

Испытательная лаборатория

"НВ-Стройиспытания"

наименование испытательного центра (лаборатории)

в составе

ООО "ВНИИСТРОМ-НВ"

140050, п. Красково, Московская обл., ул. К. Маркса, 117

наименование и адрес юридического лица

## ПРОТОКОЛ ИСПЫТАНИЙ №143И

10 декабря 2018 года

**Заказчик** ОАО «Гжельский кирпичный завод»  
140165, Московская область, Раменский район, п. Гжель,  
административный корпус.

**Наименование продукции,  
производитель** Камень керамический крупноформатный 10,7НФ.

**Цель испытания** Определение коэффициента теплопроводности в кладке:  
в сухом состоянии, при условиях эксплуатации А, при  
условиях эксплуатации Б.

**Дата поступления** 01.11.2018 г.

**Дата испытаний** 01.11.2018– 5.12.2018 г.

**Сведения об образцах** Размеры камней 380 мм x 250 мм x 219 мм  
Класс средней плотности – 0,7  
Группа по теплотехническим характеристикам  
(п.5.2.2. ГОСТ 530-2012) - «высокой эффективности»

**Методика испытаний** ГОСТ 530-2012

### Маркировка ИЛ

18.197Р

Испытания проведены на фрагменте стены размером 183 см x 175 см x 39 см.

Количество камней в кладке – 56 шт. (8 рядов по 7 шт.).

В горизонтальных швах раствор укладывали на строительную сетку с ячейками 5x5мм, толщина швов – 12 мм, плотность кладочного раствора в сухом состоянии – 710 кг/м<sup>3</sup>.

Вертикальные швы - без раствора. Толщина штукатурного слоя – около 5 мм, плотность штукатурного раствора в сухом состоянии – 805 кг/м<sup>3</sup>.

Средняя плотность камня в сухом состоянии – 677 кг/м<sup>3</sup>.

**Результаты испытаний:** представлены в Приложении 1 на 10 листах

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ:

Коэффициент теплопроводности фрагмента кладки из крупноформатного керамического камня (изготовитель: ОАО «Гжельский кирпичный завод») при средней плотности камня 677 кг/м<sup>3</sup>, плотности кладочного раствора в сухом состоянии 710 кг/м<sup>3</sup>, плотности штукатурного раствора в сухом состоянии 805 кг/м<sup>3</sup> и средней плотности кладки в сухом состоянии 682 кг/м<sup>3</sup> составляет:

- в сухом состоянии – 0,129 Вт/(м\*°С)
- при условиях эксплуатации А (влажность кладки – 1%) - 0,151 Вт/(м\*°С)
- при условиях эксплуатации Б (влажность кладки – 1,5%) – 0,162 Вт/(м\*°С)

Руководитель ИЛ «НВ-Стройиспытания», к.т.н.

М.П.

А.Н. Сапелин



**РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЙ ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ КОЭФФИЦИЕНТА  
ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ КЛАДКИ ИЗ КАМНЯ КЕРАМИЧЕСКОГО КРУПНОФОРМАТНОГО  
10,7НФ**

(Изготовитель: ОАО «Гжельский кирпичный завод»)

**1. ХАРАКТЕРИСТИКА КАМНЕЙ**

Общий вид камня представлен на фото.1.

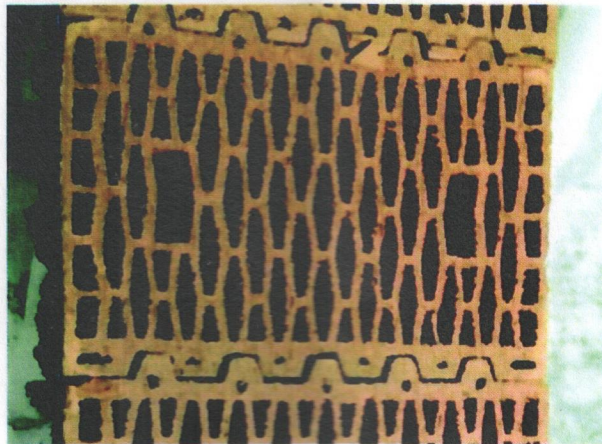


Фото 1 - Камень формата 10,7 НФ

Размеры камня: 380 мм x 242 мм x 219 мм

Объем камня: 0,02007 м<sup>3</sup>

Средняя масса камня: 13,588 кг.

Средняя плотность камня: 0,677 т/м<sup>3</sup>

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 (0,38м) 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 кладочную смесь. Плотность затвердевшего раствора в сухом состоянии - 0,710 т/м<sup>3</sup>. Толщина горизонтальных швов составила 1,2 см. Внутренняя и наружная поверхности фрагмента стены были затерты штукатурным раствором толщиной 0,5 см средней плотностью в сухом состоянии 0,805 т/м<sup>3</sup>.

Длина фрагмента стены – 1,75 м, высота – 1,83 м, толщина – 0,39 м.

Средняя плотность камня в сухом состоянии – 677 кг/м<sup>3</sup>.

Средняя плотность кладочного раствора в сухом состоянии – 710 кг/м<sup>3</sup>.

Средняя плотность штукатурного раствора в сухом состоянии – 805 кг/м<sup>3</sup>.

Средняя плотность кладки в сухом состоянии при толщине горизонтальных швов 12 мм, толщине штукатурного раствора по 5 мм с обеих сторон, составила 682 кг/м<sup>3</sup>.

### 3. ПАРАМЕТРЫ ИСПЫТАНИЙ. ПРИБОРЫ И ОБОРУДОВАНИЕ

Температуру в теплой зоне камеры 18-23 °С обеспечивали с помощью маслonaполненного электрорадиатора с автоматическим регулятором температуры. Температура в холодной зоне камеры во время испытаний поддерживалась на уровне от -25 до -33 °С 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, блоков оконных и дверных, 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.

##### 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 <sup>2</sup> .	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 6200H с точностью измерения 0,01 г.

3.5. Электрический шкаф СНОЛ-3.5, отрегулированный на 100<sup>0</sup>С.

3.6. Шлямбур диаметром 25 мм, длиной 500 мм.

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

3.8. Закладные датчики влажности.

#### 4. МЕТОДИКА ИСПЫТАНИЙ

Коэффициент теплопроводности определяли по ГОСТ 530-2012.

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 1 минута в течении 24 часов, не ранее чем через трое суток после включения климатической камеры (всего 1440 значений).

Для каждого тепломера и датчика температуры определяли среднеарифметическое значение показаний за период наблюдений  $q_i$  и  $t_i$ . По результатам испытаний вычисляли средневзвешенные значения температуры наружной и внутренней поверхностей кладки  $t_{\text{н}}^{\text{ср}}$ ,  $t_{\text{в}}^{\text{ср}}$  с учетом площади измеряемых участков, а также вертикального и горизонтального участков растворных швов по формуле

$$t_{\text{н(в)}}^{\text{ср}} = (\sum t_i F_i) / (\sum F_i), \quad (1)$$

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

$F_i$  - площадь  $i$ -го участка, м<sup>2</sup>.

Схема установки датчиков температуры с холодной стороны представлена на фото 2.

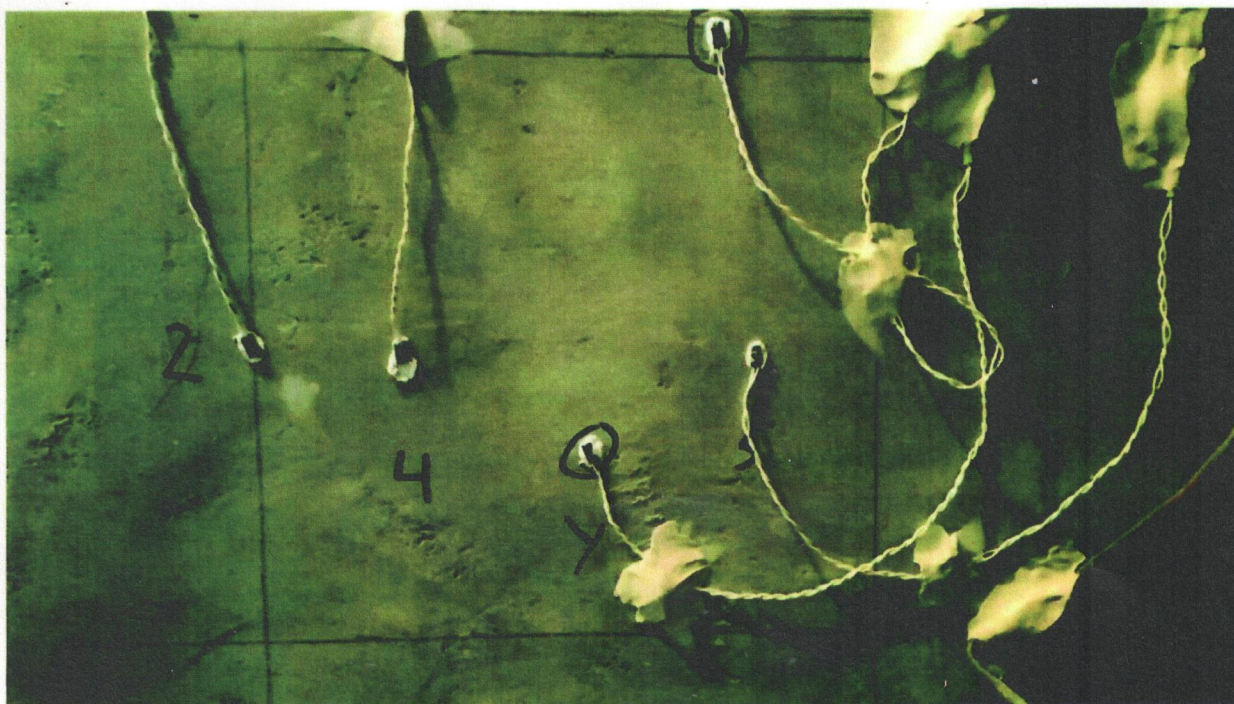


Фото 2.

Схема установки тепломеров представлена на рис.1

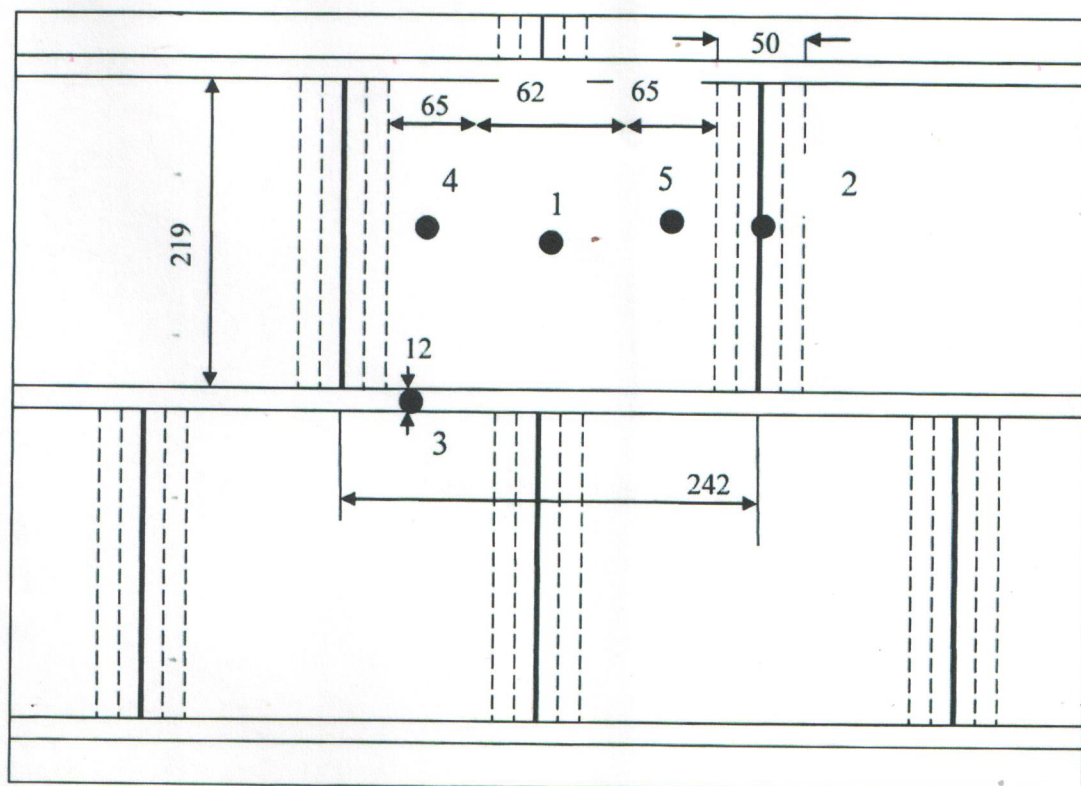


Рис.1. Схема установки тепломеров

Процент площади измеряемых участков представлен в табл. 1

Таблица 1

№ тепломера	Участок	% от общей площади
1	Тычок с зоной захвата и без наружных стенок камня	24.3
2	Вертикальный стык вместе с наружной стенкой камня	19.6
3	Горизонтальный шов	5.2
4	Тычок без зоны захвата и наружных стенок камня	25.5
5	Тычок без зоны захвата и наружных стенок камня	25.5
<b>Всего:</b>		<b>100</b>

По результатам испытаний определяли термическое сопротивление кладки  $R_{\text{к}}^{\text{тп}}$ ,  $\text{м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$ , с учетом фактической влажности во время испытаний по формуле

$$R_{\text{к}}^{\text{тп}} = \Delta t / q_{\text{ср}}, \quad (2)$$

где  $\Delta t = t_{\text{в}}^{\text{ср}} - t_{\text{к}}^{\text{ср}}$ ,  $\text{°C}$ ;

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

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

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

где  $\delta$  - толщина кладки, м.

### 5. РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЙ

В таблице 2 представлены средние значения результатов измерений плотности тепловых потоков ( $q$ , Вт/м<sup>2</sup>), 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 ( $\Delta t$ , °С); термическое сопротивление кладки ( $R = \Delta t / q$ ) и эквивалентный коэффициент теплопроводности кладки ( $\lambda_{эКВ} = 0,39 \text{ м} / R$ ), где 0,39 м – толщина стены.



Фото 3. Процесс кладки

1	Дата – 07.11.18; время	Плотность теплового потока, Вт/м <sup>2</sup>					Температура внутренней поверхности, °С					Температура наружной поверхности, °С					$\Delta t$ , °С	$R$ , м <sup>20</sup> С/ Вт	$\lambda$ экв, Вт/м°С	Температ ура воздуха °С		Отно сител ьная влаж ность возд уха, %
		q1	q2	q3	q4	q5	t1	t2	t3	t4	t5	t6	t7	t8	t9	t10				нару жн	вн утр	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
1	Среднее (1440 зн)	25.5	33.1	27.1	24.6	25.5	17.0	16.0	16.5	16.9	16.4	-	29.7	29.4	29.5	29.6	-	-	-	-31.4	20.1	43
2	S%	24.3	19.6	5.2	25.5	25.5	24.3	19.6	5.2	25.5	25.5	24.3	19.6	5.2	25.5	25.5						
3	Среднез вешенное значение	26.8					16.6					-29.6					46.2	1.721	0.227			

Примечание:

1. Влажность кладки 4,50 %

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



1	2	Плотность теплового потока, Вт/м <sup>2</sup>					Температура внутренней поверхности, °С					Температура наружной поверхности, °С					$\Delta t$ , °С	$R_{m^{20}C}$ , Вт/м <sup>2</sup> С	$\lambda_{экв}$ , Вт/м <sup>2</sup> С	Температура воздуха, °С		Относительная влажность воздуха, %
		q <sub>1</sub>	q <sub>2</sub>	q <sub>3</sub>	q <sub>4</sub>	q <sub>5</sub>	t <sub>1</sub>	t <sub>2</sub>	t <sub>3</sub>	t <sub>4</sub>	t <sub>5</sub>	t <sub>6</sub>	t <sub>7</sub>	t <sub>8</sub>	t <sub>9</sub>	t <sub>10</sub>				наружн	внутр	
		3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
1	Среднее (240 зн)	23.0	29.3	25.7	22.7	23.4	17.2	16.4	16.8	17.1	16.7	29.7	29.4	29.5	29.6	29.5				-31.4	20.1	41
2	S%	24.3	19.6	5.2	25.5	25.5	24.3	19.6	5.2	25.5	25.5	24.3	19.6	5.2	25.5	25.5						
3	Средневзвешенное значение	24.4					16.9					-29.6					46.4	1.901	0.205			

## Примечание:

1. Влажность кладки 3,49%
- 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, замеренная с помощью закладных датчиков неразрушающего контроля, составила в среднем 4,50%. При этой влажности термическое сопротивление кладки  $R = 1.721 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$ , а эквивалентный коэффициент теплопроводности кладки  $\lambda_{\text{экв}} = 0.227 \text{ Вт}/\text{м} \cdot \text{°C}$ .

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 60-80 °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, замеренная с помощью закладных датчиков неразрушающего контроля, составила в среднем 3,49 %. При этой влажности термическое сопротивление кладки  $R = 1.901 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$ , а эквивалентный коэффициент теплопроводности кладки  $\lambda_{\text{экв}} = 0.205 \text{ Вт}/\text{м} \cdot \text{°C}$ .

## 6. ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ КЛАДКИ В СУХОМ СОСТОЯНИИ

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

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

$$\Delta \lambda_{\text{экв}} = 0.021671 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{°C}) \cdot \% \text{О.В.}$$

Коэффициент теплопроводности кладки в сухом состоянии  $\lambda_0$ , Вт/(м·°C), вычисляем по формуле:

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

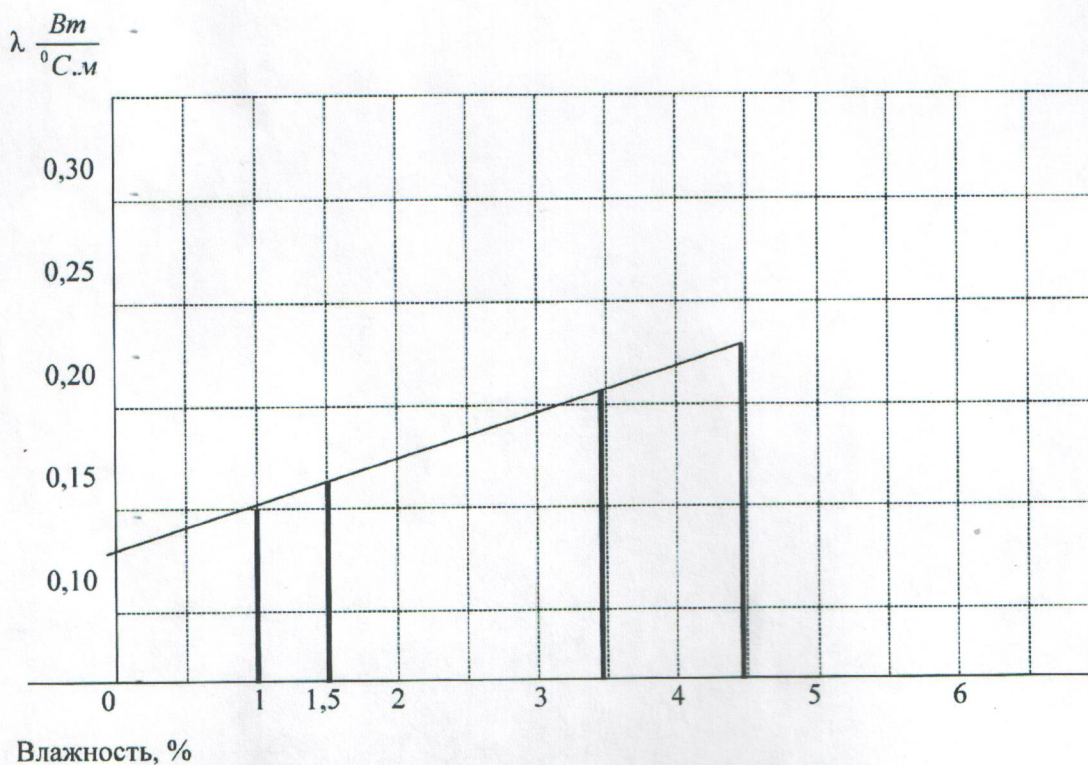
$$\lambda_0 = 0.129 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{°C})$$

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

$$\lambda_{\text{экв}} (1\%) = 0.151 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{°C})$$

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

$$\lambda_{\text{экв}} (1,5\%) = 0,162 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot^{\circ}\text{C})$$



А Б Условия эксплуатации

Рис. График зависимости эквивалентного коэффициента теплопроводности от влажности кладки

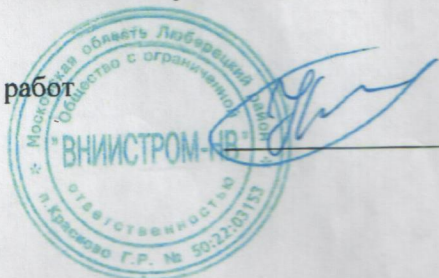
### РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЙ:

Коэффициент теплопроводности фрагмента кладки из крупноформатного керамического камня (изготовитель: ОАО «Гжельский кирпичный завод») при средней плотности камня  $677 \text{ кг}/\text{м}^3$ , плотности кладочного раствора в сухом состоянии  $710 \text{ кг}/\text{м}^3$ , плотности штукатурного раствора в сухом состоянии  $805 \text{ кг}/\text{м}^3$  и средней плотности кладки в сухом состоянии  $682 \text{ кг}/\text{м}^3$  составляет:

- в сухом состоянии –  $0,129 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot^{\circ}\text{C})$
- при условиях эксплуатации А (влажность кладки – 1%) –  $0,151 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot^{\circ}\text{C})$
- при условиях эксплуатации Б (влажность кладки – 1,5%) –  $0,162 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot^{\circ}\text{C})$

Руководитель работ

Инженер



А.А. Никитенко