

УНИВЕРСИТЕТ ГРАЖДАНСКОЙ ЗАЩИТЫ

УТВЕРЖДАЮ

Начальник университета



И.И.Полевода
2025 г.

**РАСЧЕТ ПРЕДЕЛА ОГНЕСТОЙКОСТИ КОНСТРУКЦИЙ
ПЕРЕГОРОДКИ РАЗМЕРОМ 3500X3500X100 ММ ИЗ БЛОКОВ
СТЕНОВЫХ ИЗ ЯЧЕИСТОГО БЕТОНА (АВТОКЛАВНЫЙ
ГАЗОБЕТОН) 625X100X250-3,5-600-35-1, СТВ 1117-98 И
НЕСУЩЕЙ СТЕНЫ РАЗМЕРОМ 3500X3500X200 ММ ИЗ
БЛОКОВ СТЕНОВЫХ ИЗ ЯЧЕИСТОГО БЕТОНА
(АВТОКЛАВНЫЙ ГАЗОБЕТОН) 625X200X250-2,5-500-35-1, СТВ
1117-98, ИЗГОТОВИТЕЛЬ: ОАО «БЕЛОРУССКИЙ
ЦЕМЕНТНЫЙ ЗАВОД» АДРЕС МЕСТА ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ
ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПО ИЗГОТОВЛЕНИЮ ПРОДУКЦИИ:
ФИЛИАЛ № 3 «МИНСКИЙ КСИ» ОАО «БЕЛОРУССКИЙ
ЦЕМЕНТНЫЙ ЗАВОД» ПО АДРЕСУ: УЛ. КУЗЬМЫ МИНИНА,
28, 220014, Г. МИНСК, РЕСПУБЛИКА БЕЛАРУСЬ.**

ДОГОВОР № 4ЛД-25 ОТ 22 МАЯ 2025

МИНСК, 2025


СПИСОК ИСПОЛНИТЕЛЕЙ

Расчет выполнили –

начальник кафедры
пожарной безопасности
канд. техн. наук, доцент

 18.07.25 С.С.Ботян
подпись, дата

профессор кафедры
пожарной безопасности
канд. техн. наук, доцент

 18.07.25 В.А.Осяев
подпись, дата

Нормативный контроль –
Начальник факультета техносферной
безопасности
канд. техн. наук, доцент

 18.07.25 А.С.Миканович
подпись, дата

Взам. инв. №		
Подп. и дата		
Инв. № подл.		



Изм.	Кол.уч	Лист	№ док.	Подпись	Дата

Договор № 4ЛД-25 от 22 мая 2025

1. ПОДХОДЫ И МЕТОДЫ, ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ ДЛЯ ОЦЕНКИ ОГНЕСТОЙКОСТИ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Настоящий расчет по оценке предела огнестойкости строительных конструкций:

– фрагмент перегородки размером 3500x3500x100 мм из блоков стеновых из ячеистого бетона (автоклавный газобетон) 625x100x250-3,5-600-35-1, СТБ 1117-98, изготовитель: ОАО «Белорусский цементный завод» адрес места осуществления деятельности по изготовлению продукции: Филиал № 3 «Минский КСИ» ОАО «Белорусский цементный завод» по адресу: ул. Кузьмы Минина, 28, 220014, г. Минск, Республика Беларусь;

– фрагмент несущей стены размером 3500x3500x200 мм из блоков стеновых из ячеистого бетона (автоклавный газобетон) 625x200x250-2,5-500-35-1, СТБ 1117-98, изготовитель: ОАО «Белорусский цементный завод» адрес места осуществления деятельности по изготовлению продукции: Филиал № 3 «Минский КСИ» ОАО «Белорусский цементный завод» по адресу: ул. Кузьмы Минина, 28, 220014, г. Минск, Республика Беларусь. Нагрузка – 60 кН/м без эксцентриситета;

В соответствии с п.5.2.3 СН 2.02.05-2020 [1], пределы огнестойкости конструкций характеризуются временем (в минутах) от начала стандартного огневого испытания до наступления одного из нормируемых для данной конструкции предельных состояний.

К предельным состояниям конструкций по огнестойкости относят:

- потерю несущей способности вследствие обрушения конструкции или возникновения предельных деформаций R;

- потерю целостности в результате образования в конструкции сквозных трещин или отверстий, через которые на необогреваемую поверхность проникают продукты горения и (или) пламя E;

- потерю теплоизолирующей способности вследствие повышения температуры на необогреваемой поверхности конструкции до предельных значений I или достижение предельной величины плотности теплового потока на нормируемом расстоянии от необогреваемой поверхности конструкции W.

Согласно СН 2.02.05-2020 [1] предел огнестойкости строительных конструкций определяют в условиях стандартных испытаний (в соответствии с положениями ГОСТ 30247.0 [2], ГОСТ 30247.1 [3], являющихся аутентичными международным стандартам ISO 834) или расчетами по методикам, содержащимся в ТНПА (ТКП 45-2.02-110 [4], ТКП EN 1993-1-2 [5], ТКП EN 1994-1-2 [6], ТКП EN 1995-1-2 [7], ТКП EN 1996-



Договор № 4ЛД-25 от 22 мая 2025

Изм.	Кол.уч	Лист	Недок.	Подпись	Дата

Взам. инв. №	
Подп. и дата	
Инв. № подл.	

1-2 [8] и ТКП EN 1999-1-2 [9] для соответствующих видов конструкций), с **учетом установленной продолжительности регламентируемого воздействия пожара при заданном уровне нагрузки.** При этом для определения пределов огнестойкости строительных конструкций допускается использовать данные (в том числе табличную информацию), приведенные в действующих ТНПА.

Расчет огнестойкости включает следующие этапы:

- определение возможных расчетных сценариев пожара;
- определение соответствующих расчетных пожаров;
- расчет повышения температуры в конструкциях (теплотехнический расчет);
- расчет механических характеристик конструкций при пожаре (статический расчет).

При определении механических характеристик конструкции следует учитывать прямые результаты механических воздействий, тепловые воздействия и связанные с ними изменения характеристик материалов, а также не прямые механические воздействия. Однако, не прямые воздействия от примыкающих конструкций не учитываются, если противопожарные требования к конструкции установлены для стандартного температурного режима пожара.

Стандартное огневое воздействие является унифицированным понятием и принимается согласно п.6.1 ГОСТ 30247.0 [2] либо СН 2.01.03-2019 [10] единой зависимостью:

$$\Theta_g = \Theta_0 + 345 \lg(8\tau + 1), \quad (1.1)$$

где Θ_0 – начальная температура воздуха, °С;
 τ – время, мин.

Огнестойкость подтверждается выполнением одним либо несколькими из следующих условий согласно п.2.5 СН 2.01.03-2019 [10]:

– временные параметры

$$t_{fi,d} \geq t_{fi,requ}, \quad (1.2)$$

где $t_{fi,d}$ – расчетный предел огнестойкости;
 $t_{fi,requ}$ – требуемый предел огнестойкости;

– прочностные параметры



Взам. инв. №
Подп. И дата
Инв. № подл.

Изм.	Кол.уч	Лист	Подок.	Подпись	Дата

$$R_{fi,d,t} \geq E_{fi,d,t}, \quad (1.3)$$

$R_{fi,d,t}$ – расчетное сопротивление элемента при пожаре в момент времени t ;
 $E_{fi,d,t}$ – расчетный результат воздействия при пожаре в момент времени t ;

– температурные параметры

$$\theta_d < \theta_{cr,d}, \quad (1.4)$$

где θ_d – расчетная температура материала;
 $\theta_{cr,d}$ – расчетная критическая температура материала.

Теплотехнический и статический расчеты должны производиться для одинаковых промежутков времени СН 2.01.03-2019 [10]. Как правило, при расчете огнестойкости конструкции используется либо два, либо все три приведенных выше параметра.

Взам. инв. №	
Подп. и дата	
Инв. № подл.	

Изм.	Кол.уч	Лист	Подок.	Подпись	Дата



Договор № 4ЛД-25 от 22 мая 2025

2. ОЦЕНКА ПРЕДЕЛА ОГНЕСТОЙКОСТИ СТЕН И ПЕРЕГОРОДОК ИЗ БЛОКОВ СТЕНОВЫХ ИЗ ЯЧЕИСТОГО БЕТОНА

В справочном приложении А [4] приведены табличные значения пределов огнестойкости для каменных конструкций. В случае применения конструкций, отличных от приведенных в приложении А, проводят испытания или проводят расчет в соответствии с положениями ТКП EN 1996-1-2 [8], основываясь на положениях ТКП EN 1996-1-1 [9] (СП 5.02.01 [13]) в части определения расчетной модели сопротивления каменных элементов, основных физико-механических характеристик каменной кладки из кладочных изделий, в том числе из ячеистого бетона автоклавного твердения, группы изделий.

Поведение в условиях пожара стен из каменных материалов зависит от [8]:

- вида материала, из которого изготовлен строительный блок каменной кладки: глина, силикат кальция, автоклавный ячеистый бетон или бетон на плотных/пористых заполнителях, бетон;

- типа строительного блока: полнотелый или с пустотами (тип пустот, относительный объем имеющихся пустот), толщина внутренней перегородки и наружной стенки пустотелого строительного блока;

- типа строительного раствора: строительный раствор основного назначения, раствор, укладываемый тонким слоем или легкий строительный раствор;

- коэффициента использования несущей способности стены;

- гибкости стены;

- эксцентриситета приложения нагрузки;

- плотности строительного блока;

- типа конструкции стены;

- типа и свойств примененной отделки поверхности.

В приложении С ТКП EN 1996-1-2 [8] приведены указания, в том числе для стен, выполненных из ячеистого бетона автоклавного твердения (группа 1, прочность строительного блока от 2 до 6 МПа, объемная плотность брутто в высушенном до постоянной массы состоянии от 400 до 700 кг/м³, для стандартного строительного раствора и укладываемого тонким слоем).

В упрощенном методе расчета предел огнестойкости по потере несущей способности при определенном времени воздействия пожара определяется для остаточного поперечного сечения каменной кладки (нагретой ниже температуры, выше которой материал не обладает остаточной прочностью – критической) с использованием начальных



Взам. инв. №	
Подп. и дата	
Инв. № подл.	

Изм.	Кол.уч	Лист	Подок.	Подпись	Дата

граничных условий с учетом ожидаемого эксцентриситета в результате воздействия пожара, определяемого по формуле [8]:

$$e_{\Delta\theta} = \max \left\{ \frac{1}{8} \cdot h_{ef}^2 \cdot \frac{\alpha_t \cdot (\theta_2 - 20)}{t_{Fr}}; \frac{h_{ef}}{20} \right\}, \quad (2.1)$$

где h_{eff} – эффективная (расчетная) высота стены;

α_t – коэффициент теплового расширения каменной кладки из ячеистого бетона;

θ_2 – температура, выше которой материал не обладает остаточной прочностью;

t_{Fr} – толщина поперечного сечения, где температура не превышает θ_2 .

В приложении D ТКП EN 1996-1-2 [8] приведены указания по выполнению оценки предела огнестойкости с использованием общего метода расчета.

Согласно пункту D.1(2) [8] общий метод расчета заключается в расчете модели для оценки изменения температуры внутри конструктивного элемента (теплотехнический расчет) и механической характеристики конструкции или любой ее части (статический расчет).

Согласно пункту D.1(3) [8] общий метод расчета необходимо использовать совместно с температурно-временной зависимостью при условии, что известны свойства материала для соответствующего температурного диапазона и соответствующей скорости нагрева.

Таким образом для оценки теплофизических характеристик блоков стеновых из ячеистого бетона (автоклавный газобетон) 625x100x250-3,5-600-35-1, СТБ 1117-98 и блоков стеновых из ячеистого бетона (автоклавный газобетон) 625x200x250-2,5-500-35-1, СТБ 1117-98 (изготовитель: ОАО «Белорусский цементный завод» адрес места осуществления деятельности по изготовлению продукции: Филиал № 3 «Минский КСИ» ОАО «Белорусский цементный завод» по адресу: ул. Кузьмы Минина, 28, 220014, г. Минск, Республика Беларусь) необходимо проведение исследований по оценке теплофизических свойств для соответствующего температурного диапазона и соответствующей скорости нагрева стандартного режима пожара (представлены в подразделе 2.2) настоящего расчета.

Взам. инв. №	
Подл. И дата	
Инв. № подл.	

Изм.	Кол.уч	Лист	Недок.	Подпись	Дата



2.1 НАГРУЗКИ И ВОЗДЕЙСТВИЯ

В соответствии с ГОСТ 30247.1 [3], СН 2.01.02-2019 [12], СН 2.01.03-2019 [10], СН 2.01.01-2022 [14] для оценки огнестойкости по признаку несущей способности следует принимать постоянные и временные длительно действующие нагрузки с коэффициентом надежности по нагрузке, равным единице (т.е. нормативное значение).

Значения нагрузок для особого сочетания (для случая пожара) в соответствии с СН 2.01.01-2019 [14], составляют:

$$E_{n,d,t} = \sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P + A_d + (\psi_{1,1} \text{ или } \psi_{2,1}) Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \psi_{2,i} Q_{k,i}, \quad (2.2)$$

где $\sum G_{k,j}$ – характеристическое значение постоянного воздействия j ;

P – определяющее репрезентативное значение усилия предварительного напряжения;

A_d – расчетное значение особого воздействия;

ψ_1 – коэффициент, учитывающий частоту повторения переменного воздействия;

ψ_2 – коэффициент, учитывающий практически постоянное значение переменного воздействия;

$Q_{k,1}$ – характеристическое значение доминирующего переменного воздействия;

$Q_{k,i}$ – характеристическое значение сопутствующего переменного воздействия.

В случае возникновения пожароопасных ситуаций кроме теплового влияния на свойства материалов и изделий определяют косвенное тепловое воздействие, вызванное пожаром, с помощью расчетного значения A_d . Косвенное тепловое воздействие, вызванное пожаром, учитывается в виде теплового изгиба при неравномерном прогреве периметра конструкции. При равномерном всестороннем огневом воздействии тепловой изгиб допускается не учитывать.

Коэффициент сочетания воздействий, учитывающий практически постоянное значение переменного воздействия, $\psi_{2,1}$ для полезной нагрузки следует принимать в соответствии с таблицей А.1 (таблица НП1) СН 2.01.01-2019 [14]. Значения частных коэффициентов для воздействий при проверках предельных состояний несущей способности в особых и сейсмических расчетных ситуациях следует принимать равными 1. Таким образом, выражение (1) принимает вид:



Взам. инв. №	
Подп. и дата	
Инв. № подл.	

Изм.	Кол.уч	Лист	Подок.	Подпись	Дата				

$$E_{fi,d,t} = \sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P + A_d + (\psi_{1,1} \text{ или } \psi_{2,1}) Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \psi_{2,1} Q_{k,i} = \sum_{j \geq 1} G_{k,j} + \sum_{i > 1} \psi_{2,1} \cdot Q_{k,i} \quad (2.3)$$

В качестве упрощения значение результата влияния воздействий $E_{d,fi}$ может быть получено путем структурного анализа при нормальной температуре:

$$E_{d,fi} = \eta_{fi} \cdot E_{d,fi}, \quad (2.4)$$

η_{fi} – понижающий коэффициент для расчета уровня нагружения при пожаре, определяемый по формуле:

$$\eta_{fi} = \frac{\sum_{j \geq 1} G_{kj} + (\psi_{1,1} \text{ или } \psi_{2,1}) Q_{k1}}{\gamma_G \sum_{j \geq 1} G_{kj} + \gamma_{Q1} Q_{k1}}, \quad (2.5)$$

где $\psi_{1,1}$ – коэффициент сочетания воздействий, учитывающий частое значение переменного воздействия, определенный по табл. А.1 [14];
 γ_G – частный коэффициент безопасности для постоянных воздействий;
 γ_{Q1} – частный коэффициент безопасности для доминирующего переменного воздействия.

Взам. инв. №

Подп. И дата

Инв. № подл.



Изм.	Кол.уч	Лист	Подок.	Подпись	Дата

Договор № 4ЛД-25 от 22 мая 2025

Лист

11

2.2 РЕШЕНИЕ ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКОЙ ЗАДАЧИ ОГНЕСТОЙКОСТИ

Согласно пункту D.2 [8] теплотехнический расчет должен основываться на общепризнанных принципах и допущениях теории теплопередачи.

Теплотехнический расчет должен учитывать:

- соответствующее тепловое воздействие, установленное в СН 2.01.03-2019 [10], а именно стандартный температурный режим пожара;
- температурную зависимость тепловых свойств материалов.

Влияние влажности и испарения внутри допускается не учитывать.

Согласно пунктам 3.3.3.2 и 3.3.3.3 2 [8] Коэффициент теплоемкости каменной кладки c_a и коэффициент теплопроводности λ_a определяется по результатам испытаний или по базе данных.

В приложении D [8] рисунок D.1(d) представлены расчетные значения свойств материала в зависимости от температуры для строительных блоков из автоклавного ячеистого бетона плотностью от 400 до 600 кг/м³ представленный на рисунке 2.1.

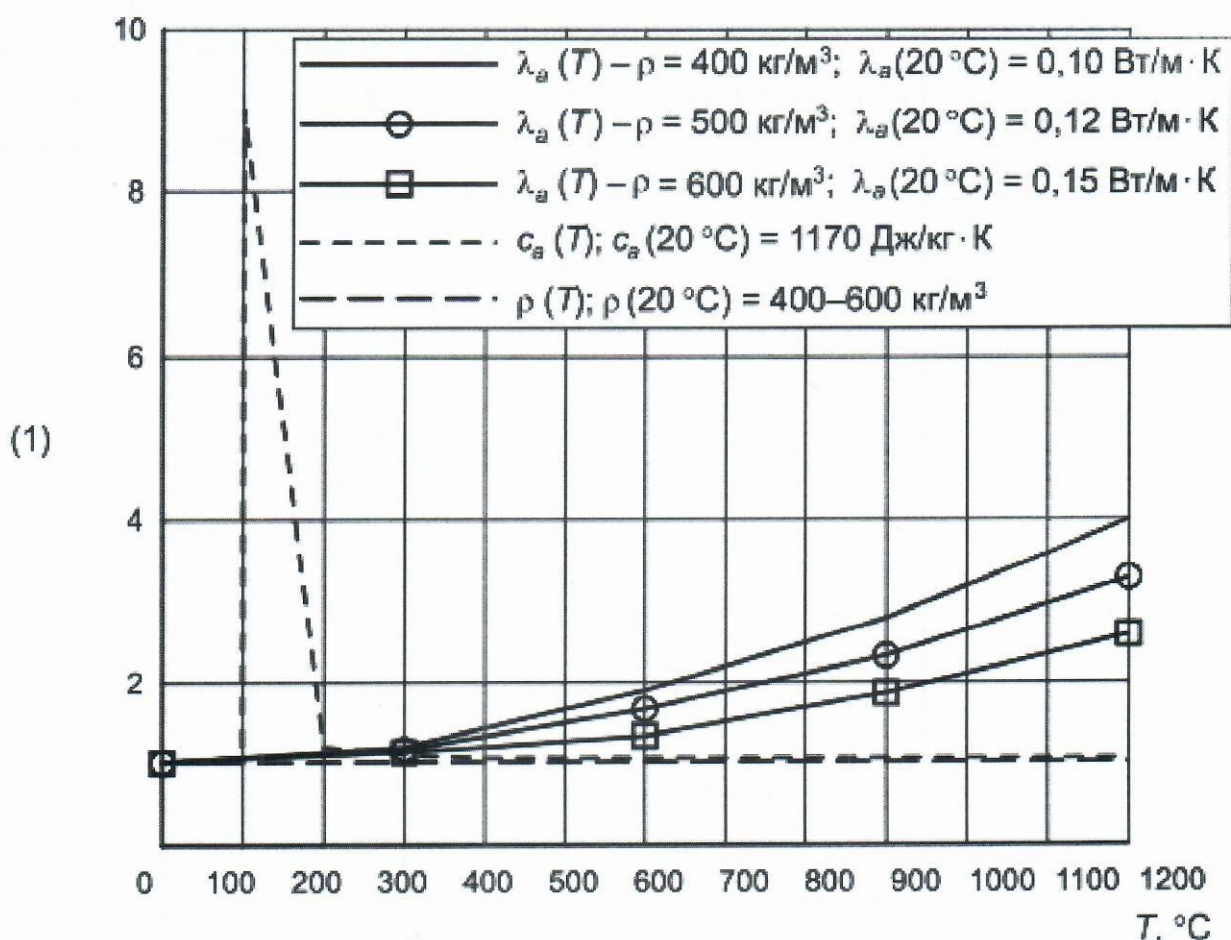


Рисунок 2.1 – Расчетные значения свойств материала в зависимости от температуры для строительных блоков из автоклавного ячеистого бетона плотностью от 400 до 600 кг/м³; T – температура, °C; λ_a – коэффициент теплопроводности; c_a – коэффициент теплоемкости; ρ – плотность брутто в сухом состоянии, кг/м³; (1) – отношение температуры T к 20 °C.



Вместе с тем поскольку на значения теплофизических характеристик строительных материалов существенное влияние оказывает химический состав материалов, их физическое, а также агрегатное состояние (фазовые переходы/превращения; объем пористости материала и характеристики пористой структуры, степень кристаллизации и пр.), особенно для минераловатных, пористых и вспучивающихся строительных материалов дополнительно были проведены экспериментальные исследования с последующей оценкой теплофизических характеристик блоков стеновых из ячеистого бетона (автоклавный газобетон) 625x100x250-3,5-600-35-1, СТБ 1117-98 и блоков стеновых из ячеистого бетона (автоклавный газобетон) 625x200x250-2,5-500-35-1, СТБ 1117-98 (изготовитель: ОАО «Белорусский цементный завод» адрес места осуществления деятельности по изготовлению продукции: Филиал № 3 «Минский КСИ» ОАО «Белорусский цементный завод» по адресу: ул. Кузьмы Минина, 28, 220014, г. Минск, Республика Беларусь).

Температура и режим (скорость) ее изменения существенно влияют на величину теплофизических характеристик материала поскольку повышенные температуры до 1200 °С влекут достижение необратимых физико-химических процессов (фазовые переходы, пиролиз, деструкция и др.). Поэтому теплофизические характеристики должны определяться при аналогичных повышенных температурах, а в некоторых случаях и при аналогичных режимах нестационарного нагрева (например, соответствующего температурной зависимости стандартного режима пожара от времени).

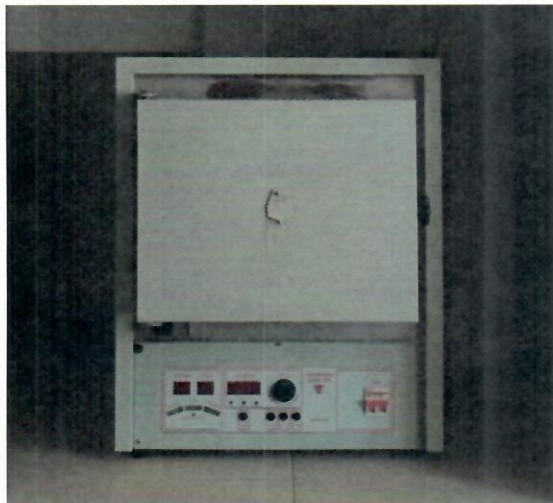
Теплофизические характеристики блоков стеновых из ячеистого бетона (изготовитель: ОАО «Белорусский цементный завод» адрес места осуществления деятельности по изготовлению продукции: Филиал № 3 «Минский КСИ» ОАО «Белорусский цементный завод» по адресу: ул. Кузьмы Минина, 28, 220014, г. Минск, Республика Беларусь) плотностью 500 и 600 кг/м³ получены с использованием экспериментально-расчетного метода оценки теплофизических характеристик строительных материалов при повышенных температурах для решения задач огнестойкости согласно [16], а также положений [2, 3, 8, 10, 15] с использованием камерной электропечи и численного моделирования в системе конечно-элементного анализа.

Для экспериментальных исследований по оценке теплофизических характеристик блоков стеновых из ячеистого бетона использовали лабораторную муфельную электропечь ЭКПС-10/1300 с открытыми нагревательными элементами (далее – печь), позволяющую создавать тепловой режим в диапазоне температур от 20 до 1300 °С. Рабочая камера электропечи выполнена из мулитокремнеземистого огнеупорного материала (далее – теплоизоляция печи), внутри рабочей камеры расположены нагревательные элементы спирального типа из еврофехрали (рисунок 2.2).



Взам. инв. №	
Подп. И дата	
Инв. № подл.	

Изм.	Кол.уч	Лист	№ док.	Подпись	Дата



а) общий вид камерной электропечи



б) общий вид рабочей камеры с открытыми нагревательными элементами и дверцы с теплоизоляцией

Рисунок 2.2. – Внешний вид камерной электропечи с открытым нагревательным элементом

Экспериментальные исследования по прогреву исследуемых материалов проводили на плоских образцах-пластинах размером 150×100 мм, прикрепленных к стальной пластине толщиной 1 мм размерами 50 × 80 мм посредством болтового соединения (болты диаметром 4 мм). Стальную пластину с закрепленным образцом устанавливали вплотную на дверцу электропечи посредством стальной шпильки, приваренной к пластине. Зазоры и неплотности, образующиеся по периметру исследуемого образца и теплоизоляции дверцы печи уплотняли мягким огнеупорным рулонным волокном.

Для измерения температуры использовали термоэлектрические преобразователи с диапазоном измерения до 1200 °С, диаметром не более 0,75 мм и изолированным слоем не менее 300 мм. Температуру фиксировали на обогреваемой и необогреваемой стороне исследуемого образца, внутри печи, а также на наружной стороне теплоизоляции дверцы печи. Перед установкой образца в измерительное положение измеряли геометрические параметры образца (с точностью 1,0 мм) и массу с точностью 0,1 г.

Результаты изменения температуры греющей среды T_n в камере печи, температуры на обогреваемой и необогреваемых сторонах образцов блоков стеновых из ячеистого бетона при нестационарных условиях теплообмена представлены на рисунке 2.3.



Взам. инв. №	
Подп. и дата	
Инв. № подл.	

Изм.	Кол.уч	Лист	Недок.	Подпись	Дата

Договор № 4ЛД-25 от 22 мая 2025

Лист

14

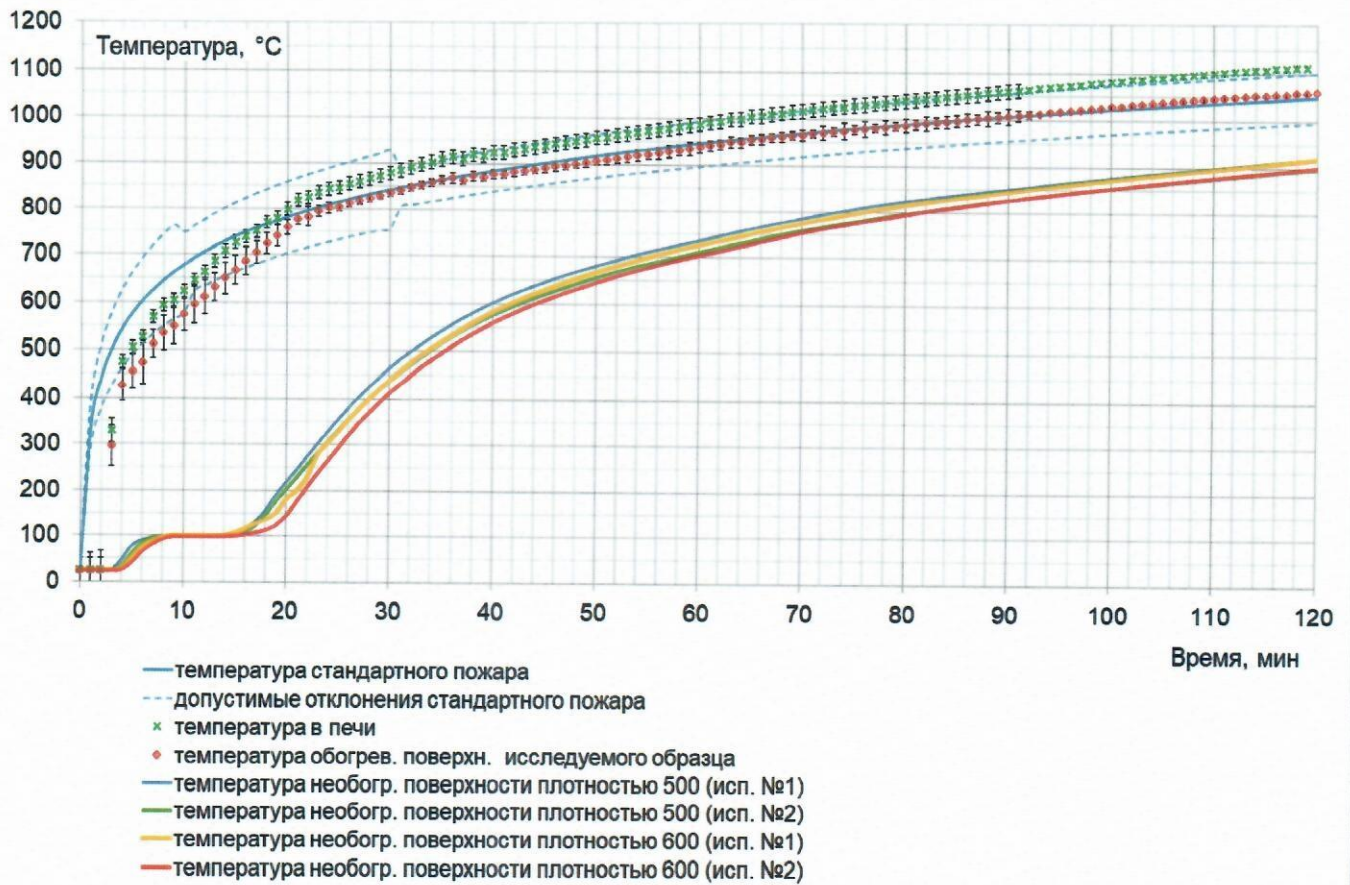


Рисунок 2.3 – График изменения температуры при проведении экспериментальных исследований образцов блоков стеновых из ячеистого бетона

В дальнейшем с использованием методов численного моделирования и сформулированных краевых (начальных и граничных) условий нагрева, с последующим решением обратной тепловой задачи методом параметрической оптимизации согласно [16] произведена оценка теплофизических характеристик исследований образцов блоков стеновых из ячеистого бетона.

На рисунке 3.4 приведены результаты нагрева образцов блоков стеновых из ячеистого бетона, с учетом полученных теплофизических характеристик в результате применения параметрической оптимизации для расчетных конечно-элементных моделей и экспериментальных данных высокотемпературного нагрева образцов.

Взам. инв. №
Подп. и дата
Инв. № подл.

Изм.	Кол.уч	Лист	Подок.	Подпись	Дата

Договор № 4ЛД-25 от 22 мая 2025



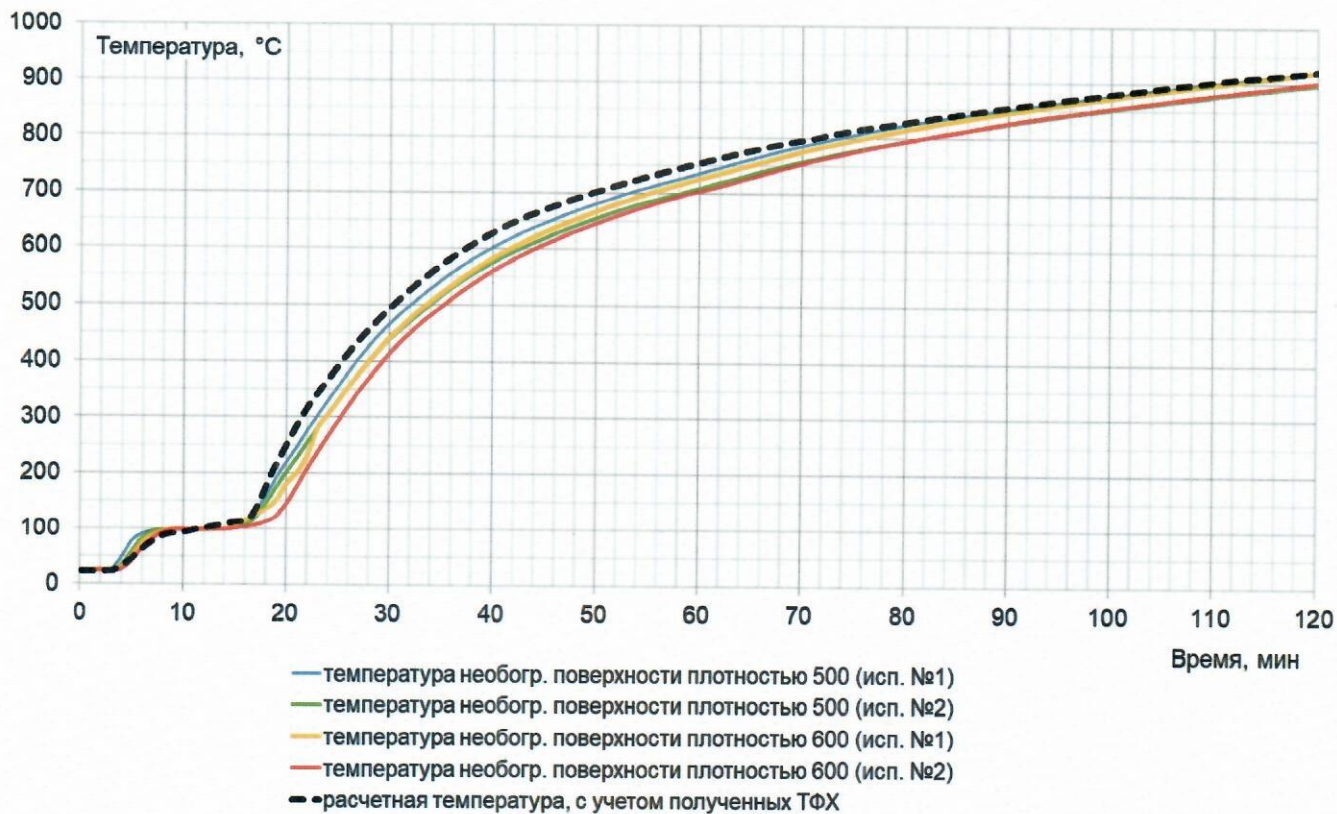


Рисунок 2.4 – График экспериментальной и расчетной температуры на необогреваемой поверхности образцов блоков стеновых из ячеистого бетона

Как видно из представленного графика на рисунке 2.4, экспериментальные и расчетные температуры, с учетом полученных теплофизических характеристик исследуемых материалов удовлетворительно согласуются между собой. В дальнейшем полученные значения теплофизических характеристик будут использованы при решении теплотехнической задачи огнестойкости.

Теплотехническая задача для перегородки размером 3500x3500x100 мм из блоков стеновых из ячеистого бетона (автоклавный газобетон) 625x100x250-3,5-600-35-1 и несущей стены размером 3500x3500x200 мм из блоков стеновых из ячеистого бетона (автоклавный газобетон) 625x200x250-2,5-500-35-1, СТБ 1117-98, изготовитель: ОАО «Белорусский цементный завод» адрес места осуществления деятельности по изготовлению продукции: Филиал № 3 «Минский КСИ» ОАО «Белорусский цементный завод» по адресу: ул. Кузьмы Минина, 28, 220014, г. Минск, Республика Беларусь решена в соответствии с положениями СН 2.01.03-2019 [10], ТКП EN 1996-1-2 [8] с использованием общего метода расчета (приложение D ТКП EN 1996-1-2 [8]) в системе конечно-элементного анализа ANSYS.

Работа программной системы конечно-элементного анализа ANSYS (задача по тепловому анализу) основана на пошаговом решении системы уравнений теплового баланса, полученной на основе закона сохранения



Договор № 4ЛД-25 от 22 мая 2025

Лист
16

Изм.	Кол.уч	Лист	Недок.	Подпись	Дата

Изн. № подл.	Подп. И дата	Взам. инв. №

энергии. Суть метода конечных элементов состоит в том, что любую непрерывную величину возможно аппроксимировать дискретной моделью, которая состоит из множества кусочно-непрерывных функций, определенных на конечном числе подобластей. Для такой аппроксимации необходимы значения искомых величин в определяющих точках – узлах. Конечно-непрерывные функции определяются с помощью значений непрерывной величины в конечном числе точек рассматриваемой области.

Для решения дифференциального уравнения теплопроводности методом конечных элементов используется следующий алгоритм:

1. Дискретизация рассматриваемой области (замена непрерывной среды (области) совокупностью конечных элементов заданной формы, которые соединены в узлах). Значение температуры в точках считается неизвестным и подлежит определению.

2. Аппроксимация искомой величины температуры в каждом элементе полиномом, который определяется с помощью узловых значений температуры. Для каждого конечного элемента определяется свой полином, с сохранением непрерывного температурного поля вдоль границ элемента, с последующим формированием множества кусочно-непрерывных функций формы расчетной области.

3. Построение матриц теплопроводности, теплоемкости, градиентов температур элементов и векторов узловых тепловых потоков.

4. Решение систем уравнений для конечно-элементной модели, с учетом заданных граничных условий, с последующим анализом и определением неизвестных температур.

Для численного моделирования нагрева конструкций разработаны расчетные конечно-элементные модели узлов конструкций. Для разработанных расчетных конечно-элементных моделей определены:

начальные условия: температура в расчетном сечении одинакова и равна температуре окружающей среды;

граничные условия (для теплообмена между газовой средой пожара и поверхностью конструкции подвергнутой огневому воздействию граничные условия приняты 3 рода; для учета охлаждения моделируемой конструкции с необогреваемой поверхности конструкции в окружающую среду – 3 рода с коэффициентом конвективного теплообмена 4 Вт/м^2 [10];

– в качестве изменения температуры греющей среды принят стандартный температурный режим пожара;

– коэффициент теплоотдачи конвекцией от нагревающей среды к поверхности конструкции с равен $25 \text{ Вт/(м}^2\text{K)}$ п.3.2 СН 2.01.03-2019 [10];

– степень черноты поверхности материалов принята равной $0,9 \text{ ТКП EN 1996-1-2 [8]}$, $1,0$ для пламени (греющей среды) СН 2.01.03-2019 [10];

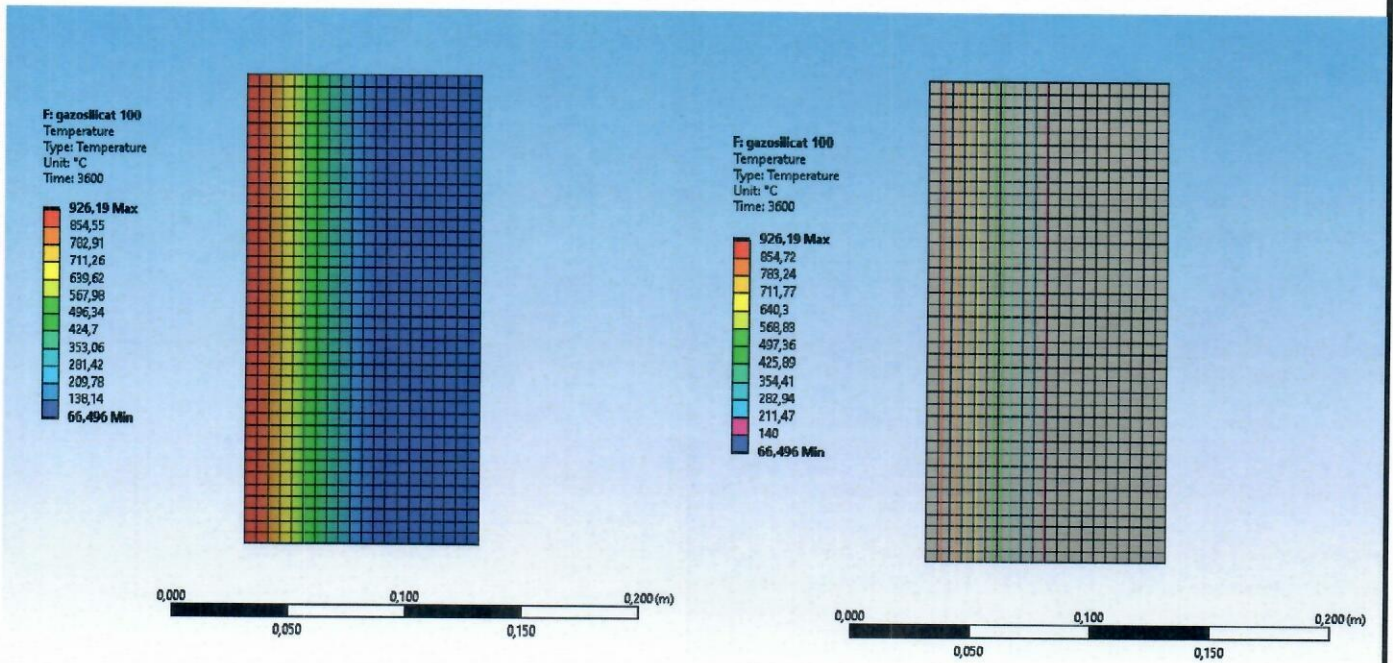


Договор № 4ЛД-25 от 22 мая 2025

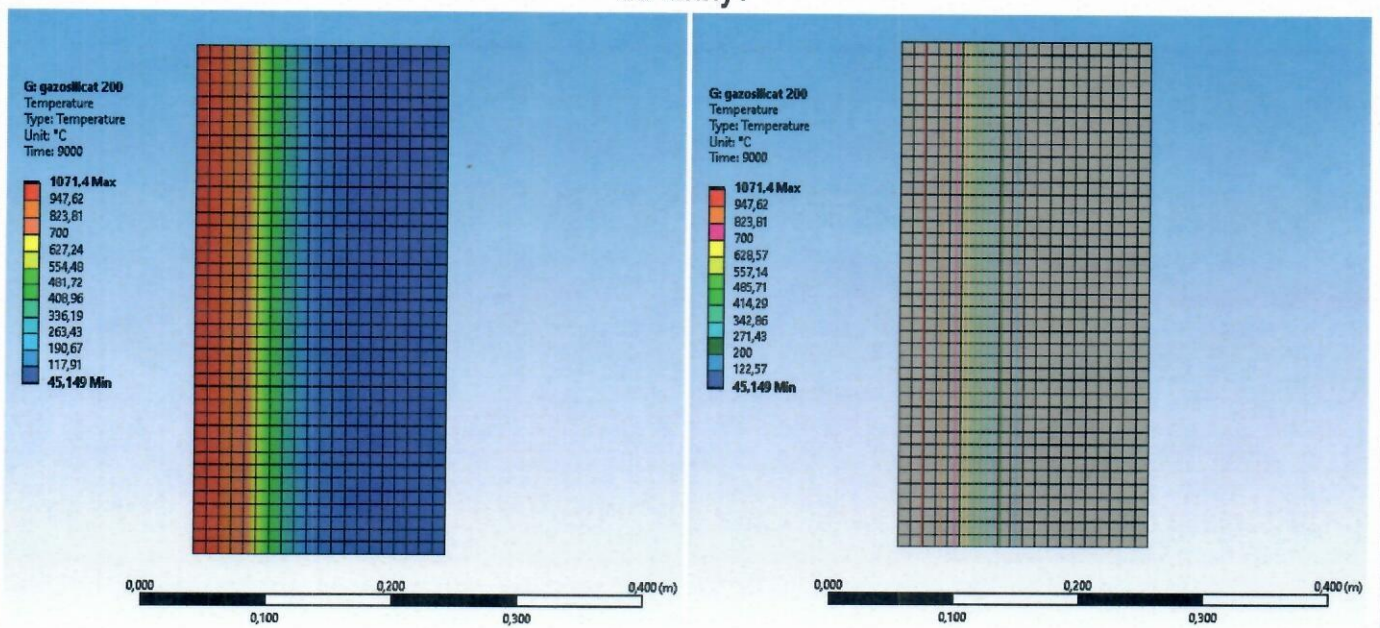
Взам. инв. №	
Подп. И дата	
Инв. № подл.	

Изм.	Кол.уч	Лист	Подок.	Подпись	Дата

Результаты нагрева фрагментов перегородок из блоков стеновых из ячеистого бетона (автоклавный газобетон) представлены на рисунке 2.4.



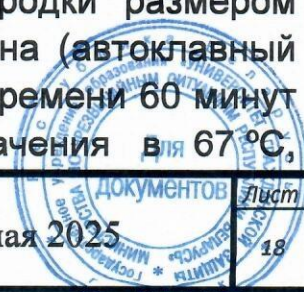
а) – нагрев перегородки размером 3500x3500x100 мм из блоков стеновых из ячеистого бетона (автоклавный газобетон) 625x100x250-3,5-600-35-1 в течение интервала времени 60 минут



б) – нагрев несущей стены размером 3500x3500x200 мм 625x200x250-2,5-500-35-1 в течение интервала времени 150 минут

Рисунок 2.4 – Результаты нагрева перегородки и несущей стены из блоков стеновых из ячеистого бетона (автоклавный газобетон)

Как видно из результатов расчетов нагрева перегородки размером 3500x3500x100 мм из блоков стеновых из ячеистого бетона (автоклавный газобетон) 625x100x250-3,5-600-35-1 в течение интервала времени 60 минут необогреваемая поверхность конструкции достигает значения в 67 °С,



Договор № 4ЛД-25 от 22 мая 2025

Взам. инв. №	
Подп. И дата	
Инв. № подл.	

Изм.	Кол.уч	Лист	№док.	Подпись	Дата

изотерма величиной в 140 °С находится на расстоянии 49 мм относительно обогреваемой поверхности перегородки, предельные состояния по потере целостности и теплоизолирующей способности достигнуты не будут. В результате вышеизложенного делаем вывод, что предел огнестойкости перегородки размером 3500x3500x100 мм из блоков стеновых из ячеистого бетона (автоклавный газобетон) 625x100x250-3,5-600-35-1 СТБ 1117-98, изготовитель: ОАО «Белорусский цементный завод» адрес места осуществления деятельности по изготовлению продукции: Филиал № 3 «Минский КСИ» ОАО «Белорусский цементный завод» по адресу: ул. Кузьмы Минина, 28, 220014, г. Минск, Республика Беларусь составляет **не менее EI60**, что также подтверждается положениями N.В.4. таблица N.В.4.1 ТКП EN 1996-1-2 [8].

Как видно из результатов расчетов нагрева несущей стены размером 3500x3500x200 мм из блоков стеновых из ячеистого бетона (автоклавный газобетон) 625x200x250-2,5-500-35-1 в течение интервала времени 150 минут необогреваемая поверхность конструкции достигает значения в 46 °С, изотерма величиной в 700 °С (используемая для решения статической задачи согласно приложению С ТКП EN 1996-1-2 [8]) находится на расстоянии 47 мм относительно обогреваемой поверхности перегородки, предельные состояния по потере целостности и теплоизолирующей способности достигнуты не будут. В результате вышеизложенного делаем вывод, что предел огнестойкости несущей стены размером 3500x3500x200 мм из блоков стеновых из ячеистого бетона (автоклавный газобетон) 625x200x250-2,5-500-35-1 СТБ 1117-98, изготовитель: ОАО «Белорусский цементный завод» адрес места осуществления деятельности по изготовлению продукции: Филиал № 3 «Минский КСИ» ОАО «Белорусский цементный завод» по адресу: ул. Кузьмы Минина, 28, 220014, г. Минск, Республика Беларусь составляет **не менее EI150**, что также подтверждается положениями N.В.4. таблица N.В.4.1 ТКП EN 1996-1-2 [8]. Указанные значения по нагреву несущей стены в дальнейшем будут использованы при решении статической задачи огнестойкости.

Взам. инв. №					
Подп. И дата					
Инв. № подл.					
Изм.	Кол.уч	Лист	Недок.	Подпись	Дата
Договор № 4ЛД-25 от 22 мая 2025					Лист
					19

2.3 РЕШЕНИЕ СТАТИЧЕСКОЙ ЗАДАЧИ ОГНЕСТОЙКОСТИ

Описание стены. Фрагмент несущей стены размером 3500х3500х200 мм из блоков стеновых из ячеистого бетона (автоклавный газобетон) 625х200х250-2,5-500-35-1, СТБ 1117-98, изготовитель: ОАО «Белорусский цементный завод»; адрес места осуществления деятельности по изготовлению продукции: Филиал № 3 «Минский КСИ» ОАО «Белорусский цементный завод» по адресу: ул. Кузьмы Минина, 28, 220014, г. Минск, Республика Беларусь, на растворе для кладки блоков из ячеистых бетонов РСС D 1250, M25, Пк 2, F35, изготовитель: ОАО «Белорусский цементный завод»; адрес места осуществления деятельности по изготовлению продукции: Филиал № 3 «Минский КСИ» ОАО «Белорусский цементный завод» по адресу: ул. Кузьмы Минина, 28, 220014, г. Минск, Республика Беларусь. Нагрузка – 60 кН/м без эксцентриситета.

Оценку несущей способности будем проводить по упрощенному методу расчета согласно приложению С [8].

Согласно п. 6.1.1.3 СП 5.02.01 [13] (п. 3.1.1 (4) ТКП EN 1996-1-1 [9]) Изделия из ячеистого бетона автоклавного твердения относят к группе 1.

Определим физико-механические характеристики каменной кладки из кладочных изделий из ячеистого бетона автоклавного твердения:

Характеристическое значения прочности на сжатие $f_k = 1,7$ МПа (по табл. 6.10 [13]);

Расчетное значение прочности на сжатие при пожаре [9]:

$$f_{d,fi} = \frac{f_k}{\gamma_{M,fi}} = \frac{1,7}{1} = 1,7 \text{ МПа}, \quad (2.6)$$

где $\gamma_{M,fi}$ – частный коэффициент безопасности для прочностных характеристик каменной кладки при пожаре [8].

Значение кратковременного модуля упругости для нормальных условий и при пожаре согласно п. 6.6.2.2 [13] и [9]:

$$E_{fi} = 600 \cdot f_k = 600 \cdot f_{d,fi} = 600 \cdot 1,7 = 1020 \text{ МПа}. \quad (2.7)$$

Эффективная (расчетная) высота стены определяется по формуле [8]:

$$h_{ef} = \rho_n \cdot h = 1 \cdot 3,5 = 3,5 \text{ м}, \quad (2.8)$$



Договор № 4ЛД-25 от 22 мая 2025

Лист
20

Взам. инв. №	
Подп. И дата	
Инв. № подл.	

Изм.	Кол.уч	Лист	№ док.	Подпись	Дата

где h – высота стены в свету (в пределах этажа), м;

ρ_n – понижающий коэффициент в зависимости от закрепления верхней и нижней граней стены и усиления ее вертикальными ребрами жесткости. Поскольку для рассчитываемой конструкции отсутствует информация о способах раскрепления стены, понижающие коэффициенты не учитываются, принимается наиболее неблагоприятный сценарий.

Коэффициент уменьшения сопротивления сечения стены сжатию, учитывающий влияние гибкости и эксцентриситета приложения нагрузки, допускается определять при прямоугольной эпюре напряжений в сжатой зоне сечения элемента следующим образом п. 6.1.2.2 [9].

$$\Phi = 1 - 2 \cdot \frac{e_{mk,fi}}{t_{Fr}} = 1 - 2 \cdot \frac{57}{153} = 0,255, \quad (2.9)$$

где:

$e_{mk,fi}$ – результирующий эксцентриситет приложения нагрузки при пожаре определен по формуле [9, 13]:

$$\begin{aligned} e_{mk,fi} &= \frac{M_{Ed}}{N_{Ed}} + e_{he} + e_{init} + e_k + e_{\Delta\theta} = \\ &= 0 + 0 + \frac{3500}{450} + 1,57 + 47,64 = 57 \text{ мм} \end{aligned} \quad (2.10)$$

где N_{Ed} – продольное усилие в расчетном сечении;

M_{Ed} – изгибающий момент в расчетном сечении;

$e_{init} = h_{ef} / 450$ – начальный эксцентриситет, принятый согласно п. 8.5.1.4 [13];

$e_{he} = 0$ – эксцентриситет в среднем сечении по высоте стены от горизонтальных нагрузок, с учетом отношения M_{Ed} / N_{Ed} ;

e_k – эксцентриситет, возникающий вследствие ползучести каменной кладки, определяемый по формуле п. 9.1.2.9 [13]:

$$\begin{aligned} e_k &= 0,002\Phi_{\infty} \cdot \frac{h_{ef}}{t_{Fr}} \sqrt{te_m} = \\ &= 0,002 \cdot 1,0 \cdot \frac{3500}{153} \sqrt{153 \cdot 7,78} = 1,57 \text{ мм} \end{aligned} \quad (2.11)$$

где Φ_{∞} – предельное значение коэффициента ползучести каменной кладки; принимают по таблице 6.17 [13];

$e_{\Delta\theta}$ – ожидаемый эксцентриситет при изменении температуры в сечении каменной кладки, определяемый по формуле [8]:



Лист

Договор № 4ЛД-25 от 22 мая 2025

*21

Взам. инв. №	
Подл. И дата	
Инв. № подл.	

Изм.	Кол.уч	Лист	Недок.	Подпись	Дата

$$e_{\Delta\theta} = \min \left\{ \frac{1}{8} \cdot h_{ef}^2 \cdot \frac{\alpha_t \cdot (\theta_2 - 20)}{t_{Fr}}; \frac{h_{ef}}{20} \right\} = 47,64 \text{ мм}, \quad (2.12)$$

где $\alpha_t = 7 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ [13] – коэффициент теплового расширения каменной кладки из ячеистого бетона;

$t_{Fr} = 200 - 47 = 153 \text{ мм}$ – толщина поперечного сечения, где температура не превышает $\theta_2 = 700 \text{ °C}$, определенная из рисунков С.1 и С.3(f) [8].

Расчетное значение вертикальной прочности стены на единицу длины при действии продольного усилия при пожаре определим по формуле [8]:

$$N_{Rd,fi\theta_2} = \Phi \cdot (f_{d\theta_1} \cdot t_{\theta_1} \cdot b + f_{d\theta_2} \cdot t_{\theta_2} \cdot b) = 0,255 \cdot (1,7 \cdot 72 \cdot 1000 + 1,02 \cdot 81 \cdot 1000) = 52,27 \text{ кН} \quad (2.13)$$

где $t_{\theta_1} = 200 - 47 - 81 = 72 \text{ мм}$ – толщина каменной кладки до изотермы $\theta_1 = 200 \text{ °C}$, определенная из рисунков С.1 и С.3(f) [8];

$t_{\theta_2} = 200 - 47 - 72 = 81 \text{ мм}$ – толщина каменной кладки между изотермами $\theta_1 = 200 \text{ °C}$ и $\theta_2 = 700 \text{ °C}$, определенная из рисунков С.1 и С.3(f) [8];

b – ширина конструкции;

θ_1 – температура, до которой прочность каменной кладки может определяться как для ненагретой конструкции;

θ_2 – температура, выше которой материал не обладает остаточной прочностью;

$f_{d,\theta_1} = f_{d,fi} = 1,7 \text{ МПа}$; $f_{d,\theta_2} = c \cdot f_{d,\theta_1} = 0,6 \cdot 1,7 = 1,02 \text{ МПа}$;

c – константа [8];

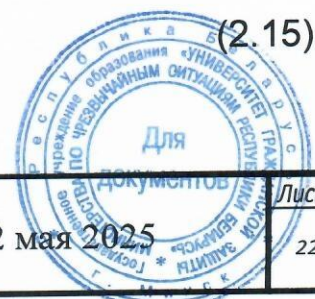
Φ – коэффициент уменьшения допустимой нагрузки в середине стены, принимаемый с учетом эксцентриситета $e_{\Delta\theta}$.

Значение продольного усилия сжатия $N_{Ed,fi}$ в среднем сечении стены от внешней нагрузки при пожаре составит [8]:

$$N_{Ed,fi} = \eta_{fi} \cdot N_{Ed} = 0,7 \cdot 60 = 42,00 \text{ кН}, \quad (2.14)$$

Проверим условие безопасности по огнестойкости для 150 мин стандартного огневого воздействия:

$$N_{Rd,fi\theta_2} = 52,27 \text{ кН} > N_{Ed,fi} = 42,00 \text{ кН} \quad (2.15)$$



Взам. инв. №	
Подл. и дата	
Инв. № подл.	

Изм.	Кол.уч	Лист	№ док.	Подпись	Дата

Согласно полученным результатам расчетов несущая стена размером 3500x3500x200 мм из блоков стеновых из ячеистого бетона (автоклавный газобетон) 625x200x250-2,5-500-35-1, СТБ 1117-98, изготовитель: ОАО «Белорусский цементный завод»; адрес места осуществления деятельности по изготовлению продукции: Филиал № 3 «Минский КСИ» ОАО «Белорусский цементный завод» по адресу: ул. Кузьмы Минина, 28, 220014, г. Минск, Республика Беларусь, на растворе для кладки блоков из ячеистых бетонов РСС D 1250, M25, Пк 2, F35, изготовитель: ОАО «Белорусский цементный завод»; адрес места осуществления деятельности по изготовлению продукции: Филиал № 3 «Минский КСИ» ОАО «Белорусский цементный завод» по адресу: ул. Кузьмы Минина, 28, 220014, г. Минск, Республика Беларусь. Нагрузка – 60 кН/м без эксцентриситета в момент времени t (150 минут стандартного огневого воздействия), способна выдержать нагрузки, действующие на нее при пожаре. Предел огнестойкости соответствует **не менее R150**.

Взам. инв. №	
Подп. И дата	
Инв. № подл.	



Изм.	Кол.уч	Лист	№ док.	Подпись	Дата

Договор № 4ЛД-25 от 22 мая 2025

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. На основании выполненных расчетов осуществлена оценка предела огнестойкости строительных конструкций:

– перегородки размером 3500x3500x100 мм из блоков стеновых из ячеистого бетона (автоклавный газобетон) 625x100x250-3,5-600-35-1, СТБ 1117-98, изготовитель: ОАО «Белорусский цементный завод»; адрес места осуществления деятельности по изготовлению продукции: Филиал № 3 «Минский КСИ» ОАО «Белорусский цементный завод» по адресу: ул. Кузьмы Минина, 28, 220014, г. Минск, Республика Беларусь, на растворе для кладки блоков из ячеистых бетонов РСС D 1250, M25, Пк 2, F35, изготовитель: ОАО «Белорусский цементный завод»; адрес места осуществления деятельности по изготовлению продукции: Филиал № 3 «Минский КСИ» ОАО «Белорусский цементный завод» по адресу: ул. Кузьмы Минина, 28, 220014, г. Минск, Республика Беларусь;

– несущей стены размером 3500x3500x200 мм из блоков стеновых из ячеистого бетона (автоклавный газобетон) 625x200x250-2,5-500-35-1, СТБ 1117-98, изготовитель: ОАО «Белорусский цементный завод»; адрес места осуществления деятельности по изготовлению продукции: Филиал № 3 «Минский КСИ» ОАО «Белорусский цементный завод» по адресу: ул. Кузьмы Минина, 28, 220014, г. Минск, Республика Беларусь, на растворе для кладки блоков из ячеистых бетонов РСС D 1250, M25, Пк 2, F35, изготовитель: ОАО «Белорусский цементный завод»; адрес места осуществления деятельности по изготовлению продукции: Филиал № 3 «Минский КСИ» ОАО «Белорусский цементный завод» по адресу: ул. Кузьмы Минина, 28, 220014, г. Минск, Республика Беларусь. Нагрузка – 60 кН/м без эксцентриситета.

2. По результатам численного моделирования нагрева:

– перегородки размером 3500x3500x100 мм из блоков стеновых из ячеистого бетона (автоклавный газобетон) 625x100x250-3,5-600-35-1 в течение интервала времени 60 минут необогреваемая поверхность конструкции достигает значения в 67 °С, изотерма величиной в 140 °С находится на расстоянии 49 мм относительно обогреваемой поверхности перегородки, предельные состояния по потере целостности и теплоизолирующей способности достигнуты не будут, предел огнестойкости перегородки составляет **не менее EI60**, что также подтверждается положениями N.В.4. таблица N.В.4.1 ТКП EN 1996-1-2 [8];

– несущей стены размером 3500x3500x200 мм из блоков стеновых из ячеистого бетона (автоклавный газобетон) 625x200x250-2,5-500-35-1 в течение интервала времени 150 минут необогреваемая поверхность конструкции достигает значения в 46 °С, изотерма величиной в 700 °С

Взам. инв. №

Подп. И дата

Инв. № подл.

Изм.	Кол.уч	Лист	№ док.	Подпись	Дата

Договор № 4ЛД-25 от 22 мая 2025

Лист

24

(используемая для решения статической задачи согласно приложению С ТКП EN 1996-1-2 [8]) находится на расстоянии 47 мм относительно обогреваемой поверхности перегородки, предельные состояния по потере целостности и теплоизолирующей способности достигнуты не будут, предел огнестойкости составляет **не менее EI150**, что также подтверждается положениями N.B.4. таблица N.B.4.1 ТКП EN 1996-1-2 [8].

3. Результаты расчета статической задачи огнестойкости для несущей стены размером 3500x3500x200 мм из блоков стеновых из ячеистого бетона (автоклавный газобетон) 625x200x250-2,5-500-35-1 в условиях воздействия стандартного режима пожара в течение интервала времени 150 минут и воздействия соответствующих силовых нагрузок (60 кН/м без эксцентриситета) подтверждают, что рассматриваемая соответствуют пределу огнестойкости **не менее R150**.

Таким образом предел огнестойкости несущей стены размером 3500x3500x200 мм из блоков стеновых из ячеистого бетона (автоклавный газобетон) 625x200x250-2,5-500-35-1, СТБ 1117-98, изготовитель: ОАО «Белорусский цементный завод»; адрес места осуществления деятельности по изготовлению продукции: Филиал № 3 «Минский КСИ» ОАО «Белорусский цементный завод» по адресу: ул. Кузьмы Минина, 28, 220014, г. Минск, Республика Беларусь, на растворе для кладки блоков из ячеистых бетонов РСС D 1250, M25, Пк 2, F35, изготовитель: ОАО «Белорусский цементный завод»; адрес места осуществления деятельности по изготовлению продукции: Филиал № 3 «Минский КСИ» ОАО «Белорусский цементный завод» по адресу: ул. Кузьмы Минина, 28, 220014, г. Минск, Республика Беларусь составляет **не менее REI150**.

Приведенный расчет справедлив только для исходных данных, указанных в данном документе. В случае изменения любого параметра из исходных данных необходимо уточнить настоящий расчет либо обеспечить пределы огнестойкости иными способами.

Настоящий расчет является объектом авторского права. В соответствии с Законом Республики Беларусь от 17 мая 2011 г. № 62-З «Об авторском праве и смежных правах» авторы сохраняют за собой все имущественные и неимущественные права относительно настоящего расчета, в частности:

- право авторства и право на имя;
- право на неприкосновенность расчета;
- право на обнародование;
- право на использование расчета (распространение экземпляров расчета, переработка расчета и иные возможные способы использования в соответствии с Законом № 62-З).

Любое действие, затрагивающее вышеперечисленные права без разрешения авторов и Университета гражданской защиты не допускается.



Взам. инв. №	
Подп. и дата	
Инв. № подл.	

Изм.	Кол.уч	Лист	№ док.	Подпись	Дата

Договор № 4ЛД-25 от 22 мая 2025

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. СН 2.02.05-2020. Пожарная безопасность зданий и сооружений. Строительные нормы проектирования. – Введ. 12.11.2020 г. – Минск : Минстройархитектуры, 2021. – 65 с.
2. ГОСТ 30247.0-94. Межгосударственный стандарт. Конструкции строительные. Методы испытаний на огнестойкость. Общие требования. – Введ. 01.10.1998г. – Взамен СТ СЭВ 1000-78. – Минск: Минстройархитектуры, 1998. – 16 с.
3. ГОСТ 30247.1-97. Межгосударственный стандарт. Конструкции строительные. Методы испытаний на огнестойкость. Несущие и ограждающие конструкции. – Введ. 01.10.1998 г. – Минск : Минстройархитектуры Республики Беларусь, 1998. – 11 с.
4. ТКП 45-2.02-110-2008 (02250). Строительные конструкции. Порядок расчета пределов огнестойкости. – Взамен П1-02 к СНБ 2.02.01-98. – Введ. 12.06.2008 г. – Минск : РУП «Стройтехнорм», 2008. – 126 с.
5. ТКП EN 1993-1-2-2009 (02250). Еврокод 3. Проектирование стальных конструкций. Часть 1-2. Общие правила определения огнестойкости. – Введ. 10.12.2009 г. – Минск : РУП «Стройтехнорм», 2010. – 77 с.
6. ТКП EN 1994-1-2-2009 (02250). Еврокод 4. Проектирование сталежелезобетонных конструкций. Часть 1-2. Общие правила определения огнестойкости. – Введ. 10.12.2009 г. – Минск : РУП «Стройтехнорм», 2010. – 96 с.
7. ТКП EN 1995-1-2-2009 (02250). Еврокод 5. Проектирование деревянных конструкций. Часть 1-2. Общие правила определения огнестойкости. – Введ. 10.12.2009 г. – Минск : РУП «Стройтехнорм», 2010. – 63 с.
8. ТКП EN 1996-1-2-2009* (02250). Еврокод 6. Проектирование каменных конструкций. Часть 1-2. Общие правила определения огнестойкости. – Введ. 10.12.2009 г. – Минск : РУП «Стройтехнорм», 2010. – 112 с.
9. Еврокод 6. Проектирование каменных конструкций. Часть 1-1. Общие правила и правила для зданий = Еурокод 6. Праектаванне мураваных канструкцый. Частка 1-1. Агульныя правілы і правілы для будынкаў : ТКП EN 1996-1-1-2009 (02250). – Введ. 01.01.2010. – Минск : Минстройархитектуры, 2016. – VIII, 111 с.
10. СН 2.01.03-2019. Воздействия на конструкции. Общие воздействия. Воздействия для определения огнестойкости. – Введ. 16.12.2019 г. – Минск : Минстройархитектуры, 2020. – 43 с.
11. ТКП EN 1992-1-2-2009 (02250). Еврокод 2. Проектирование железобетонных конструкций. Часть 1-2. Общие правила определения

Взм. инв. №	
Подп. И дата	
Инв. № подл.	

Изм.	Кол.уч	Лист	Недок.	Подпись	Дата				

Договор № 4ЛД-25 от 22 мая 2025



огнестойкости. – Введ. 10.12.2009 г. – Минск : РУП «Стройтехнорм», 2010. – 86 с.

12. СН 2.01.02-2019 Воздействия на конструкции. Общие воздействия Объемный вес, собственный вес, функциональные нагрузки для зданий. – Взамен ТКП EN 1991-1-1-2016 (33020). – Введ. 16.12.2019. – Минск: РУП «Стройтехнорм». 2019. – 33 с.
13. Каменные и армокаменные конструкции = Мураваныя і армамураваныя канструкцыі : СП 5.02.01-2021 – Взамен ТКП 45-5.02-308-2017 (33020); введ. 10.06.2021. – Минск : Минстройархитектуры, 2021. – V, 117 с.
14. СН 2.01.01-2019 Основы проектирования строительных конструкций. – Взамен ТКП EN 1990-2011 (02250). – Введ. 08.09.20. – Минск: РУП «Стройтехнорм». 2021. – 90 с.
15. Schleifer, V. Zum Verhalten von raumabschliessenden mehrschichtigen Holzbauteilen im Brandfall : dissertation ETH Nr. 18156 / V. Schleifer. – Zürich, 2009. – 147 s. – DOI: 10.3929/ethz-a-005771863.
16. Ботян, С. С. Экспериментально-расчетная методика оценки теплофизических характеристик строительных материалов с использованием камерной электропечи для решения задач огнестойкости / С. С. Ботян, С. М. Жамойдик, В. А. Кудряшов, Т. К. Нгуен // Вестн. Ун-та гражд. защиты МЧС Беларуси. – 2020. – Т. 4, № 1. – С. 5–19. – DOI: 10.33408/2519-237X.2020.4-1.5.

Взам. инв. №	
Подп. И дата	
Инв. № подл.	

Изм.	Кол.уч	Лист	Подок.	Подпись	Дата

Договор № 4ЛД-25 от 22 мая 2025



Филиал №3 «Минский КСИ» ОАО «Белорусский цементный завод»
 Ул. Кузьмы Минина, 28, г. Минск, 220014
 тел. + 375 17 222 97 01

Свидетельство о технической компетентности № 37372989.6300-2024

Протокол испытаний № 4

«15» апреля 2025

1. Изготовитель: Филиал №3 «Минский КСИ» ОАО «Белорусский цементный завод»
2. Изделие: блоки стеновые из ячеистого бетона 2,5-500-35-1 (625*200*250)мм.
3. Образцы отобраны: ПЛ Филиал №3 «Минский КСИ» ОАО «Белорусский цементный завод» 14.04. 2025
4. Дата испытаний: 15.04.2025
5. Место проведения испытаний: Филиал №3 «Минский КСИ» ОАО «Белорусский цементный завод»
6. Испытания проведены согласно требованиям: СТБ 1117-98, ГОСТ 10180-2012, ГОСТ 28570-2019

1. Программа проведения испытаний

Таблица 1

Наименование объекта испытаний (показателей характеристик и т.д)	Обозначение ТНПА устанавливающего требования к методу испытаний	Количество испытываемых образцов и их размеры
1	2	3
Прочность на сжатие, средняя плотность, влажность	ГОСТ 10180-2012 п 7.2 ГОСТ 28570-2019	6 образца размером 100×100×100

2. ИСПЫТАТЕЛЬНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

и средства измерений, применяемые при проведении испытаний

Таблица 2

Наименование испытательного оборудования, средств измерений	Учетный номер	Дата прохождения метрологической аттестации, поверки
1	2	3
Пресс гидравлический ИП-100	ИП-100 №921	Св. о поверке 1-0542035-4724 от 14.11.2024
Сушильный шкаф «СНОЛ» 3,5	№22965	Ат. №506-47-А/2025 от 16.02.2025г.
Весы лабораторные ARC 120	№119311154	Св. о поверке № 1-0184092-4724 от 10.05.2024г.
Штангенциркуль ШЦ-11(0-250)	№12031308	№1-0111885-4124 от 10.05.2024
Гигрометр психрометрический ВИТ-1	№3	01.2025



Договор № 4ЛД-25 от 22 мая 2025

Взам. инв. №

Подп. И дата

Инв. № подл.

Изм. Кол.уч Лист Недок. Подпись Дата

РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЙ

Таблица 3

Марка образца	Размеры образца, см	Масса влажного образца	Средняя влажность образцов по массе, %	Средняя плотность образцов, кг/м ³	Прочность на сжатие, КН	Средняя прочность на сжатие, МПа
1	2	3	4	5	6	7
2,5-500-35-1						
1-1	10,0x10,1x10,0	632,05	26,2	509,0	24,2	2,79
1-2	10,0x10,1x10,0	636,15			24,3	
1-3	10,0x10,0x10,1	640,26			24,5	
2-1	10,0x10,0x10,1	646,97			26,7	
2-2	10,0x10,0x10,0	649,78			26,5	
2-3	10,0x10,1x10,0	651,51			26,6	

Результаты испытаний распространяются только на испытанные образцы.

Испытания провела
Лаборант ПЛ



Н.И. Короткевич

Протокол проверила
Начальник ПЛ



А.В. Козик

Филиал ЛЭЗ «Минскэнерго» ПЛ
ОАО «Белорусский цементный завод»
ПЛ



Взам. инв. №	
Подп. И дата	
Инв. № подл.	

Изм.	Кол.уч	Лист	Подок.	Подпись	Дата

Договор № 4ЛД-25 от 22 мая 2025

РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЙ

Таблица 3

Марка образца	Размеры образца, см	Масса влажного образца	Средняя влажность образцов по массе, %	Средняя плотность образцов, кг/м ³	Прочность на сжатие, КН	Средняя прочность на сжатие, МПа
1	2	3	4	5	6	7
3,5-600-35-1						
1-1	10.0x10.0x 10.0	758.61	27.5	603.0	34.5	3.89
1-2	10.0x10.1x10.0	763.66			33.9	
1-3	10.1x10.0x 10.0	768.71			33.9	
2-1	10.0x10.0x10.1	771.23			37.5	
2-2	10.1x10.1x10.0	773.76			36.8	
2-3	10.0x10.1x10.1	776.26			37.3	

Результаты испытаний распространяются только на испытанные образцы.

Испытания провела
Лаборант ПЛ

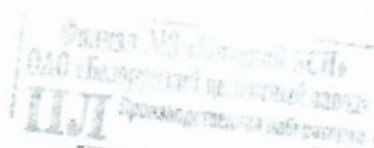


Н.И. Короткевич

Протокол проверила
Начальник ПЛ



А.В. Козик


 ПЛЛ



Взам. инв. №	
Подп. И дата	
Инв. № подл.	

Изм.	Кол.уч	Лист	Подок.	Подпись	Дата

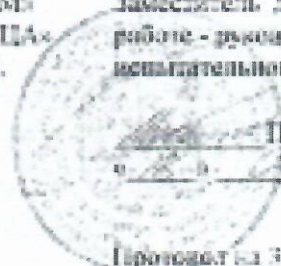
Договор № 4ЛД-25 от 22 мая 2025



ИСПЫТАТЕЛЬНЫЙ ЦЕНТР
Научно-исследовательское и проектно-производственное
республиканское унитарное предприятие «Институт НИИСМ»
(Государственное предприятие «Институт НИИСМ»)

Испытательный центр
Государственного предприятия «Институт НИИСМ»
аккредитован Государственным предприятием «БТЦА»
на соответствие требованиям ГОСТ ISO/IEC 17025.
Аттестат аккредитации № BY/112 1.0010
действует до «11» августа 2026 г.

УТВЕРЖДАЮ
Заместитель директора по научной
работе - руководитель
испытательного центра



П.И. Писаренский
_____ 2024 г.

Адрес, место осуществления лабораторной
деятельности:
220014, г. Минск, ул. Минина, 28
тел. +375 17 337 33 61

Протокол на 3 страницах
в 2 экземплярах

ПРОТОКОЛ ИСПЫТАНИЙ

№ 7007

«18» апреля 2024 г.

Наименование продукции

Блоки из ячеистых бетонов стеновые марок:
1,5-400-25-1; 2,5-500-35-1; 3,5-500-35-1;
3,5-600-35-1; 3,5-700-35-1; 5,0-700-35-1
СТБ 1117-98

*Обозначение ТНПА на продукцию:
Исполнитель:*

Филиал №3 «Минский КСН»
ОАО «Белорусский цементный завод»
220014, г. Минск, ул. Кузьмы Минина, 28

*Адрес:
Заказчик на проведение испытаний:*

Филиал №3 «Минский КСН»
ОАО «Белорусский цементный завод»
220014, г. Минск, ул. Кузьмы Минина, 28

*Адрес:
Обозначение ТНПА по методам
испытаний:*

СТБ 1618-2006

*Сведения о средствах измерений и
испытательном оборудовании:
Количество испытываемых образцов:*

См. стр. 2
30 (тридцать) образцов размером
(250x250x30) мм

*Наименование органа (организации),
проводящего отбор образцов на ис-
пытания:*

Филиал №3 «Минский КСН»
ОАО «Белорусский цементный завод»

*Паспорт
Акт отбора (идентификации)
Документ*

№ 10/594 от 24.01.2024 г.
№ 6/н от 03.01.2024 г.
№ 170/11 от 08.04.2019 г.

Место хранения ИИ



Договор № 4ЛД-25 от 22 мая 2025

Взам. инв. №	
Подл. И дата	
Инв. № подл.	

Изм.	Кол.уч	Лист	Подок.	Подпись	Дата

ПРОГРАММА ПРОВЕДЕНИЯ ИСПЫТАНИЙ

Образцы блоков из вспененных бетонов стеновых марок:
1,5-400-25-1; 2,5-500-35-1; 3,5-500-35-1;
3,5-600-35-1; 3,5-700-35-1; 5,0-700-35-1

№ п/п	Показатели, характеристики объекта испытаний	Обозначение ТНПА, устанавливающего метод испытаний, номер пункта
1	Теплопроводность, Вт/(м·К) при t = (23±5) °С в воздушном до постоянной массы образцов	СТБ 1618-2008

Условия проведения испытаний в помещении:
температура воздуха: 19,1 °С-19,5 °С; относительная влажность воздуха: 49,8 %-50,2 %.

Идентификационные номера образцов:
- образцы для определения теплопроводности - №№ 1-30.

ИСПЫТАТЕЛЬНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ и СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

№ п/п	Наименование испытательного оборудования, средств измерений	Заводской (учетный) номер	Дата проведения метрологической оценки
1	Штангенциркуль электронный ШЦЦ-Г	63108083	Свидетельство ВУ 01 № 001646-4123 от 20.10.2023 г. до 20.10.2024 г.
2	Сушильный шкаф SNOI. 58350	06486	Аттестат №1004-47-А/2024 от 25.03.2024 г. до 25.03.2025 г.
3	Весы электронные LA1200	19506130	Свидетельство ВУ 01 № 0018821-4773 от 03.11.2023 г. до 02.11.2024 г.
4	Прибор для измерения теплопроводности ПИТ-2.1	039	Свидетельство ВУ 01 №0012318-5523 от 18.12.2023 г. до 17.12.2024 г.
5	Прибор комбинированный Темо 605-Н1	41132157/1120	Свидетельство № 1-0282407-5073 от 26.05.2023 г. до 23.05.2024 г.

Дата получения образцов: 26.01.2024 г.
Продолжительность испытаний: 26.03.2024 г. - 17.04.2024 г.



Взам. инв. №	
Подп. И дата	
Инв. № подл.	

Изм.	Кол.уч	Лист	Подок.	Подпись	Дата

РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЙ

№	Наименование, характеристика образца испытания	ТЭИА, номер пункта, устанавливающего требования к продукции			Фактическое значение показателя для каждого образца	Выполнение требований ТЭИА						
		референтная продукция	метод испытаний	формирование образца								
	Теплопроводность, Вт/(м·К) при t = (25±5) °С в плоскостях для постоянных размеров образцов блоков из ячеистых бетонных стеновых	СТБ 1117-98 п.4.2.1.5 СТБ 1570-2005 п.5.8, табл.2	СТБ 1618-2006	формирование образца	объем 1-го					соотв.		
1,5-400-25-1					не более 0,100+10%	1	2	3	4		5	0,097 0,095 0,099 0,097 0,096 ср. 0,097
2,5-500-35-1					не более 0,120+10%	6	7	8	9		10	0,113 0,115 0,117 0,116 0,115 ср. 0,115
3,5-500-35-1					не более 0,120+10%	11	12	13	14		15	0,116 0,117 0,117 0,115 0,114 ср. 0,117
3,5-600-35-1					не более 0,140+10%	16	17	18	19		20	0,134 0,135 0,133 0,134 0,136 ср. 0,134
3,5-700-35-1					не более 0,180+10%	21	22	23	24		25	0,168 0,165 0,169 0,166 0,168 ср. 0,167
5,0-700-35-1					не более 0,180+10%	26	27	28	29		30	0,169 0,170 0,167 0,168 0,168 ср. 0,168

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Представленные на периодические испытания образцы блоков из ячеистого бетона с пористых марок: 1,5-400-25-1; 2,5-500-35-1; 3,5-500-35-1; 3,5-600-35-1; 3,5-700-35-1; 5,0-700-35-1, изготовленные филиалом №3 «Минский КСН» ОАО «Белорусский цементный завод», соответствуют требованиям СТБ 1117-98 п. 4.2.1.5, СТБ 1570-2005 п.5.8, табл. 2.

ИЦ руководствуется бинарным правилом принятия решений, согласно ИАС-08-09-2019 «4.2. Правило принятия решения – простая приемка».

Результаты испытаний распространяются только на испытанные образцы, представленные Заказчиком.

Испытания провел и выдал заключение:

Ведущий инженер

Ведущий инженер

Протокол примерит

Заведующий НИЛ физико-химических и теплофизических исследований

Протокол испытаний не может быть воспроизведен не в полном объеме сет матрицы ни руководителем ИЦ Государственного предприятия «Институт НИИНСМ».

Данный протокол оформлен в 2 (двух) экземплярах на 3 (трех) страницах.

1 экземпляр - ИЦ Государственного предприятия «Институт НИИНСМ».

2 экземпляр - Филиал №3 «Минский комбинат силикатных изделий» ОАО «Белорусский цементный завод».

Дата выдачи протокола Заказчику: 18.04.2024

подписание протокола испытаний

Ж.Н. Власенко Ж.Н. Власенко
Н.С. Яценская Н.С. Яценская
Е.В. Дубаселова Е.В. Дубаселова



Взам. инв. №
Подл. И дата
Инв. № подл.

Изм.	Кол.уч	Лист	Подок.	Подпись	Дата