

УТВЕРЖДАЮ

Генеральный директор

ООО «ВНИИСТРОМ-НВ»

Сапелин Н.А.

30 июня 2016 г.

М.П.



ПРОТОКОЛ ИСПЫТАНИЙ

№ 104 от 30 июня 2016 года

Основание для проведения испытаний	Запрос ОАО «БИОТЕХ»
Наименование продукции	Крупноформатный камень 12,35НФ по ГОСТ 530-2012, ГОСТ 26254.
Цель испытания	Определение коэффициента теплопроводности в кладке
Дата поступления	07.06.16
Дата испытаний	07.06.16– 30.06.16
Сведения об образцах	Размеры камней 440 мм x 245 мм x 219 мм Класс средней плотности – 0,7 Группа по теплотехнической эффективности (п.5.2.2. ГОСТ 530-2012) - «высокой эффективности» ГОСТ 530-2012, ГОСТ 26254-84
Методика испытаний	
Регистрационный № ИЦ	№ RU.0001.21CA07

Испытания проведены на фрагменте стены размером 141 см x 184 см x 44 см.

Количество камней в кладке – 48 шт. (8 рядов по 6 шт.).

В горизонтальных швах раствор укладывали на строительную сетку с ячейками 5x5мм, толщина швов – 10 мм, плотность кладочного раствора в сухом состоянии – 0,7 т/м³.

Вертикальные швы - без раствора.

Толщина штукатурного слоя – около 5 мм, плотность штукатурного раствора в сухом состоянии – 0,9 т/м³.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ:

Коэффициент теплопроводности фрагмента кладки из крупноформатного камня 12,25 НФ производства ОАО «БИОТЕХ» при классе по средней плотности камня 0,7 составляет:

- в сухом состоянии – 0,139 Вт/(м.⁰С)
- при условиях эксплуатации А (влажность кладки – 1%) - 0,163 Вт/(м.⁰С)
- при условиях эксплуатации Б (влажность кладки – 1,5%) - 0,177 Вт/(м.⁰С)

Руководитель Испытательного Центра

«НВ-Стройиспытания», к.т.н.

Куприна А.А.

**РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЙ ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ КОЭФФИЦИЕНТА
ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ КЛАДКИ ИЗ КРУПНОФОРМАТНЫХ КАМНЕЙ 12,35 НФ
ОАО «БИОТЕХ»**

1. ХАРАКТЕРИСТИКА КАМНЕЙ

Маркировка камней по ГОСТ 530-2012: КМ – пг 440 мм/ 12,35 НФ. Общий вид камня представлен на фото.1.

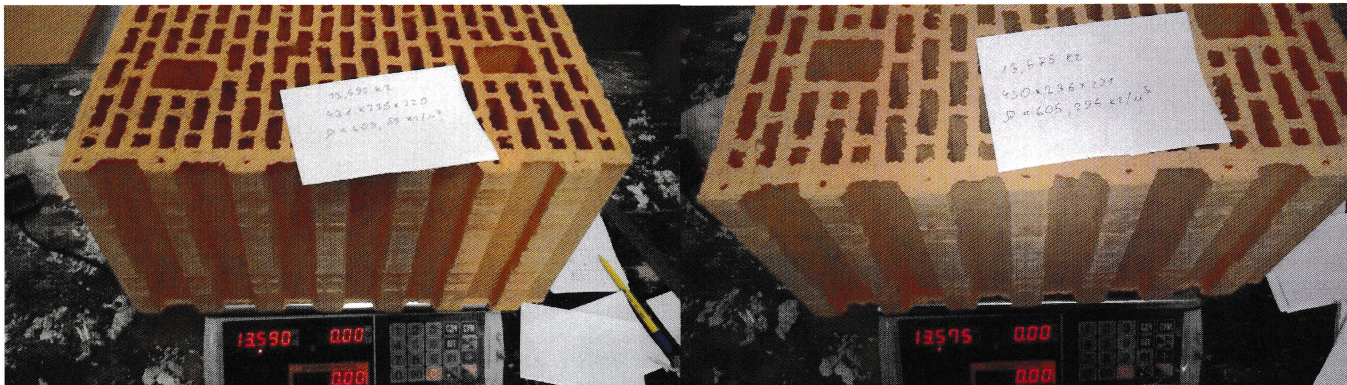


Фото 1 - Камень формата 12,35 НФ

Размеры камня: 440 мм x 245мм x 219 мм

Фактические размеры камня: 431 мм x 235мм x 220 мм

Объем камня: 0,02228 м³

Масса камня: 13,590 кг.

Средняя плотность камня: $13,590 \text{ кг} : 0,02228 \text{ м}^3 = 609,96 \text{ кг/м}^3 = 0,610 \text{ т/м}^3$

Класс средней плотности: 0,7.

Группа изделий по теплотехническим характеристикам: «высокой эффективности».

2. ХАРАКТЕРИСТИКА ФРАГМЕНТА СТЕНЫ

В соответствии с ГОСТ 530-2012 п. 7.14. кладка фрагмента стены выполнена толщиной в один камень (0,44м) с использованием продольных половинок камней для перевязки рядов. Кладку вели по технологии без заполнения раствором пустот камней и вертикальных швов кладки. Для этого по горизонтальной поверхности каждого ряда камней укладывали строительную сетку с ячейками 5×5 мм.

Для кладки использовали сухую известково-цементную теплую кладочную смесь POROTHERM ТМ производства ООО «Мурексин» для ООО «Винербергер Кирпич» предназначенную для кладки из поризованных крупноформатных камней. Плотность затвердевшего раствора в сухом состоянии - 0,7 т/м³. Толщина горизонтальных швов составила

1 см. Внутренняя и наружная поверхности фрагмента стены были затерты штукатурным раствором толщиной 0,5 см средней плотностью в сухом состоянии $0,9 \text{ т/м}^3$.

Длина фрагмента стены – 1,41 м, высота – 1,84 м, толщина – 0,44 м. Объем фрагмента стены $1,1415 \text{ м}^3$. Количество камней в кладке – 48. Камни укладывали с перевязкой. Объем камней в кладке: $48 \times 0,02228 = 1,0694 \text{ м}^3$. Масса камней: $48 \times 13,590 = 652,32 \text{ кг}$. Объем раствора в швах $8 \times 0,44 \times 1,5 \times 0,010 = 0,0528 \text{ м}^3$ и штукатурке: $1,5 \times 1,84 \times 0,01 = 0,0276 \text{ м}^3$. Масса раствора в кладке: $0,0528 \times 700 = 36,96 \text{ кг}$ (в сухом состоянии), масса раствора штукатурки: $0,0276 \times 900 = 24,8 \text{ кг}$ (в сухом состоянии). Масса фрагмента стены: $652,32 + 36,96 + 24,8 = 714,08 \text{ кг}$. Плотность стены: $714,08/1,1415 = 626 \text{ кг/м}^3$.

3. ПАРАМЕТРЫ ИСПЫТАНИЙ. ПРИБОРЫ И ОБОРУДОВАНИЕ

Температуру в теплой зоне камеры $18-20 \text{ }^\circ\text{C}$ обеспечивали с помощью маслонаполненного электрорадиатора с автоматическим регулятором температуры. Температура в холодной зоне камеры во время испытаний поддерживалась на уровне от -23 до $-27 \text{ }^\circ\text{C}$ с помощью морозильной установки. Плотность тепловых потоков измеряли тепломерами, температуру на внутренней и наружной поверхностях стены и температуру воздуха измеряли с помощью датчиков температуры. Относительная влажность воздуха измерялась и записывалась теплографом с помощью датчика относительной влажности воздуха.

3.1. ТЕПЛОГРАФ

3.1.1. НАЗНАЧЕНИЕ И ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

Измерительно-регистрирующий комплекс «Теплограф» предназначен для определения сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций (ГОСТ 26254), блоков оконных и дверных (ГОСТ 26602.1), а также для комплексного обследования различных объектов с целью определения их теплозащитных свойств и выявления дефектов теплоизоляции.

При исследовании объектов прибор может выполнять продолжительный мониторинг нескольких каналов температуры и тепловых потоков (ГОСТ 25380)

3.1.2. ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ И УСЛОВИЯ ЭКСПЛУАТАЦИИ

Количество обслуживаемых датчиков	8.....128
Количество адаптеров, подключаемых к центральному блоку	1.....8
Количество датчиков, подключенных к одному адаптеру	1.....8
Максимальное количество регистрируемых отсчетов	100 000
Длительность регистрируемого процесса	Не ограничена
Период сохранения отсчетов, задаваемый пользователем:	

- минимальный, сек	20	
- максимальный	59	
Время непрерывной работы от комплекта свежезаряженных аккумуляторов, сут.	30	
Параметры для различных используемых датчиков		
➤ Термопара ХК:		
Диапазон измерения температуры, °С	-50...+600	
Основная погрешность измерения, %	1,0	
➤ Термопара ХА:		
Диапазон измерения температуры, °С	-50...+1000	
Основная погрешность измерения, %	1,0	
➤ Датчик температуры DS18S20		
Диапазон измерения, °С	-55...+125	
Основная погрешность измерения, %	0,3	
➤ Датчик теплового потока		Определяется
Диапазон измерения, Вт/ м ² .	градуировкой	
Основная погрешность измерения, %	Определяется градуировкой	
➤ Датчик относительной влажности:		
Диапазон измерения, %	0...100	
Основная погрешность измерения, %	2,0	

3.2. К теплографу с помощью специальной программы подключён компьютер с принтером.

3.3. Морозильная установка.

3.4. Весы электронные UW 4200Н с точностью измерения 0,01 г.

3.5. Электрический шкаф СНОЛ-3.5, отрегулированный на 100⁰С.

3.6. Шлямбур диаметром 25 мм, длиной 500 мм.

3.7. Термоанемометр TESTO-40S-V1 для определения скорости воздушного потока.

4. МЕТОДИКА ИСПЫТАНИЙ

Коэффициент теплопроводности определяли по ГОСТ 530-2012, ГОСТ 26254.

Перед испытанием на наружной и внутренней поверхностях кладки в центральной зоне установлено пять датчиков температуры по действующему нормативному документу. Дополнительно на внутренней поверхности кладки установлено пять тепломеров по действующему нормативному документу. Датчики температуры и тепломеры были установлены так, чтобы они охватывали различные зоны тычковой поверхности камня, а также горизонтального и вертикального швов.

Теплотехнические параметры фиксировали после наступления стационарного теплового состояния кладки, которое определяли по датчикам температуры, дополнительно установленным внутри кладки на середине толщины стены и на расстоянии 12 см от внутренней поверхности. Измерение параметров производили с интервалом 20 минут в течении 3 часов, не ранее чем через трое суток после включения климатической камеры.

Для каждого тепломера и датчика температуры определяли среднеарифметическое значение показаний за период наблюдений φ_i и t_i . По результатам испытаний вычисляли средневзвешенные значения температуры наружной и внутренней поверхностей кладки t_H^{cp} , t_B^{cp} с учетом площади ложкового и тычкового измеряемых участков, а также вертикального и горизонтального участков растворных швов по формуле

$$t_{H(B)}^{cp} = (\sum t_i F_i) / (\sum F_i), \quad (1)$$

где t_i - температура поверхности в точке i , °C;

F_i - площадь i -го участка, м².

Схема установки тепломеров представлена на рис.1

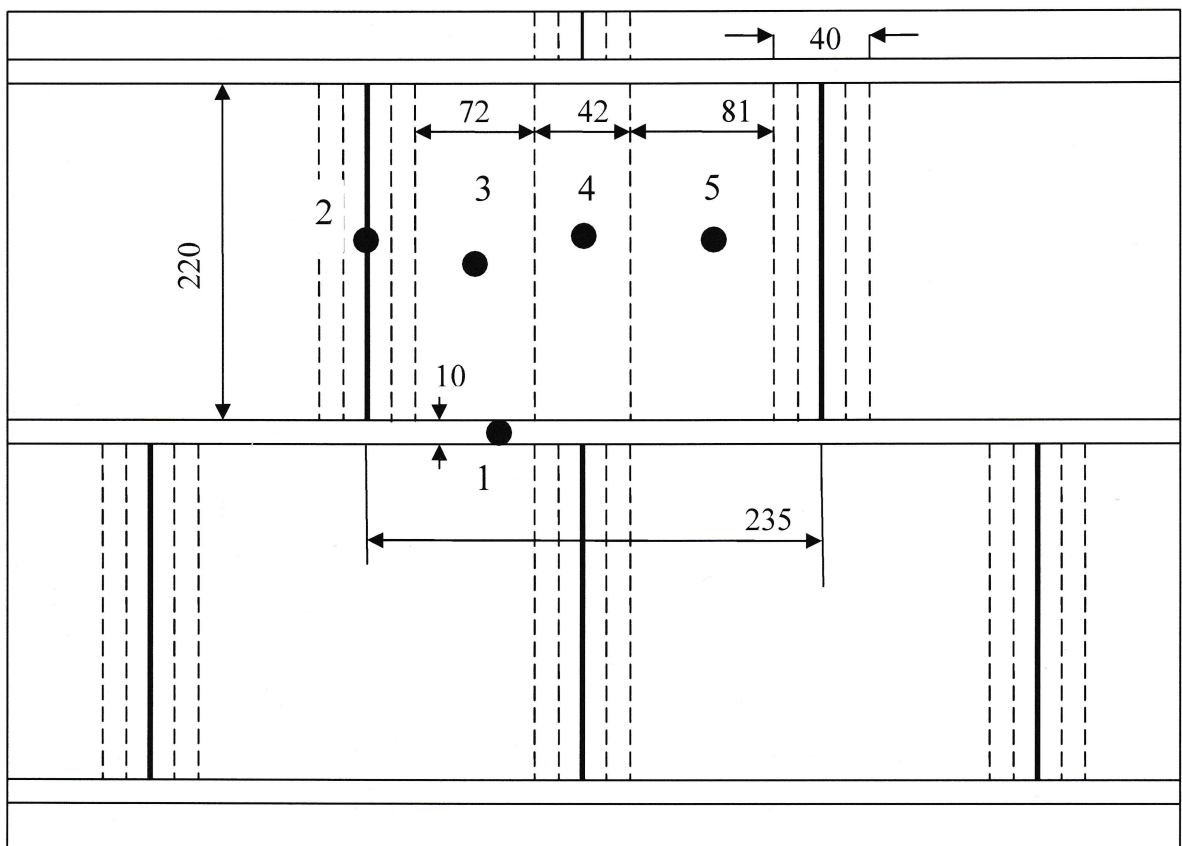


Рис.1. Схема установки тепломеров

Расчет площади измеряемых участков представлен в табл.1

Таблица 1

№ тепломера	Участок	Размер участка см	Кол	Площадь участка	
				см ²	%
1	Горизонтальный шов	23,5 x 1	1	23,5	5

2	Вертикальный шов вместе с наружной стенкой камня	22 x 2	2	88	16
3	Тычок без зоны захвата и наружных стенок камня	22 x 7,2	1	158,4	29
4	Зона захвата на тычке	22 x 4,2	1	92,4	17
5	Тычок без зоны захвата и наружных стенок камня	22 x 8,1	1	178,2	33
Всего:		23,5 x 23		540,5	100

По результатам испытаний определяли термическое сопротивление кладки $R_K^{пр}$, $м^2 \cdot ^\circ C / Вт$, с учетом фактической влажности во время испытаний по формуле

$$R_K^{пр} = \Delta t / q_{ср}, \quad (2)$$

где $\Delta t = t_B^{ср} - t_H^{ср}$, $^\circ C$;

$q_{ср}$ - среднее значение плотности теплового потока через испытываемый фрагмент кладки, $Вт/м^2$.

По значению $R_K^{пр}$ вычисляли эквивалентный коэффициент теплопроводности кладки $\lambda_{эКВ}(\omega)$, $Вт/(м \cdot ^\circ C)$, по формуле

$$\lambda_{эКВ}(\omega) = \delta / R_K^{пр}, \quad (3)$$

где δ - толщина кладки, м.

5. РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЙ

В таблице 2 представлены результаты измерений плотности тепловых потоков (q , $Вт/м^2$), температуры внутренней и наружной поверхностей фрагмента стены, температуры внутреннего и наружного воздуха, относительной влажности воздуха в теплой зоне климатической камеры. На основании полученных данных рассчитаны: перепад температуры между внутренней и наружной поверхностями фрагмента стены ($\Delta t, ^\circ C$); термическое сопротивление кладки ($R = \Delta t / q$) и эквивалентный коэффициент теплопроводности кладки ($\lambda_{эКВ} = 0,44м / R$), где 0,44м – толщина стены.

Таблица 2

Дата – 15.12.14, время	Плотность теплового потока, Вт/м ²										Температура внутренней поверхности, °С							Тем- п- ра нар ужн ой пов- сти, °С	Δt , °С	R , м ² °С/ Вт	λ экв Вт/м° С	Температу ра воздуха °С		Отн осит ельн ая вла жно сть возд уха, %
	q ₁	q ₂	q ₃	q ₄	q ₅	q _{ср.вз}	t ₁	t ₂	t ₃	t ₄	t ₅	t _{ср.вз}	нару жн	внут р..										
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21				
1	14:40	23,6	22,3	22,3	22,7	19,6		16,7	17,1	17,2	17,0	17,1		-26,1				-30,3	19,7	41,0				
2	15:00	25,8	21,7	22,0	23,5	20,9		16,7	17,0	17,2	17,0	17,2		-22,6				-24,3	19,7	44,0				
3	15:20	24,3	21,5	20,1	22,3	19,2		16,8	17,0	17,1	17,0	17,1		-23,7				-27,0	19,7	45,0				
4	15:40	27,4	22,3	23,0	22,1	18,8		16,9	17,0	17,2	17,0	17,2		-24,3				-27,6	19,7	43,0				
5	16:00	23,4	20,6	19,1	22,3	21,2		16,7	16,9	17,1	17,0	17,1		-23,3				-24,7	19,4	43,0				
6	16:20	23,1	20,7	21,4	22,6	20,6		16,7	17,0	17,2	17,0	17,2		-22,4				-23,9	18,9	42,0				
7	16:40	24,1	22,1	20,6	22,2	20,3		16,7	17,0	17,2	17,1	17,2		-24,2				-25,7	19,7	41,0				
8	17:00	24,3	22,0	20,7	22,7	20,7		16,7	17,0	17,1	17,0	17,2		-25,1				-27,2	19,5	43,0				
9	17:20	24,5	21,3	22,0	22,3	21,1		16,7	17,0	17,2	17,0	17,2		-25,0				-26,2	19,4	42,0				
10	17:40	22,6	22,1	20,2	21,8	20,2		16,7	17,0	17,1	17,0	17,1		-25,7				-28,4	19,4	41,0				
	средн	24,3	26,6	21,1	22,4	20,2		16,7	17,0	17,2	17,0	17,2		-24,2										
	S%	5%	16%	29%	17%	33%	100%	5%	16%	29%	17%	33%	100%											
	q _{взв}	1,22	4,26	6,12	3,81	6,68	22,08	0,84	2,72	4,97	2,89	5,66	17,08		41,3	1,871	0,235							

Примечание:

1. Влажность кладки 3,8 %

2. Расчеты q_{ср.вз} и t_{ср.вз} сделаны в соответствии с площадью участков (S %), на которых установлены тепломеры и датчики температуры.

Таблица 3

	Дата – 5.01.15, время:	Плотность теплового потока, Вт/м ²							Температура внутренней поверхности, °С							Тем- п- ра нар ужн ой пов- сти, °С	Δt, °С	R, м ² °С /Вт	λ эк в Вт/м °С	Температур а воздуха °С		Отп осит ельн ая вла жно сть возд
		q1	q2	q3	q4	q5	qср,вз	t1	t2	t3	t4	t5	tср,вз	нару жн.	внут р.					УХХ, %		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21		
1	12:40	21,1	19,9	19,9	20,3	17,5		17,8	18,3	18,4	18,2	18,4	18,4	-24,6				-26,6	19,8	42		
2	13:00	23,0	19,4	19,6	21,0	18,6		17,8	18,3	18,4	18,2	18,5		-25,6				-26,9	19,8	42		
3	13:20	21,7	19,2	17,9	19,9	17,1		17,8	18,3	18,4	18,1	18,5		-26,1				-26,5	19,8	41		
4	13:40	24,5	19,9	20,5	19,7	16,8		17,8	18,4	18,4	18,2	18,5		-24,8				-26,1	19,8	41		
5	14:00	20,9	18,4	17,0	19,9	18,9		17,8	18,3	18,4	18,2	18,5		-25,7				-27,5	19,8	41		
6	14:20	20,6	18,5	19,1	20,2	18,4		17,8	18,3	18,4	18,2	18,5		-24,6				-27,9	19,8	43		
7	14:40	21,5	19,7	18,4	19,8	18,1		17,9	18,3	18,5	18,2	18,4		-24,4				-27	19,8	42		
8	15:00	21,7	19,6	18,5	20,3	18,5		17,8	18,3	18,4	18,2	18,5		-25,8				-26,7	19,8	43		
9	15:20	21,9	19,0	19,6	19,9	18,8		17,9	18,3	18,5	18,2	18,4		-25,6				-27,3	19,8	41		
10	15:40	20,2	19,7	18,0	19,4	18,0		17,9	18,3	18,5	18,2	18,4		-24,7				-27,2	19,8	42		
	средн	21,7	19,3	18,8	20,0	18,1		17,8	18,3	18,4	18,2	18,5		-25,2								
	5%	5%	16%	29%	17%	33%	100%	5%	16%	29%	17%	33%	100%									
	qвзв	1,08	3,09	5,47	3,40	5,96	19,01	0,89	2,93	5,34	3,09	6,09	18,35		43,54	2,291	0,192					

Примечание:

1. Влажность кладки 2,1%

2.. Расчеты q_{ср,вз} и t_{ср,вз} сделаны в соответствии с площадью участков (S %) , на которых установлены тепломеры и датчики температуры.

Влажность кладки после первого этапа испытаний, определенная по пробам, взятым из фрагмента стены с помощью шлямбура, составила в среднем 3,8%. При этой влажности термическое сопротивление кладки $R = 1,871 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$, а эквивалентный коэффициент теплопроводности кладки $\lambda_{\text{экр}} = 0,235 \text{ Вт}/\text{м} \cdot \text{°C}$.

Перед вторым этапом испытаний фрагмент стены подвергли интенсивной сушке с помощью калориферов и вентилятора с периодическим доведением температуры воздуха с внутренней и наружной сторон фрагмента стены до $60\text{-}80 \text{ °C}$. Результаты второго этапа измерений тепловых потоков, температуры воздуха и поверхностей фрагмента стены представлены в таблице 3, в которой также приведены расчеты термического сопротивления и коэффициента теплопроводности кладки. Влажность кладки после второго этапа испытаний, определенная по пробам, взятым из фрагмента стены с помощью шлямбура, составила в среднем 2,1 %. При этой влажности термическое сопротивление кладки $R = 2,291 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$, а эквивалентный коэффициент теплопроводности кладки $\lambda_{\text{экр}} = 0,192 \text{ Вт}/\text{м} \cdot \text{°C}$.

6. ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ КЛАДКИ В СУХОМ СОСТОЯНИИ

Определяем изменения значения $\lambda_{\text{экр}}$ на 1 % влажности по формуле:

$$\Delta \lambda_{\text{экр}} = (\lambda_{\text{экр}1} - \lambda_{\text{экр}2}) / (\omega_1 - \omega_2). \quad (4)$$

$$\Delta \lambda_{\text{экр}} = (0,235 - 0,192) / (3,8 - 2,1) = 0,025294$$

Коэффициент теплопроводности кладки в сухом состоянии λ_0 , $\text{Вт}/(\text{м} \cdot \text{°C})$, вычисляем по формуле:

$$\lambda_0 = \lambda_{\text{экр}2} - \omega_2 \cdot \Delta \lambda_{\text{экр}} \quad (5)$$

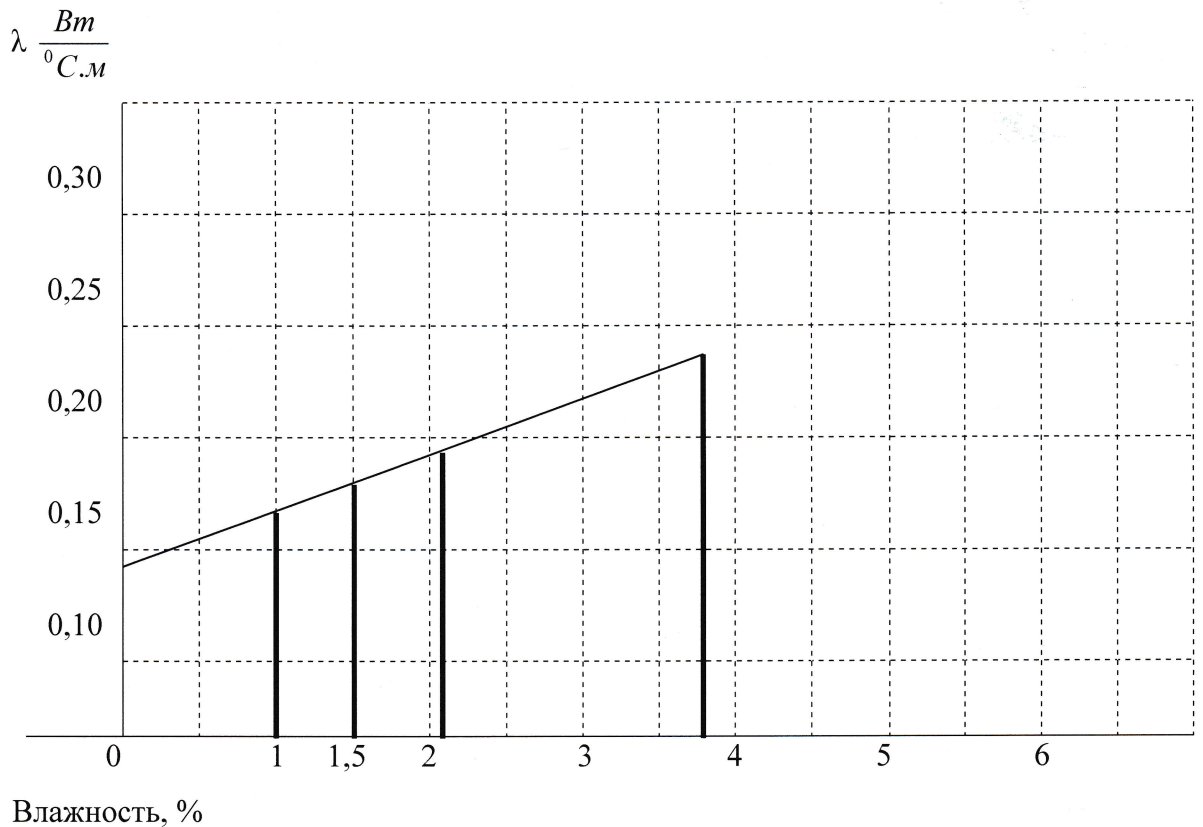
$$\lambda_0 = 0,192 - 2,1 \times 0,02529 = 0,139$$

Определяем коэффициент теплопроводности при условии эксплуатации А (влажность равна 1 %):

$$\lambda_{\text{экр}} (1\%) = 0,139 + 0,02529 = 0,163$$

Определяем коэффициент теплопроводности при условии эксплуатации Б (влажность равна 1,5 %):

$$\lambda_{\text{экв}} (1,5\%) = 0,139 + 0,02529 \times 1,5 = 0,177$$



А Б Условия эксплуатации

Рис. График зависимости эквивалентного коэффициента теплопроводности от влажности кладки

ЗАКЛЮЧЕНИЕ:

Коэффициент теплопроводности фрагмента кладки из крупноформатного камня 12,25 НФ производства ОАО «БИОТЕХ» при плотности камня $0,610 \text{ т/м}^3$, плотности кладочного раствора в сухом состоянии $0,7 \text{ т/м}^3$, плотности штукатурного раствора в сухом состоянии $0,9 \text{ т/м}^3$ и средней плотности кладки в сухом состоянии $0,626 \text{ т/м}^3$ составляет:

- в сухом состоянии – $0,139 \text{ Вт/(м} \cdot \text{°С)}$
- при условиях эксплуатации А (влажность кладки – 1%) - $0,163 \text{ Вт/(м} \cdot \text{°С)}$
- при условиях эксплуатации Б (влажность кладки – 1,5%) - $0,177 \text{ Вт/(м} \cdot \text{°С)}$

Руководитель работ,
ведущий научный сотрудник

А.Н. Сапелин