

Направление подготовки 08.04.01 «Строительство»  
Направленность «Теория и проектирование зданий и сооружений»

# **Исследование теплотехнических характеристик ограждающих конструкций жилых зданий г. Кострома (на примере объектов ОАО «Автотехстрой»)**

Автор: Мигунова Анастасия Алексеевна  
Руководитель: старший преподаватель кафедры «Строительные  
конструкции» Маклакова Светлана Николаевна

Стоимость жилья зависит от многих факторов, в том числе от конструктивного решения здания и применяемых материалов. Очень важно знать и эксплуатационные характеристики, в том числе расход тепла на отопление. Наибольшие потери тепла в здании происходят через ограждающие конструкции – наружные стены, окна и двери, покрытие и цокольное перекрытие.

В соответствии с современными требованиями при разработке проектно-сметной документации проектировщики выполняют расчет энергоэффективности объекта, в котором дают теплотехнические расчеты, виды отопительного оборудования и мероприятия по энергосбережению.

Конец XX и начало XXI века характеризуются постоянным ростом цен на нефть, природный газ и электроэнергию, что связано с истощением запасов традиционных источников энергии и что послужило естественным толчком для рационального использования энергоресурсов, для поиска решений, ведущих к их экономии.

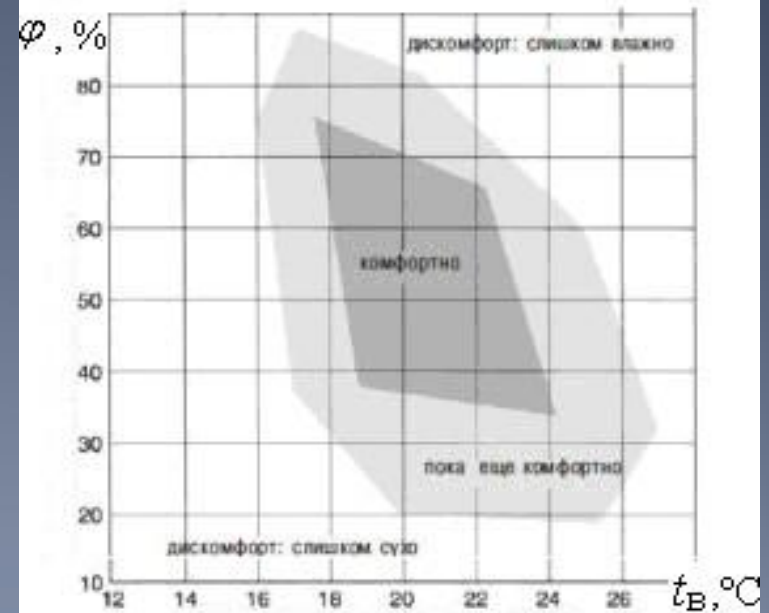
Научно-техническая и промышленная революции прошлого столетия привели к созданию огромного количества предприятий и различных форм производства, для работы которых необходимы миллионы тонн условного топлива. При этом следует учитывать постоянный рост объектов производства, а следовательно и потребляемой энергии. С одной стороны, строительство объектов какой-либо индустрии на территории государства ведёт к обеспечению населения рабочими местами и к росту экономики в целом. С другой стороны, появляется новый источник энергопотребления.

# Тепловой комфорт в помещении

Постоянная температура тела человека и тепловое равновесие являются основным критерием его теплового комфорта.

Параметры микроклимата помещения изменяются в довольно узких пределах.

Колебание температуры внутреннего воздуха от нормируемого значения должно быть не больше  $3^{\circ}\text{C}$ , а подвижность воздуха в помещении – в пределах  $0,1 - 0,2$  м/с. Почти безболезненно воспринимается относительная влажность внутреннего воздуха от 30 до 70%.



Зона комфортности по уровню относительной влажности воздуха

В последние годы в России уделяется всё больше внимания вопросу экономии энергоресурсов. Несмотря на отдельные успехи в некоторых отраслях промышленности, в целом мы существенно отстаём в этом от достижений стран Запада и Америки. Согласно, расход электрической энергии на 1 доллар валового продукта составляет на мировом рынке 0,46 кВт·ч, в США - 0,52кВт·ч, в России же - 4,7 кВт·ч. Доля энергии в структуре и себестоимости валового продукта составляет около 50%, тогда как в промышленно развитых странах она меньше 5%. Нерациональное использование энергоресурсов наносит ежегодно ущерб в размере 40 млрд.у.е.

Действительно, строительство выделяется среди основных энергоёмких отраслей экономики страны. Из общего энергопотребления данной отраслью 90% расходуется при эксплуатации зданий. Наибольшим энергопотреблением характеризуются жилые здания - 50-55%, несколько меньшим - 35-45% - промышленные здания, а на долю гражданских зданий приходится около 10%.

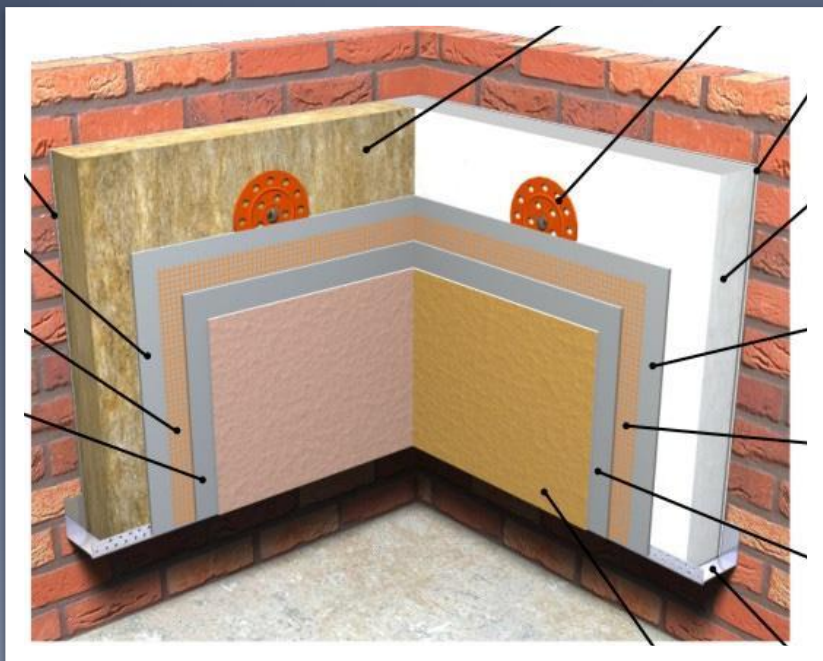


# Основные конструкции стен с повышенным уровнем теплозащиты, применяемые в современном строительстве

1. Здания со стенами из мелких блоков с облицовкой из кирпичной кладки

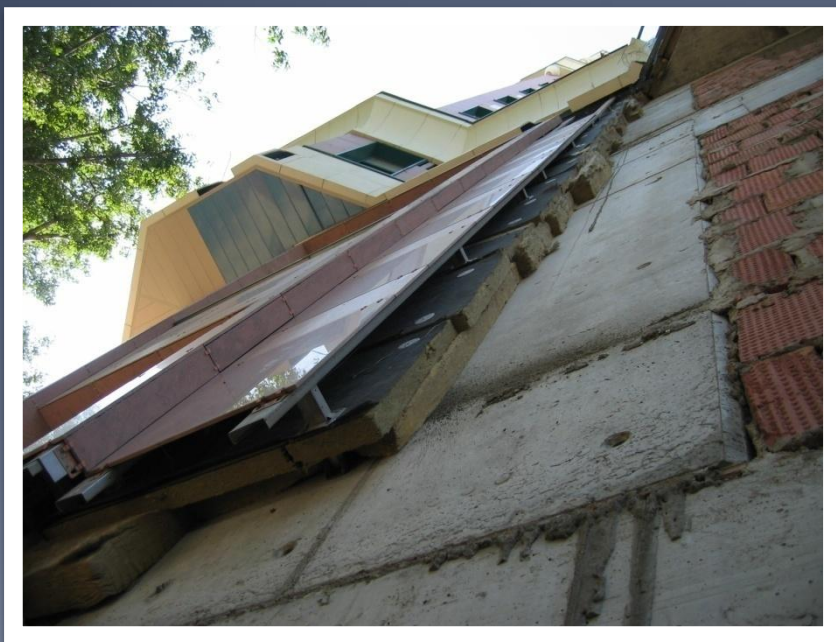


## 2. Стены с системой теплоизоляции с тонким штукатурным слоем





### 3. Стены с навесными фасадными системами с вентилируемой воздушной прослойкой





В соответствии с СП 50.13330.2012 для здания, по проектным решениям, принимается класс энергосбережения. Для вводимого в эксплуатацию жилого дома определяется класс энергосбережения, устанавливаемый на основании результатов обязательного расчетно-экспериментального контроля нормируемых энергетических показателей.

Для выполнения требований энергетической эффективности примененные в проекте теплоизоляционные материалы должны соответствовать заявленным характеристикам при вводе в эксплуатацию и в течение всего срока эксплуатации.

**Срок, в течение которого должно обеспечиваться требования энергетической эффективности: до проведения капитального ремонта - 50 лет.**

В настоящее время основными сдаточными объектами являются:

- 9-ти этажный 144-квартирный жилой дом по ул. Профсоюзная;
- 8-ми этажный 28-квартирный жилой дом со встроенными помещениями административного назначения по ул. Рабочий проспект;
- 4-х этажный 64-квартирный жилой дом по ул. Водяная;
- 9-ти этажный 113-квартирный жилой дом с встроенно-пристроенным магазином и административными помещениями по ул. Козуева.

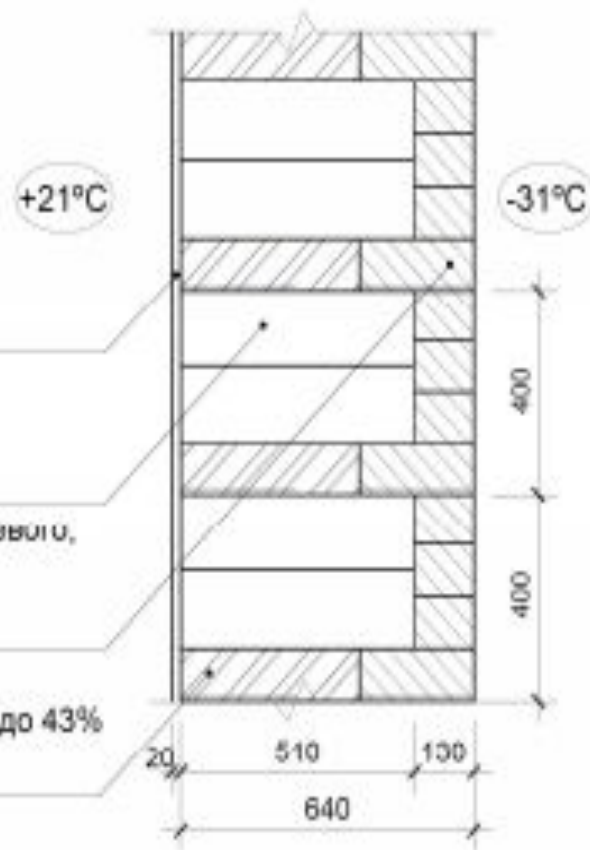
В 8-9-ти этажных домах принято одинаковое решение наружных стен из керамического пустотелого камня с облицовкой из керамического кирпича.

Цементно-песчаный раствор плотность 1800 кг/м<sup>3</sup>  
 $\lambda_B=0,93$  Вт/м<sup>°C</sup>

Камень керамический пустотелый рядовой,  
класс средней плотности 1, пустотность до 43%,  
щели шириной 12-16 мм  $\lambda_B=0,215$  Вт/м<sup>°C</sup>

Кладка из кирпича керамического пустотелого лицевого,  
класс средней плотности 1,2, пустотность до 38%  
 $\lambda_B=0,39$  Вт/м<sup>°C</sup>

Кирпич керамического рядовой пустотелый формат  
1,4 н.ф. класс средней плотности 1,0, пустотностью до 43%  
 $\lambda_B=0,215$  Вт/м<sup>°C</sup>





В 4-х этажном доме приняты стены из газосиликатных блоков с облицовкой силикатным кирпичом и утеплителем.

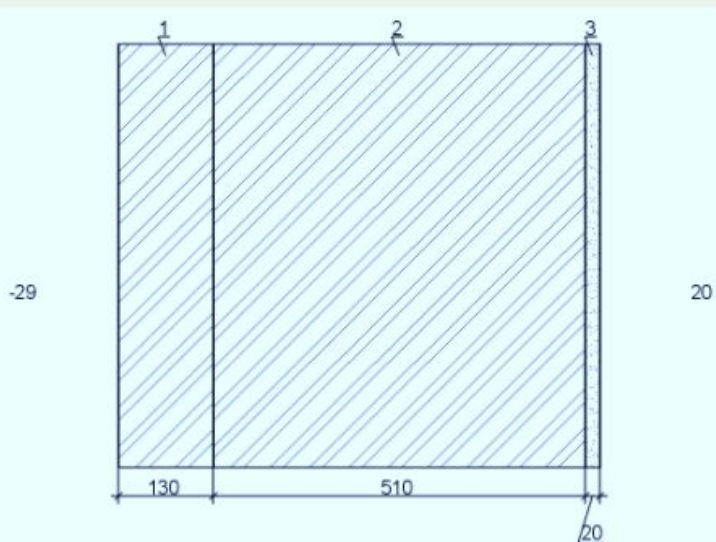


# Результаты теплотехнического расчета:

## Вариант №1

№	Название материала(от наружного слоя к внутреннему)	$\delta$ ,мм	$\lambda_A$ Вт/(м°С)	$\lambda_B$ Вт/(м°С)	$\mu$ мг/ (м·ч·Па)
1	Кладка из керамического пустотного кирпича ГОСТ 530( $\rho=1100$ кг/м.куб)	130	0.47	0.52	0.17
2	Кладка из камней POROTHERM 2НФ	510	0.19	0.26	0.14
3	Раствор цементно-песчаный	20	0.76	0.93	0.09

$R_0^{пр} > R_0^{норм}$  (2.15 > 2.01) конструкция соответствует требованиям по теплопередаче

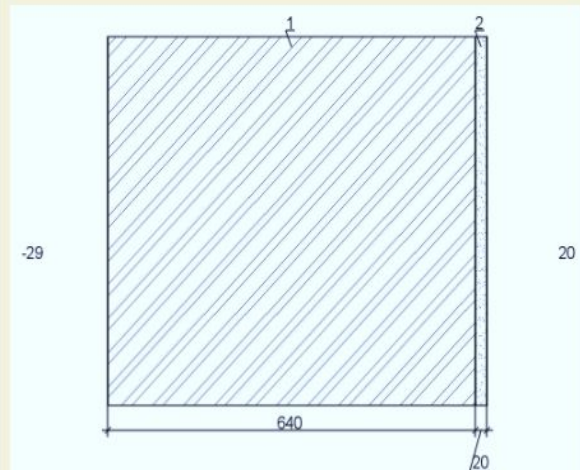


Влажностный режим помещения: нормальный  
 Расчетная температура наружного воздуха:  $t_H = -29^\circ\text{C}$   
 Продолжительность отопительного периода:  $z_{от} = 216$  сут  
 Средняя температура наружного воздуха:  $t_{ов} = -3.6^\circ\text{C}$   
 ГСОП = 5097.6°С·сут  
 $a = 0.00035$ ,  $b = 1.4$   
 $a_{ext} = 23$   
 $a_{int} = 8.7$   
 Зона влажности-Нормальная  
 Условия эксплуатации Б

Но, так как в кладке имеются сплошные ряды из керамического кирпича, то делаем проверку для данного варианта.

№	Название материала(от наружного слоя к внутреннему)	$\delta, \text{мм}$	$\lambda_A$ Вт/(м°С)	$\lambda_B$ Вт/(м°С)	$\mu \text{мг}/$ $(\text{м} \cdot \text{ч} \cdot \text{Па})$
1	Кладка из керамического пустотного кирпича ГОСТ 530( $\rho=1100 \text{кг}/\text{м.куб}$ )	640	0.47	0.52	0.17
2	Раствор цементно-песчаный	20	0.76	0.93	0.09

$R_0^{пр} < R_0^{норм}$  (1.34 < 2.01) конструкция не соответствует требованиям по теплопередаче



Влажный режим помещения: нормальный

Расчетная температура наружного воздуха:  $t_n = -29^\circ\text{C}$

Продолжительность отопительного периода:  $z_{от} = 216 \text{сут}$

Средняя температура наружного воздуха:  $t_{ов} = -3.6^\circ\text{C}$

ГСОП =  $5097.6^\circ\text{C} \cdot \text{сут}$

$a = 0.00035$ ,  $b = 1.4$

$a_{ext} = 23$

$a_{int} = 8.7$

Зона влажности-Нормальная

Условия эксплуатации Б

В данном случае конструктивный вариант наружной стены не соответствует требованиям по теплопередаче и на стыки фрагментов возможно образование мостиков холода.



## Выполняем расчет как для многослойной конструкции:

В кладке повторяется фрагмент с шагом 400 мм по высоте.

$$0,12*0,3+0,09*0,64=0,0936 \text{ - площадь кирпича;}$$

$$0,52*0,3=0,156 \text{ - площадь камня;}$$

$$0,64*0,4=0,256 \text{ - площадь фрагмента;}$$

$$0,256-100\% \text{ x} = 0,0936*100/0,256=36,6\%$$

Получается в стене 36,6% - кирпич пустотелый,

$$100-36,6=63,4 \text{ \% - камень керамический.}$$

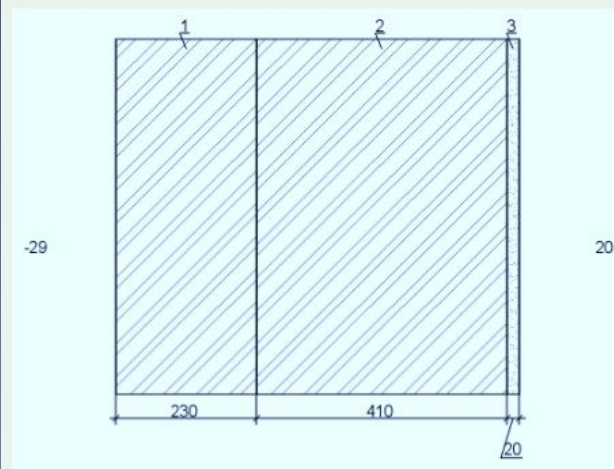
В расчет будем закладывать:

$$0,64*0,634=0,410\text{м} \text{ - толщина стены из камня;}$$

$$0,64*0,366=0,23\text{м} \text{ - толщина стены из кирпича.}$$

№	Название материала(от наружного слоя к внутреннему)	$\delta, \text{мм}$	$\lambda_A$ Вт/( $^{\circ}\text{C}$ )	$\lambda_B$ Вт/( $^{\circ}\text{C}$ )	$\mu \text{мг}/$ ( $\text{м} \cdot \text{ч} \cdot \text{Па}$ )
1	Кладка из керамического пустотного кирпича ГОСТ 530( $\rho=1100\text{кг/м.куб}$ )	230	0.47	0.52	0.17
2	Кладка из камней POROTHERM 2НФ	410	0.19	0.26	0.14
3	Раствор цементно-песчаный	20	0.76	0.93	0.09

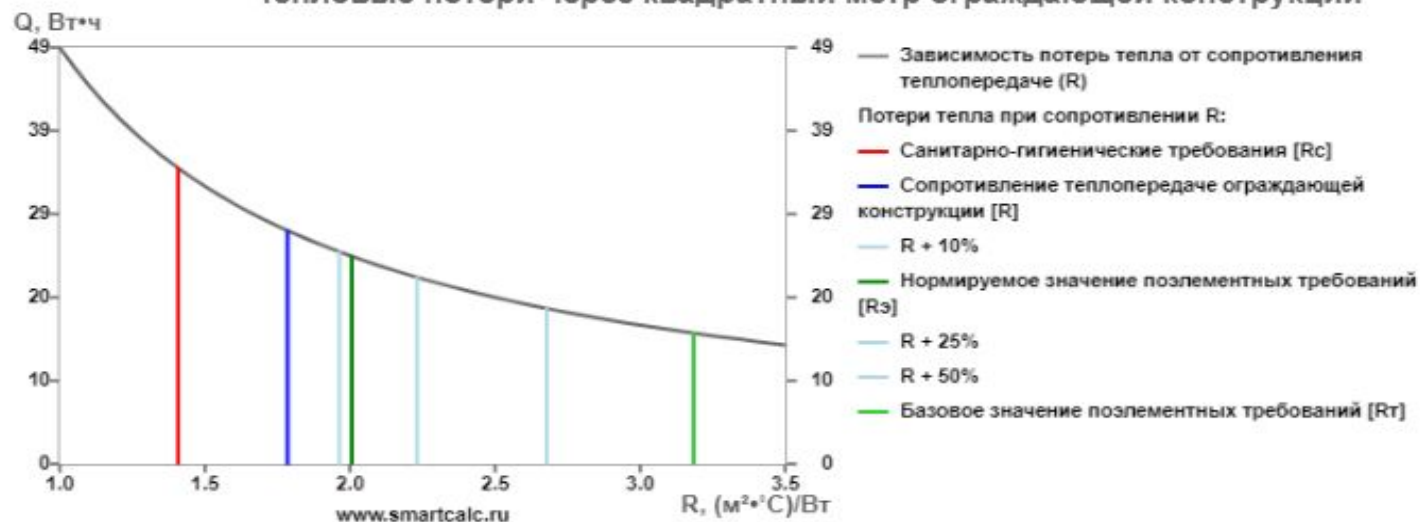
$R_0^{пр} > R_0^{норм}$  ( $2.09 > 2.01$ ) конструкция соответствует требованиям по теплопередаче



Влажностный режим помещения: нормальный  
 Расчетная температура наружного воздуха:  $t_n = -29^{\circ}\text{C}$   
 Продолжительность отопительного периода:  $z_{от} = 216 \text{сут}$   
 Средняя температура наружного воздуха:  $t_{ог} = -3.6^{\circ}\text{C}$   
 ГСОП =  $5097.6^{\circ}\text{C} \cdot \text{сут}$   
 $a = 0.00035$ ,  $b = 1.4$   
 $a_{ext} = 23$   
 $a_{int} = 8.7$   
 Зона влажности-Нормальная  
 Условия эксплуатации Б

**Как видно из выполненных расчетов, конструктивное решение наружной стены в основном объеме соответствует требованиям теплопередачи, но запас минимальный.**

## Тепловые потери через квадратный метр ограждающей конструкции



Загрузить график

Потери тепла через 1 м<sup>2</sup> за один час при сопротивлении теплопередаче (Вт·ч)

Сопротивление теплопередаче	R	±R, %	Q	±Q, Вт·ч
Санитарно-гигиенические требования [Rc]	1.41	-21.12	34.80	7.35
Нормируемое значение поэлементных требований [Rз]	2.01	12.39	24.43	-3.03
Базовое значение поэлементных требований [Rт]	3.18	78.39	15.39	-12.06
Сопротивление теплопередаче ограждающей конструкции [R]	1.78	0.00	27.45	0.00
R + 10%	1.96	10.00	24.96	-2.50
R + 25%	2.23	25.00	21.96	-5.49
R + 50%	2.68	50.00	18.30	-9.15
R + 100%	3.57	100.00	13.73	-13.73

Потери тепла через 1 м<sup>2</sup> за отопительный сезон

68.54 кВт·ч

Потери тепла через 1 м<sup>2</sup> за 1 час при температуре самой холодной пятидневки

27.45 Вт·ч

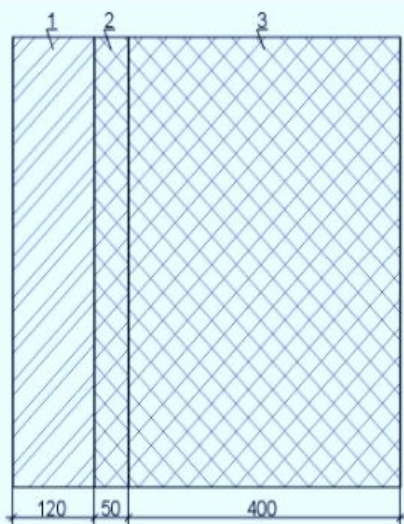


# Результаты теплотехнического расчета:

## Вариант №2

№	Название материала(от наружного слоя к внутреннему)	$\delta$ ,мм	$\lambda_A$ Вт/(м°С)	$\lambda_B$ Вт/(м°С)	$\mu$ г/ (м·ч·Па)
1	Кладка из силикатного кирпича (ГОСТ 379) на ц.-п. р-ре	120	0.76	0.87	0.11
2	KNAUF Therm Floor	50	0.031	0.033	0.021
3	Газосиликат ( $\rho=600$ кг/м.куб)	400	0.22	0.26	0.17

$R_0^{np} > R_0^{norm}$  (2.85 > 2.01) конструкция соответствует требованиям по теплопередаче



Влажностный режим помещения: нормальный

Расчетная температура наружного воздуха:  $t_n = -29^\circ\text{C}$

Продолжительность отопительного периода:  $z_{от} = 216$ сут

Средняя температура наружного воздуха:  $t_{об} = -3.6^\circ\text{C}$

ГСОП =  $5097.6^\circ\text{C}\cdot\text{сут}$

$a = 0.00035$ ,  $b = 1.4$

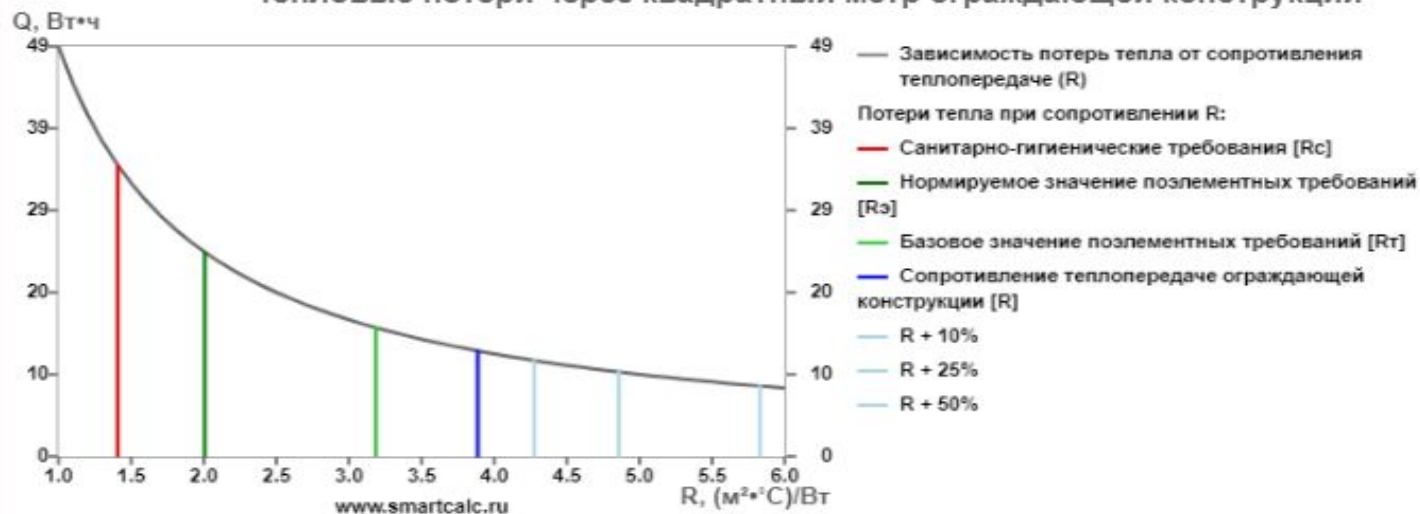
$a_{ext} = 23$

$a_{int} = 8.7$

Зона влажности-Нормальная

Условия эксплуатации Б

## Тепловые потери через квадратный метр ограждающей конструкции



Загрузить график

Потери тепла через 1 м<sup>2</sup> за один час при сопротивлении теплопередаче (Вт·ч)

Сопротивление теплопередаче	R	±R, %	Q	±Q, Вт·ч
Санитарно-гигиенические требования [Rc]	1.41	-63.78	34.80	22.19
Нормируемое значение поэлементных требований [Rн]	2.01	-48.39	24.43	11.82
Базовое значение поэлементных требований [Rб]	3.18	-18.08	15.39	2.78
Сопротивление теплопередаче ограждающей конструкции [Rт]	3.89	0.00	12.61	0.00
R + 10%	4.28	10.00	11.46	-1.15
R + 25%	4.86	25.00	10.08	-2.52
R + 50%	5.83	50.00	8.40	-4.20
R + 100%	7.77	100.00	6.30	-6.30

Потери тепла через 1 м<sup>2</sup> за отопительный сезон

31.47 кВт·ч

Потери тепла через 1 м<sup>2</sup> за 1 час при температуре самой холодной пятидневки

12.61 Вт·ч

## Полученные результаты расчетов сводим в таблицу

Конструктивное решение наружной стены	Приведенное сопротивление теплопередаче $R_0^{пр}$ , (м <sup>2</sup> °С/Вт)	Потери тепла через 1 м <sup>2</sup> за отопительный период, кВт*час
Стена из крупноформатного керамического камня с облицовкой пустотелым керамическим кирпичом	2,09	68,54
Стена из газосиликата с облицовкой из силикатного кирпича с утеплением из пенополистирола	2,85	31,47

# ВЫВОДЫ

1. Показатель теплотерь наружных стен многоэтажных жилых домов значительно выше, чем теплотери для 4-х этажного дома. Таким образом, расходы на отопление 1 м<sup>2</sup> общей площади 8-9 этажных домов будут больше в 2,18 раза, чем для 4-х этажного дома.
2. Окончательный вывод об энергоэффективности конструктивного решения можно сделать только выполнив полный анализ ограждающих конструкций – окон, наружных дверей, покрытия и перекрытия цокольного этажа. А также выполнив экономические расчеты по стоимости 1 м<sup>3</sup> возводимого здания.



Спасибо за внимание!