

Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь

Научно-исследовательское республиканское унитарное предприятие
по строительству "Институт БелНИИС"
(РУП "Институт БелНИИС")

Инв. №

УТВЕРЖДАЮ
Зам. генерального директора
РУП "Институт БелНИИС"



В.В. Коньков
"31" 07 2015 г.

ОТЧЕТ О НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЕ

**Расчет теплотехнических характеристик кладки блоков из ячеистого
бетона D350, B1.5, производства филиал №5 «Гродненский КСМ»
ОАО «Красносельскстройматериалы»**

Договор № 396/1д-15

Зав. лабораторией теплофизиче-
ских исследований и испытаний

А.Б. Крутилин

Зав. отделом ограждающих
конструкций, руководитель НИР

Ю.А. Рыхленок

Минск 2015

РЕФЕРАТ

Отчет содержит 18 стр., 5 рис, 2 таблицы.

Ключевые слова: ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ, СОПРОТИВЛЕНИЕ ТЕПЛОПЕРЕДАЧЕ, УСЛОВИЯ ЭКСПЛУАТАЦИИ, КОЭФФИЦИЕНТ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ.

Выполнены расчеты теплотехнических характеристик кладки из ячеистобетонных блоков марки по плотности D350 производства филиала №5 «Гродненский КСМ» ОАО «Красносельскстройматериалы». Определены сопротивления теплопередаче и приведенные коэффициенты теплопроводности кладки для различных условий эксплуатации.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	5
1 Методика определения теплофизических характеристик кладки из ячеистобетонных блоков	6
2 Результаты расчетов	7
2.1 Теплофизические характеристики ячеистого бетона производства филиала №5 «Гродненский КСМ» ОАО «Красносельскстройматериалы»	7
2.2 Приведенные коэффициенты теплопроводности кладки из ячеистого бетона	7
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	12
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	13
ПРИЛОЖЕНИЕ А — Протокол определения коэффициентов теплопроводности и паропроницаемости ячеистого бетона производства филиала №5 «Гродненский КСМ» ОАО «Красносельскстройматериалы»	14

ВВЕДЕНИЕ

Объектом исследований является кладка из блоков из ячеистого бетона ($\rho = 350 \text{ кг/м}^3$) производства филиала №5 «Гродненский КСМ» ОАО «Красносельск-стройматериалы» на клеевом растворе.

Кладка из ячеистобетонных блоков толщиной $\delta = 400 \text{ мм}$ выполнена с плашковой перевязкой вертикальных швов на клеевом растворе с толщиной шва $\delta = 3 \text{ мм}$. Расчетная схема кладки приведена на рисунке 1.

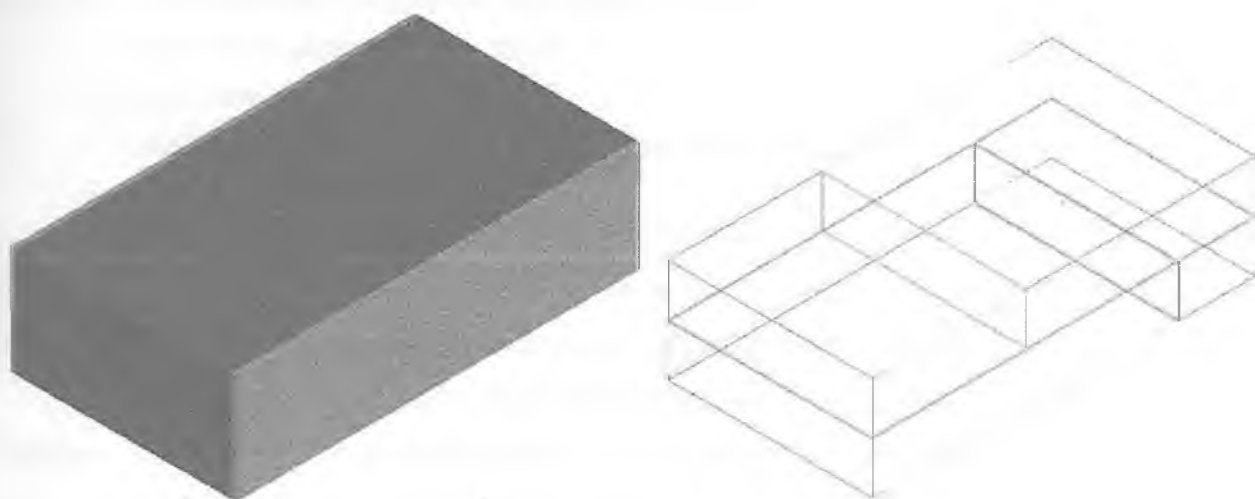


Рисунок 1 – Расчетная схема кладки из ячеистобетонных блоков

Целью работы является определение приведенных коэффициентов теплопроводности кладок для условий эксплуатации "А" и "Б", а также показателей теплоусвоения (при периоде 24 часа).

1 МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК КЛАДКИ ИЗ ЯЧЕИСТОБЕТОННЫХ БЛОКОВ

1.1 Для определения приведенных коэффициентов теплопроводности кладки из ячеистобетонных блоков рассчитывали распределения температур для трехмерных фрагментов стен численным решением дифференциального уравнения теплопроводности (1):

$$c \cdot \rho \frac{\partial t}{\partial \tau} = \frac{\partial}{\partial x} \left(\lambda(x) \frac{\partial t}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\lambda(y) \frac{\partial t}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(\lambda(z) \frac{\partial t}{\partial z} \right), \quad (1)$$

где c_m — теплоемкость единицы массы материалов, Дж/(кг·°C);

ρ — плотность материалов, кг/м³;

t — температура материалов, °C;

λ — коэффициент теплопроводности материалов, Вт/(м·°C);

τ — время, сек.

На расчетный фрагмент конструкций накладывали конечно-элементную сетку в узлах которой определяем температуры на различных участках конструкции, используя результаты решения дискретного аналога уравнения (1).

Граничные условия на поверхностях расчетных фрагментов конструкций — III-рода. Коэффициент тепловосприимчивости внутренней поверхности принимался равным $\alpha_{в} = 8,7$ Вт/(м²·°C), теплоотдачи наружной поверхности — $\alpha_{н} = 23$ Вт/(м²·°C). Температура внутреннего воздуха принималась $t_{в} = + 18,0$ °C, наружного воздуха — $t_{н} = - 26,0$ °C.

1.2 После определения распределения температур по объемам фрагментов кладок рассчитывали их термические сопротивления кладки без учета штукатурных слоев и, далее, коэффициенты теплопроводности.

1.3 В соответствии с ТКП 45-2.04-43-2006* [1] показатель теплоусвоения (при периоде 24 часа) рассчитывали по формуле:

$$s = 0,27 \sqrt{\lambda_k \cdot \rho (c + 0,0419 \cdot W)}, \quad (2)$$

где λ_k — коэффициент теплопроводности кладки, Вт/(м·°C);

W — массовая влажность ячеистого бетона, %.

2 РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТОВ

2.1 Теплофизические характеристики ячеистого бетона производства завода №5 «Гродненский КСМ» ОАО «Краснобелстройматериалы»

В соответствии с ТКП 45-2.04-43-2006* [1] расчетное массовое отношение влаги в материале для условий эксплуатации "А" равно значению сорбционной влажности материала при относительной влажности воздуха в порах $\varphi = 75\%$ и для условий эксплуатации "Б" — при относительной влажности воздуха в порах $\varphi = 90\%$.

Коэффициенты теплопроводности ячеистого бетона для полученных расчетных массовых отношений составили:

- для материала в сухом состоянии $\lambda_{\text{сух}} = 0,0838 \text{ Вт/(м}\cdot\text{°C)}$ (см. Приложение А);
- для материала с массовой влажностью, соответствующей условиям эксплуатации "А" — $\lambda_{\text{А}} = 0,0968 \text{ Вт/(м}\cdot\text{°C)}$ (см. Приложение А);
- для материала с массовой влажностью, соответствующей условиям эксплуатации "Б" — $\lambda_{\text{Б}} = 0,1056 \text{ Вт/(м}\cdot\text{°C)}$ (см. Приложение А).

2.2 Приведенные коэффициенты теплопроводности кладки из ячеистого бетона

Конечно-элементная сетка разбиения фрагмента кладки показана на рисунке 2, температурные поля кладки для различных условий эксплуатации ($t, \text{°C}$) — на рисунках 3 и 4.

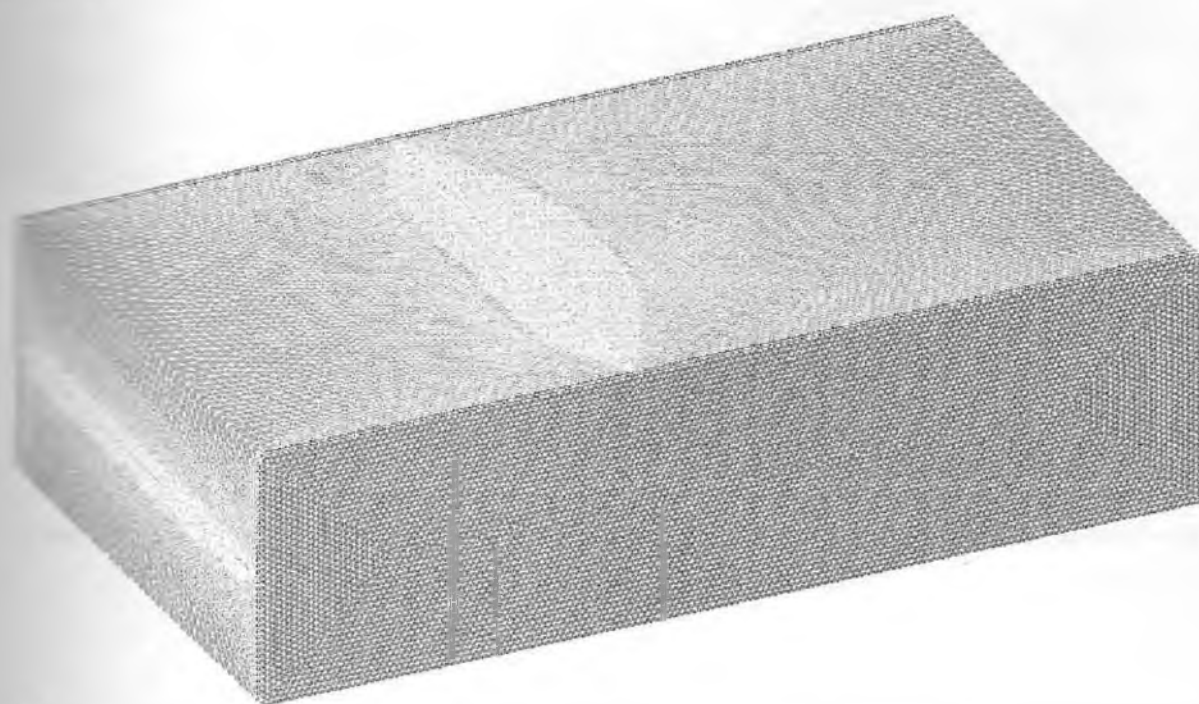


Рисунок 2 – Конечно-элементная сетка разбиения расчетного фрагмента кладки



-25.5 -20.9 -16.2 -11.6 -7.0 -2.3 2.2 6.8 11.4 16.7



-25.5 -20.9 -16.2 -11.6 -7.0 -2.3 2.2 6.8 11.4 16.7

Рисунок 3 – Распределение температур по поверхностям расчетного фрагмента кладки (условия эксплуатации "А")

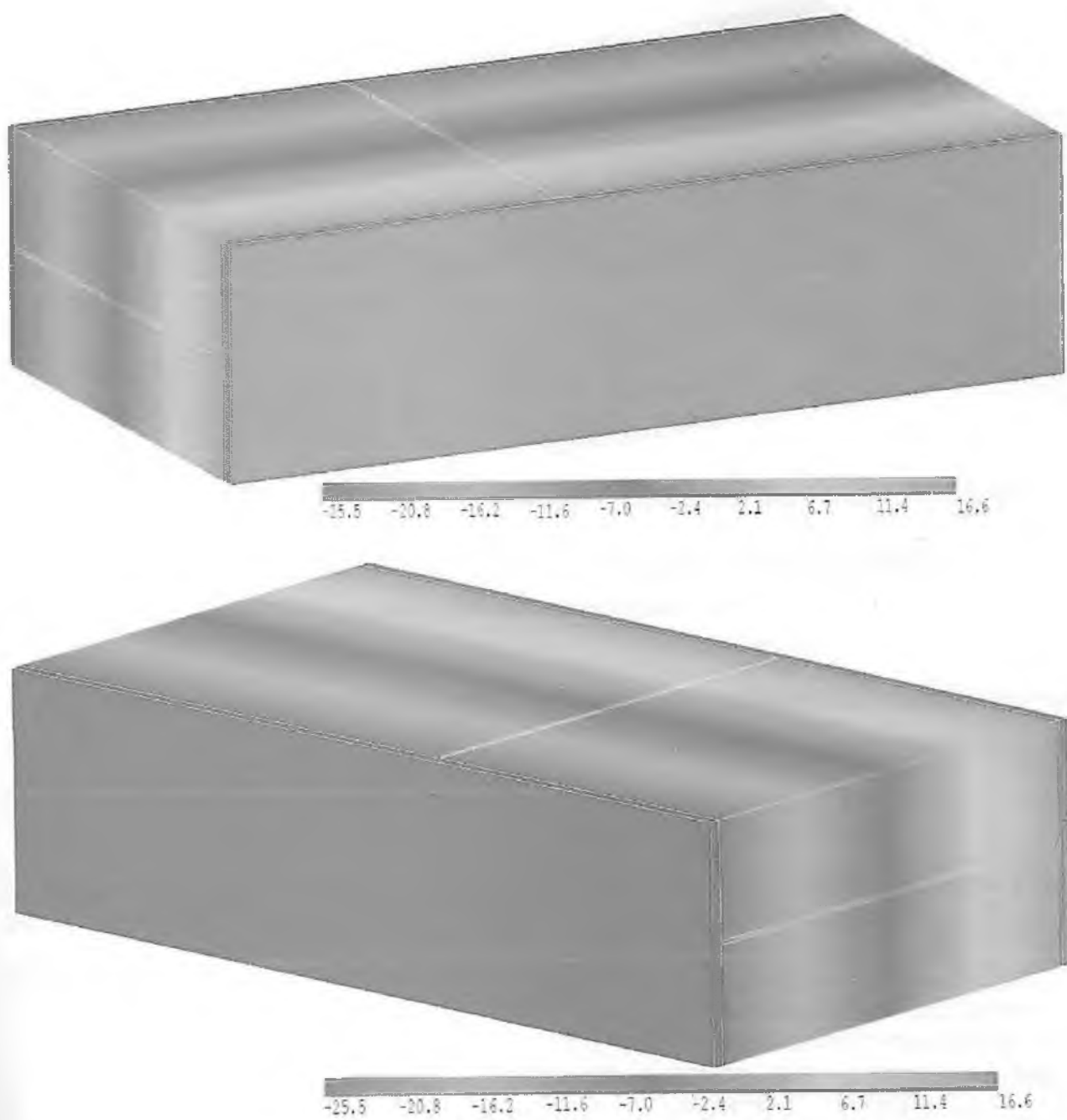


Рисунок 4 – Распределение температур по поверхностям расчетного фрагмента кладки (условия эксплуатации “Б”)

Результаты расчетов показали, что влияние клеевых швов на величину сопротивления теплопередаче незначительно. Распределение плотности теплового потока (q , Вт/м²) у кладки независимо от условий эксплуатации однотипное (см. рис. 5). Повышенный тепловой поток наблюдается у швов кладки, являющихся “мостиками” холода.

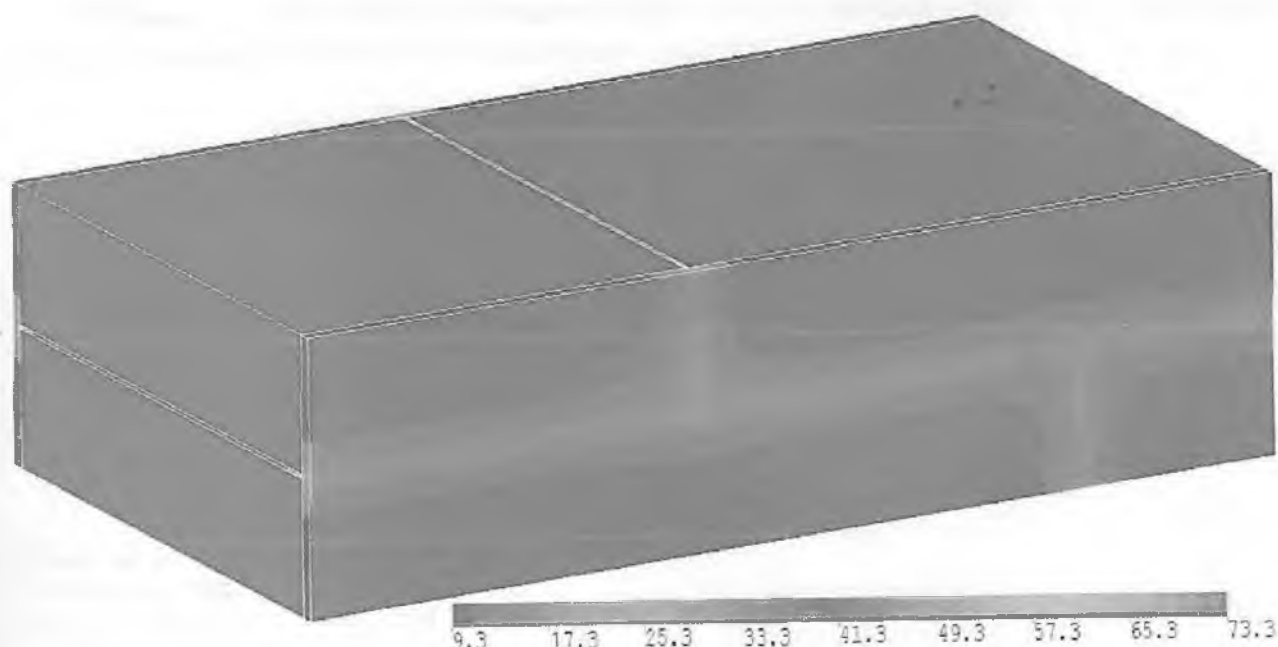


Рисунок 5 – Распределение плотности теплового потока по поверхности кладки (условия эксплуатации "А")

Результаты численных расчетов по определению приведенных коэффициентов теплопроводности кладки обобщены и сведены в таблицу 1, теплофизические характеристики кладки — в таблицу 2.

Таблица 1 - Расчетные значения коэффициентов теплопроводности кладки из ячеистобетонных блоков ($\rho = 350 \text{ кг/м}^3$) на клеевом растворе

Наименование кладки	Принятый коэффициент теплопроводности ячеистого бетона, Вт/(м·°С)	Условия эксплуатации, соответствующие коэффициенту теплопроводности ячеистого бетона	Приведенный коэффициент теплопроводности $\lambda_{пр}$, Вт/(м·°С)
Из ячеистобетонных блоков на клеевом растворе толщиной 400 мм	0,0968	"А"	0,108
Из ячеистобетонных блоков на клеевом растворе толщиной 400 мм	0,1056	"Б"	0,119

Таблица 2 - Расчетные теплотехнические показатели кладки из ячеистобетонных блоков ($\rho = 350 \text{ кг/м}^3$) на клеевом растворе

Материал	Характеристики материала в сухом состоянии			Расчетное массовое отношение влаги в материале (при условиях эксплуатации по таблице 4.2) $W, \%$		Расчетные коэффициенты (при условиях эксплуатации по таблице 4.2)				
	плотность $\rho, \text{ кг/м}^3$	удельная теплоемкость $c, \text{ кДж/(кг}\cdot\text{°C)}$	коэффициент теплопроводности $\lambda, \text{ Вт/(м}\cdot\text{°C)}$			теплопроводности $\lambda, \text{ Вт/(м}\cdot\text{°C)}$		теплоусвоения (при периоде 24 ч) $s, \text{ Вт/(м}^2\cdot\text{°C)}$		паропроницаемости $\mu, \text{ мг/(м}\cdot\text{ч}\cdot\text{Па)}$
				А	Б	А	Б	А	Б	
Кладка из ячеистобетонных блоков ($\rho = 350 \text{ кг/м}^3$) на клеевом растворе	350	0,84	0,0935	3,4	5,3	0,108	0,119	1,65	1,80	0,236

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1 С учетом полученных по результатам испытаний (Приложение А) данных о теплофизических характеристиках ячеистого бетона производства филиала №5 «Гродненский КСМ» ОАО «Красносельскстройматериалы», определены теплофизические характеристики кладки на клеевом растворе.

Коэффициенты теплопроводности, в зависимости от условий эксплуатации кладок, получены равными:

— для условий эксплуатации "А" – $\lambda_A = 0,108 \text{ Вт/(м}\cdot\text{°C)}$;

— для условий эксплуатации "Б" – $\lambda_B = 0,119 \text{ Вт/(м}\cdot\text{°C)}$.

2 По результатам расчетов определены теплотехнические характеристики кладки из ячеистого бетона в соответствии с требованиями ТКП 45-2.04-43-2006* [1].

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. ТКП 45-2.04-43-2006* "Строительная теплотехника. Строительные нормы проектирования", Минск, 2015 г.

ПРОТОКОЛ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТОВ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ
И ПАРОПРОНИЦАЕМОСТИ ЯЧЕИСТОГО БЕТОНА ПРОИЗВОДСТВА
ФИЛИАЛА №5 «ГРОДНЕНСКИЙ КСМ» ОАО «КРАСНОСЕЛЬСКСТРОЙМАТЕРИАЛЫ»



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
Белорусский национальный
технический университет
Филиал БНТУ «Научно-исследовательская
часть»



ПРОТОКОЛ ИСПЫТАНИЙ

12.06.2015 № 1469

НИИЛ БиСМ аккредитована на право
проведения испытаний
в Системе Аккредитации РБ
Аттестат № ВУ/112.02.1.0.0024
Дата регистрации 14.09.1994 г.
Действителен по 15.10.2015 г.
220114, г. Минск, ул. Ф.Скорины, д.25 к.1
тел. 263-15-84, 267-24-22

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий НИИЛ БиСМ

В.Д.Якимович

" 12 " июня 2015 г.

Протокол на 5 стр.

в 2 экземплярах

Наименование материала (изделия) Образцы блоков из ячеистых бетонов
стеновых D350, СТБ 1117-98

производства ФИЛИАЛА № 5 «Гродненский комбинат строительных
материалов»

Работа выполнена на основании договора № 1198/15с от 26.03.2015 г.

с ФИЛИАЛОМ № 5 «Гродненский комбинат строительных
материалов» ОАО «Красносельскстройматериалы»

Заявитель испытаний, адрес:

ФИЛИАЛ № 5 «Гродненский комбинат строительных
материалов» ОАО «Красносельскстройматериалы»

Республика Беларусь, 230015, г. Гродно, ул. Горького, 100

Отбор образцов для испытаний провели представители

ФИЛИАЛА № 5 «Гродненский комбинат строительных
материалов»

Акты отбора образцов № б/н

от " 06 " марта 2015 г.

Регистрационные номера образцов 445

1. ПРОГРАММА ПРОВЕДЕНИЯ ИСПЫТАНИЙ

Таблица 1

Наименование объекта испытаний (показатель, характеристик и т.д.)	Обозначение ТНПА, устанавливающего метод испытаний, номер пункта	Количество испытываемых образцов и их размеры
1	2	3
1. Сорбционная влажность при относительной влажности воздуха 40 %, 60 %, 75 %, 80 %, 90 % и 97 %	ГОСТ 24816-81	По 3 образца размерами 50x50x10 мм
2. Теплопроводность - в сухом состоянии при температуре $(25 \pm 5) ^\circ\text{C}$; - при условии эксплуатации А по ТКП 45-2.04-43-2006; - при условии эксплуатации Б по ТКП 45-2.04-43-2006	СТБ 1117-98, п.6.8 СТБ 1618-2006	По 5 образцов размерами 250x250x30 мм
3. Паропроницаемость	СТБ 1975-2009	5 образцов размерами 100x100x30 мм

Условия проведения испытания:

- температура воздуха - $(22 \pm 5) ^\circ\text{C}$;
- относительная влажность воздуха - $(50 \pm 5) \%$

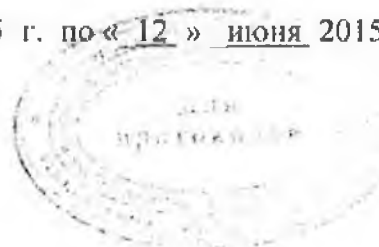


**2. ИСПЫТАТЕЛЬНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ И СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ,
ПРИМЕНЯЕМЫЕ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ИСПЫТАНИЙ**

Таблица 2

Наименование испытательного оборудования, средств измерений	Учетный номер	Документ о прохождении метрологической аттестации (поверки), срок действия
1	2	3
Термометр ТМ 6-1	5723	Свидетельство № 8714-55 до 04.05.2016
Психрометр аспирационный МВ-4М	14576	Свидетельство № 6496-50 до 18.07.2015
Штангенциркуль ШЦ II-250	П593180	Паспорт до 18.12.2015
Линейка 0 – 300	б/н	Клеймо до 01. 2016
Термограф М-16А	2688	Свидетельство № 112/2 до 02.05. 2016
Гигрограф М-21А	197	Свидетельство № 111/2 до 02.05. 2016
Весы лабораторные равноплечные АДВ-200	194	Свидетельство № 4937-47 до 18.06.2015
Сушильный шкаф SNOL - 58/350	04051	Аттестат № 826-47-А/2015 до 20.02.2016
Прибор для измерения теплопроводности	б/н	Свидетельство № 61161-55 до 06.11. 2015
Весы лабораторные электронные АРА 520	1125210170	Свидетельство № 4945-47 до 18.06. 2015
Штангенциркуль ШЦ I-150	А76140	Паспорт до 05.01.2016
Климатическая камера Memmert ICH 750	У813.0011	Аттестат № 2874-47-А/2014 до 28.10.2015

Сроки испытаний: с « 23 » марта 2015 г. по « 12 » июня 2015 г.



3. РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЙ

Таблица 3.

Наименование объекта испытаний (показатели, технические требования)	Обозначение ТНПА, устанавливающего требования		Нормированное значение	Фактическое значение показателя для образцов				Вывод о соответствии требованиям ТНПА		
	к продукции	к методу испытаний		Частное		Результующее				
1	2	3	4	5				6	7	
1. Сорбционная влажность, %, при относительной влажности воздуха (φ)	-	ГОСТ 24816-81	-					-		
- $\varphi = 40\%$				1,9	2,0	1,9	1,9			
- $\varphi = 60\%$				2,3	2,3	2,2	2,3			
- $\varphi = 75\%$				3,4	3,5	3,4	3,4			
- $\varphi = 80\%$				3,6	3,5	3,6	3,6			
- $\varphi = 90\%$				5,3	5,3	5,4	5,3			
- $\varphi = 97\%$				12,0	11,3	11,0	11,4			
2. Теплопроводность, Вт/(м·К)	-	СТБ 1117-98, п.6.8	-					-		
- в сухом состоянии при температуре $(25 \pm 5)^\circ\text{C}$	СТБ 1117-98, п. 4.2.1.5; СТБ 1570-2005, п.5.8, табл. 2	СТБ 1618-2006	Не более 0,090+10%	0,0845	0,0846	0,0839	0,0831	0,0828	0,0838	Соответствует
- при условии эксплуатации А по ТКП 45-2.04-43-2006	-		-	0,0977	0,0972	0,0971	0,0963	0,0957	0,0968	-



В соответствии с результатами испытаний по СТБ 1618-2006 Таблица 3 протокол № 1469.

Продолжение таблицы 3

1	2	3	4	5					6	7
- при усло- вии экс- плуатации Б по ТКП 45-2.04- 43-2006	-	СТБ 1117- 98, п.6.8 СТБ 1618- 2006	-	0,1061	0,1064	0,1068	0,1053	0,1042	0,1056	-
3. Паропро- ницае- мость, мг/м ² ч-Па	-	СТБ 1975- 2009	-	0,236	0,241	0,230	0,231	0,242	0,236	-


Результаты испытаний распространяются только на испытанные образцы.

Руководитель договора:

 А.А. Дрозд

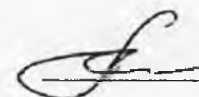
Испытания провела:


Младший научный сотрудник НИИЛ БиСМ

 А.О. Калыска

Протокол составила:

Инженер I категории НИИЛ БиСМ

 Л.В. Сысоева



Протокол испытаний воспроизводится только в полном объеме и с письменного разрешения НИИЛ БиСМ БНТУ.

