из промышленных зданий в городе Ульяновске. Исходные параметры микроклимата помещений в нём оказались нарушены из-за двух взаимосвязанных факторов:

- перехода от централизованного источника теплоты (производственная котельная на территории другого промышленного предприятия) к местному источнику (шесть котлов Sime различной мощности, расположенных внутри здания) [1];
- изменения вида производственной деятельности — термическая обработка металлоизделий, связанная со значительными теплоизбытками, сейчас заменена на полный цикл производства мебели и фурнитуры, при котором внутренние тепловыделения существенно снижены.

В период, когда в здании производилась термическая обработка металлов, избыточная теплота от технологического оборудования компенсировала трансмиссионные потери и затраты на нагрев infiltrирующегося воздуха, что практически сводило к нулю потребность в работе системы отопления.

После перехода на производство мебели составляющая бытовых (технологических) поступлений резко сократилась.

Фактическая температура внутреннего воздуха в холодный период перестала соответствовать категории помещения 3в по ГОСТ 30494–2011 [3]. Как отмечено в [1], одним из вариантов решения данной проблемы является изменение конструктивных слоёв наружных ограждений здания (утепление) с целью повышения сопротивления теплопередаче.

Объектами технологического анализа являлись ограждения здания: наружные стены, кровля, полы по грунту, оконные и дверные проёмы и зенитные фонари. Расчёт фактических значений сопротивлений теплопередаче проведён по методике, изложенной в СП 50.13330.2024 [2]

Необходимый тепловой поток для восполнения тепловых потерь [Вт] определяется по формуле:

$$Q = Q_{\text{тр}} + Q_{\text{инф}} - Q_{\text{быт}}, \quad (1)$$

где $Q_{\text{тр}}$ — трансмиссионные теплотери через ограждающие конструкции, Вт; $Q_{\text{инф}}$ — расход теплоты на нагревание требуемого количества приточного воздуха, Вт; $Q_{\text{быт}}$ — бытовые теплопоступления, Вт.

Обследование ограждающих конструкций

Объектами технологического анализа являлись следующие ограждения здания: наружные стены, кровля, полы по грунту, оконные и дверные проёмы и зенитные фонари. Расчёт фактических значений сопротивлений теплопередаче проведён по методике, изложенной в СП 50.13330.2024 [2].

УДК 697.148. Научная специальность: 2.1.3.

Изменение конструктивных слоёв ограждающих конструкций здания при смене функционального назначения помещений

Ольга Владимировна Пазушкина, к.т.н., доцент, кафедра «Теплогасоснабжение и вентиляция имени В.И. Шарапова» (ТГВ), Ульяновский государственный технический университет (УлГТУ, г. Ульяновск); **Максим Фёдорович Пичугин**, студент магистратуры, кафедра ТГВ, УлГТУ

В процессе эксплуатации промышленных зданий смена профиля деятельности предприятия нередко приводит к несоответствию параметров микроклимата помещений установленным нормативным требованиям. Представлены результаты теплотехнического обследования здания, в котором после перехода с централизованного теплоснабжения на автономное и изменения характера внутренних тепловыделений было зафиксировано нарушение теплового режима. Выполнены расчёты фактических и требуемых сопротивлений наружных ограждающих конструкций. Предложены варианты модернизации конструктивных слоёв, проведено их технико-экономическое сравнение по удельным капитальным затратам.

Ключевые слова: тепловая защита зданий, микроклимат, ограждающие конструкции, сэндвич-панели.

UDK 697.148. Scientific specialty number: 2.1.3.

Changing the structural layers of the building's enclosing structures when changing the functional purpose of the premises

Olga V. Pazushkina, PhD (Engineering), Associate Professor, Department of Heat and Gas Supply and Ventilation (HGSV); **Maxim F. Pichugin**, graduate student, Department of HGSV, Ulyanovsk State Technical University (UlSTU, Ulyanovsk city)

During the operation of industrial buildings, a change in the profile of an enterprise's activities often leads to a discrepancy between the parameters of the indoor climate and established regulatory requirements. The results of a thermal engineering survey of a building are presented, in which, after the transition from centralized heat supply to autonomous and a change in the nature of internal heat generation, a violation of the thermal regime was recorded. Calculations of the actual and required resistances of external enclosing structures have been performed. Variants of modernization of structural layers are proposed, their technical and economic comparison on specific capital costs is carried out.

Key words: thermal protection of buildings, microclimate, enclosing structures, sandwich panels.

В качестве примера приведён расчёт фактического сопротивления теплопередаче наружной самонесущей стены, конструкция которой показана на рис. 1.

Расчёт фактического сопротивления теплопередаче наружной стены $[(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})/\text{Вт}]$ определяется по формуле:

$$R_0^\Phi = \frac{1}{\alpha_v} + \sum_{i=1}^k R_i + \frac{1}{\alpha_n}, \quad (2)$$

где α_v и α_n — коэффициенты теплоотдачи внутренней и наружной поверхностей ограждающей конструкции, соответственно, $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$; R_i — сопротивление теплопередаче i -го слоя ограждающей конструкции, $(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})/\text{Вт}$:

$$R_0^\Phi = \frac{1}{8,7} + \frac{0,5}{0,87} + \frac{0,06}{0,93} + \frac{1}{23}.$$

Так как конструкция наружной стены содержит теплопроводные включения в виде окон и дверей, для корректной оценки теплозащитных свойств дополнительно определено приведённое сопротивление теплопередаче $R_0^{\text{пр}} [(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})/\text{Вт}]$.

Расчёт приведённого сопротивления теплопередаче ограждения определяется по формуле (3) с учётом коэффициента теплотехнической однородности согласно приложению Г [2]:

$$R_0^{\text{пр}} = R_0^\Phi r, \quad (3)$$

где r — коэффициент теплотехнической однородности, $r = 0,7$.

$$R_0^{\text{пр}} = 0,8 \times 0,7 = 0,56 (\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})/\text{Вт}.$$

Аналогичные вычисления выполнены для других наружных ограждений, результаты расчётов сведены в табл. 1.

Определение требуемых сопротивлений теплопередаче

Проведём сравнение фактических значений сопротивления теплопередаче с нормируемыми. Согласно п. 5.2 [2], базовые значения требуемого сопротивления теплопередаче ограждающей конструкции $R_0^{\text{тп}} [(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})/\text{Вт}]$, устанавливаются в зависимости от градусо-суток отопительного периода $GCOП [^\circ\text{C} \cdot \text{сут.}]$, вычисляемых по формуле:

$$GCOП = (t_v - t_{от}) z_{от}, \quad (4)$$

где t_v — расчётная температура внутреннего воздуха здания $[^\circ\text{C}]$, принимаемая при расчёте ограждающих конструкций групп зданий, указанных в [2]; $t_{от}$ и $z_{от}$ — средняя температура наружного воздуха $[^\circ\text{C}]$ и продолжительность $[\text{сут}/\text{год}]$ отопительного периода, соответственно, принимаемые по [4] для жилых и общественных зданий для периода со среднесуточной температурой наружного воздуха не более $+8^\circ\text{C}$.

Обследуемое здание расположено в городе Ульяновске, климатические параметры составляют: $t_v = 18^\circ\text{C}$ (категория помещения 3в [3]); $t_{от} = -4,3^\circ\text{C}$; $z_{от} = 201$ сут.;

$$GCOП = (18 + 4,3) \times 201 = 4482,3 ^\circ\text{C} \cdot \text{сут.}$$

По методике СП 50.13330.2024 [2] получено, что требуемое сопротивление теплопередаче для наружной стены составит:

$$R_0^{\text{тп}} = 2,55 (\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})/\text{Вт}.$$

Аналогичным образом определяем требуемые значения сопротивления для других ограждающих конструкций. Результаты расчётов сведены в табл. 2.

Сравнение фактических и требуемых значений сопротивлений показывает, что большинство имеющихся ограждающих конструкций не удовлетворяет требованиям [2].

Предложения по модернизации конструктивных слоёв

С целью приведения тепловой защиты здания к нормативному уровню предложены следующие мероприятия:

- утепление наружных стен или замена их на сэндвич-панели;
- утепление кровли;
- замена деревянных стеклопакетов на двухкамерные пластиковые;
- замена старых наружных дверей на более современные.

При обследовании здания было отмечено, что состояние стен неудовлетворительное — имеются места с локальными разрушениями. Восстановление стен потребует дополнительных капитальных и трудовых затрат, а замена их на сэндвич-панели — полного демонтажа стен. Далее выполнено сравнение затрат для поиска оптимального решения.

В качестве теплоизоляционного материала принята минеральная вата производства компании «Технониколь» [5]: ко-

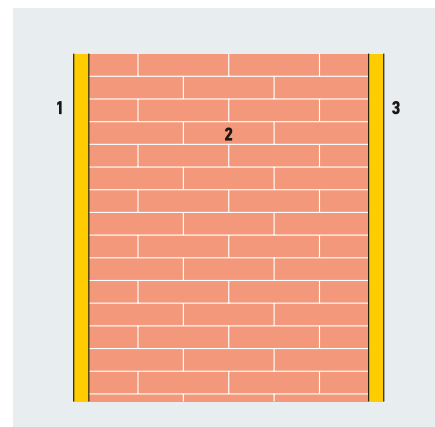


Рис. 1. Разрез ограждающей конструкции (наружной стены) [1 и 3 — отделочные слои штукатурки ($\rho = 1800 \text{ кг}/\text{м}^3$, $\lambda = 0,93 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot ^\circ\text{C})$, $\delta = 30/30 \text{ мм}$); 2 — кирпичная кладка из сплошного силикатного кирпича на цементно-песчаном растворе ($\rho = 1800 \text{ кг}/\text{м}^3$, $\lambda = 0,87 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot ^\circ\text{C})$, $\delta = 500 \text{ мм}$)]

эффициент теплопроводности $\lambda_{из}$ составляет $0,042 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot ^\circ\text{C})$ в условиях эксплуатации Б согласно приложению Д [2]).

Расчёт необходимой толщины ведётся по формуле:

$$\delta_{из} = \lambda_{из} \left(R_0^{\text{тп}} - \frac{1}{\alpha_v} - \sum_{i=1}^k R_i + \frac{1}{\alpha_n} \right), \quad (5)$$

$$\delta_{из} = 0,042 \left(2,55 - \frac{1}{8,7} - \frac{0,5}{0,87} - \frac{0,06}{0,93} - \frac{1}{23} \right) = 0,075 \text{ м}.$$

Фактическая толщина принята $\delta_{из}^\Phi = 0,12 \text{ м}$.

Фактическое сопротивление теплопередаче ограждения с утеплителем определяется по формуле (2):

$$R_0^\Phi = \frac{1}{8,7} + \frac{0,5}{0,87} + \frac{0,06}{0,93} + \frac{0,12}{0,042} + \frac{1}{23} = 3,66 (\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})/\text{Вт}.$$

Значения фактических сопротивлений наружных ограждений здания

табл. 1

Ограждающая конструкция	Сопротивление R , $(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})/\text{Вт}$
Стена наружная	0,56
Кровля (железобетонная плита П-образная со слоем керамзита и рубероида)	0,58
Окно (деревянный стеклопакет)	0,55
Дверь наружная (металлическая)	0,30
Полы по грунту	5,67
Зенитный фонарь	0,26

Значения требуемых сопротивлений наружных ограждений здания

табл. 2

Ограждающая конструкция	Сопротивление R , $(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})/\text{Вт}$
Стена наружная	2,55
Кровля	2,95
Окно	0,66
Дверь наружная	0,47
Полы по грунту	5,67
Зенитный фонарь	0,26

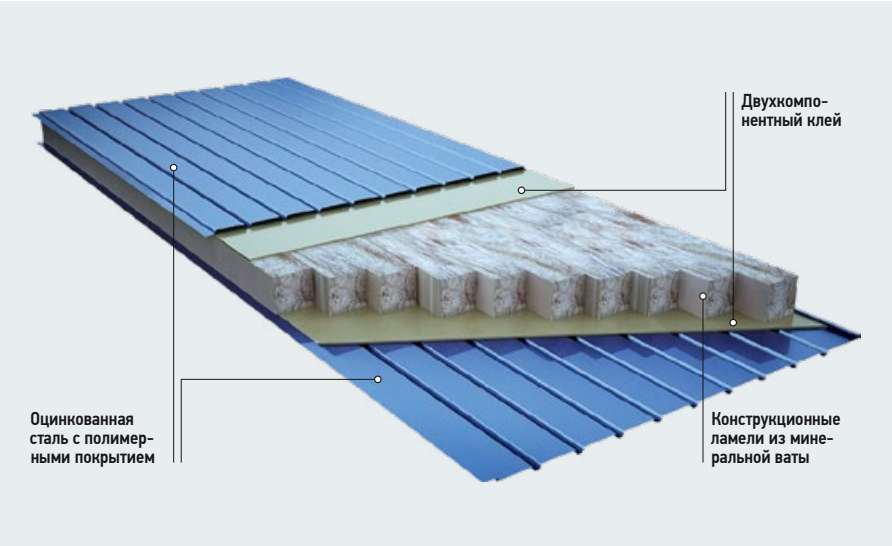


Рис. 2. Конструкция сэндвич-панели

Приведённое сопротивление теплопередаче наружной стены, определяемое по формуле (3), составит $R_0^{np} = 2,56 \text{ (м}^2\cdot\text{°C)/Вт}$. Отметим, что условие $R_0^{np} \geq R_0^{trp}$ выполняется: $2,56 > 2,55 \text{ (м}^2\cdot\text{°C)/Вт}$. В качестве альтернативы рассмотрена заводская сэндвич-панель (рис. 2) с толщиной утеплителя (минеральной ваты) 150 мм. Согласно техническим данным [6], фактическое сопротивление составляет $R_0^f = 3,817 \text{ (м}^2\cdot\text{°C)/Вт}$, что также превышает значение требуемого сопротивления.

Технико-экономическое сравнение вариантов

Сравнение капитальных затрат проводится по удельным показателям — затраты на 1 м² ограждающей конструкции. Результаты сведены в табл. 3 и 4.

Сравнение показывает, что замена существующей кирпичной стены на сэндвич-панели позволяет снизить затраты на 22 %. Также стоит отметить, что сэндвич-панель обладает более высоким приведённым сопротивлением теплопередаче, что дополнительно снижает эксплуатационные расходы на отопление в течение всего отопительного периода. Но для предотвращения образования конденсата на внутренних поверхностях стен необходимо предусмотреть приточно-вытяжную вентиляцию с воздухообменом не ниже нормируемого.

Выводы

1. В результате проведённого теплотехнического и экономического анализа установлено, что изменение функционального назначения промышленного здания

привело к несоответствию теплозащитных характеристик наружных ограждений требованиям СП 50.13330.2024 [2]. Выявлено, что фактическое приведённое сопротивление теплопередаче наружной стены более чем в четыре раза ниже нормативного — 0,56 против 2,55 (м²·°C)/Вт. 2. Предложено два варианта приведения конструкции к норме: восстановление стены с утеплением минераловатными плитами либо полная замена кирпичной стены на сэндвич-панели.

Установлено, что изменение функционального назначения промышленного здания привело к несоответствию теплозащитных характеристик наружных ограждений требованиям свода правил СП 50.13330.2024. Выявлено, что фактическое приведённое сопротивление теплопередаче наружной стены более чем в четыре раза ниже нормативного

Расчёты показали, что вариант с заменой на сэндвич-панели толщиной 150 мм является экономически целесообразным: удельные капитальные затраты снижаются более чем на 20 %, а приведённое сопротивление теплопередаче удовлетворяет нормативному уровню. Дополнительным преимуществом можно отметить сокращение эксплуатационных и финансовых расходов на тепловую энергию [7].

Предложенное техническое решение может быть рекомендовано к внедрению при реконструкции аналогичных производственных зданий.

Затраты на ремонт 1 м² существующей стены с утеплением минеральной ватой табл. 3

Наименование работ и материала	Удельные затраты, руб/м ²
Установка строительных лесов	150
Демонтаж наружного штукатурного слоя толщиной 30 мм	300
Восстановление кирпичной кладки и подготовка стен	800
Утеплитель толщиной 120 мм	1740
Монтаж утеплителя толщиной 120 мм	600
Армирование	500
Штукатурный слой толщиной 30 мм	650
Оштукатуривание поверхности утеплителя	600
Демонтаж строительных лесов	100
Итого	5440

Затраты на замену 1 м² наружной кирпичной стены на сэндвич-панель табл. 4

Наименование работ и материала	Удельные затраты, руб/м ²
Демонтаж кирпичной стены, в том числе вывоз мусора	900
Установка строительных лесов	150
Сэндвич-панель толщиной 150 мм	2570
Монтаж сэндвич-панели	500
Демонтаж строительных лесов	100
Итого	4220

1. Пичугин М.Ф., Пазушкина О.В. Анализ изменения микроклимата помещений промышленного здания при смене источника тепла / Энергоэффективные технологии в строительстве, энергетике и жилищно-коммунальном хозяйстве: Сб. науч. трудов V науч.-техн. конф. студентов и аспирантов с межд. участием (02.06.2025, г. Ульяновск). — Ульяновск: УлГТУ, 2025. С. 45–49.

2. СП 50.13330.2024. Тепловая защита зданий [пересмотр СП 50.13330.2012 «СНиП 23-02-2003. Тепловая защита зданий»] / Дата введ.: 16.06.2024.

3. ГОСТ 30494–2011. Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях (с Попр., с Изм. №1) / Дата введ.: 01.01.2013.

4. СП 131.13330.2025. Строительная климатология [взамен СП 131.13330.2020 «СНиП 23-01-99*. Строительная климатология»] / Дата введ.: 09.09.2025.

5. Каталог продукции [Электр. ресурс]. «Техноколь». Режим доступа: shop.tn.ru. Дата обрац.: 25.05.2026.

6. Стеновые сэндвич-панели с минеральной ватой. Каталог продукции [Электр. ресурс]. «Профхолод». Режим доступа: profholod.ru. Дата обрац.: 20.05.2026.

7. Войлоков И.А. Энергосбережение как инструмент сокращения эксплуатационных затрат при росте тарифов // Журнал СОК, 2025. №11. С. 68–71.

References — see page 80.

Changing the structural layers of the building's enclosing structures when changing the functional purpose of the premises. Pp. 76–78.

Olga V. Pazushkina, PhD (Engineering), Associate Professor, Department of Heat and Gas Supply and Ventilation named (HGSV); **Maxim F. Pichugin**, graduate student, Department of HGSV, Ulyanovsk State Technical University (UISTU, Ulyanovsk city)

1. M.F. Pichugin, O.V. Pazushkina. *Analiz izmeneniya mikroklimata pomeshchenij promyshlennogo zdaniya pri smene istochnika tepla* [Analysis of changes in the microclimate of industrial building premises when changing the heat source]. *Energoeffektivnyye tekhnologii v stroitel'stve, energetike i zhilishchno-kommunal'nom khozyajstve: Sb. nauch. trudov V nauch.-tekhn. konf. studentov i aspirantov s mezhd. uchastiem (02.06.2025, Ulyanovsk)* [Energy-efficient technologies in construction, power engineering, housing and public utilities: Coll. vol. of scientific papers of the V scientific and technical conference of students and postgraduates with international participation (June 2, 2025; Ulyanovsk city)]. Ulyanovsk. *UIGTU* [Ulyanovsk State Technical University]. 2025. Pp. 45–49. [In Russian]
2. *SP 50.13330.2024* [The Code of Practice on Design and Construction (The Code of Practice of Russia) No. 50.13330.2024]. *Teplovaya zashchita zdaniy* [Thermal protection of buildings]. Date of impl.: June 16, 2024. [In Russian]
3. *GOST 30494–2011* [The State Industry Standard of Russia No. 30494–2011]. *Zdaniya zhilye i obshchestvennye. Parametry mikroklimata v pomeshcheniyakh (s Popr., s Izm. No. 1)* [Residential and public buildings. Indoor microclimate parameters (with Amendment No. 1)]. Date of impl.: January 1, 2013. [In Russian]
4. *SP 131.13330.2025* [The Code of Practice on Design and Construction (The Code of Practice of Russia) No. 131.13330.2025]. *Stroitel'naya klimatologiya* [Construction climatology]. Date of impl.: September 9, 2025. [In Russian]
5. *Katalog* [Product catalog]. “*Tekhnopolis*” [Technopolis]. Web-source: shop.tn.ru. Access date: May 25, 2026. [In Russian]
6. *Stenovye sendvich-paneli s mineral'noj vatoj. Katalog* [Wall sandwich panels with mineral wool. Product catalog]. “*Profkholod*” [Profkholod]. Web-source: profkholod.ru. Access date: May 20, 2026. [In Russian]
7. *L.A. Vojlovikov. Energoberezhenie kak instrument sokrashcheniya ekspluatatsionnykh zatrat pri roste tarifov* [Energy saving as a tool for reducing operating costs with rising tariffs]. *Zhurnal Santechnika, Otoplenie, Konditsionirovanie (SOK)* [Journal of Plumbing, Heating, Ventilation]. 2025. No. 11. Pp. 68–71. [In Russian]