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 исчерпанием запасов традиционных источников энергии и что послужило естественным толчком для рационального использования энергоресурсов, для поиска решений, ведущих к их экономии.

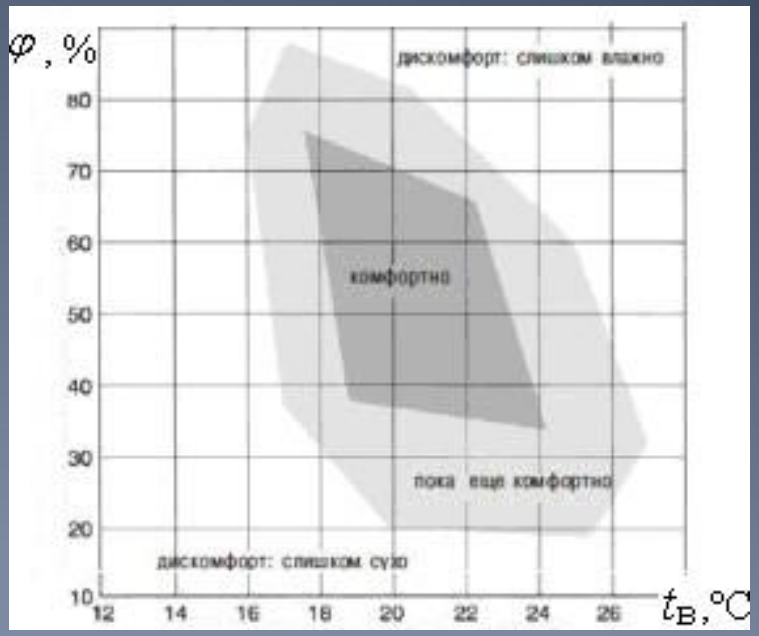
Научно-техническая и промышленная революции прошлого столетия привели к созданию огромного количества предприятий и различных форм производства, для работы которых необходимы миллионы тонн условного топлива. При этом следует учитывать постоянный рост объектов производства, а следовательно и потребляемой 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°С,
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

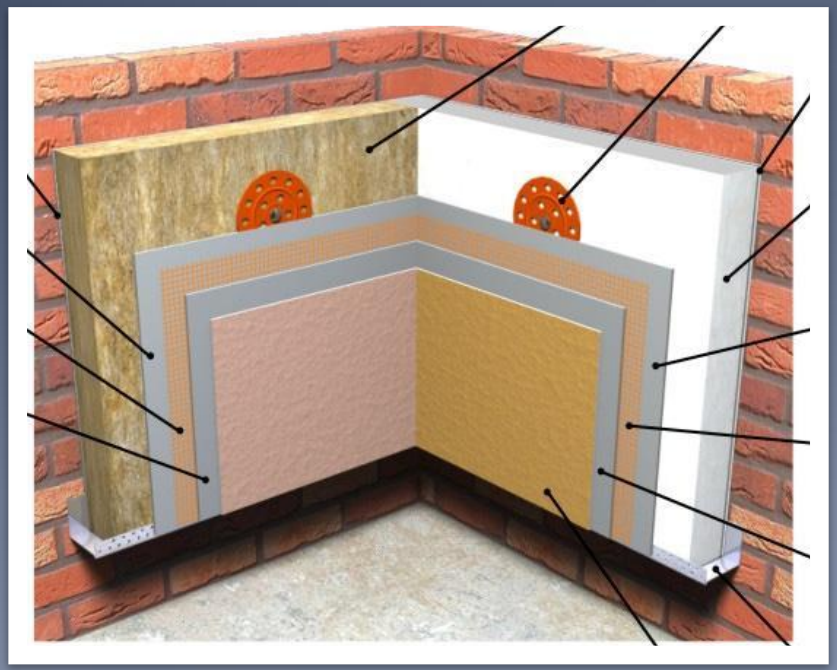
В последние годы в России уделяется всё больше внимания вопросу экономии энергоресурсов. Несмотря на отдельные успехи в некоторых отраслях промышленности, в целом мы существенно отстаём в этом от достижений стран Запада и Америки. Согласно, расход электрической энергии на 1 доллар валового продукта составляет 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%.

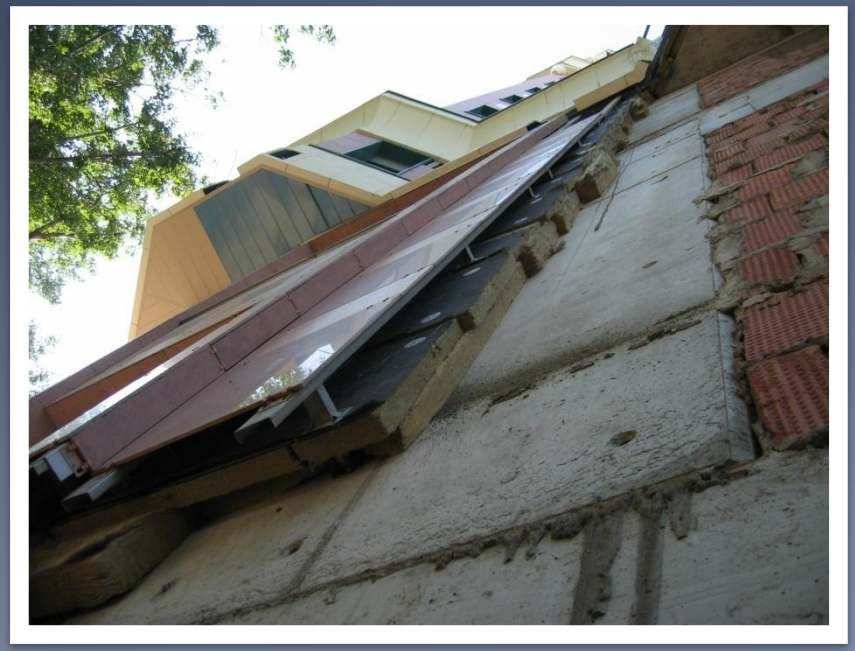
Основные конструкции стен с повышенным уровнем теплозащиты, применяемые в современном строительстве

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.

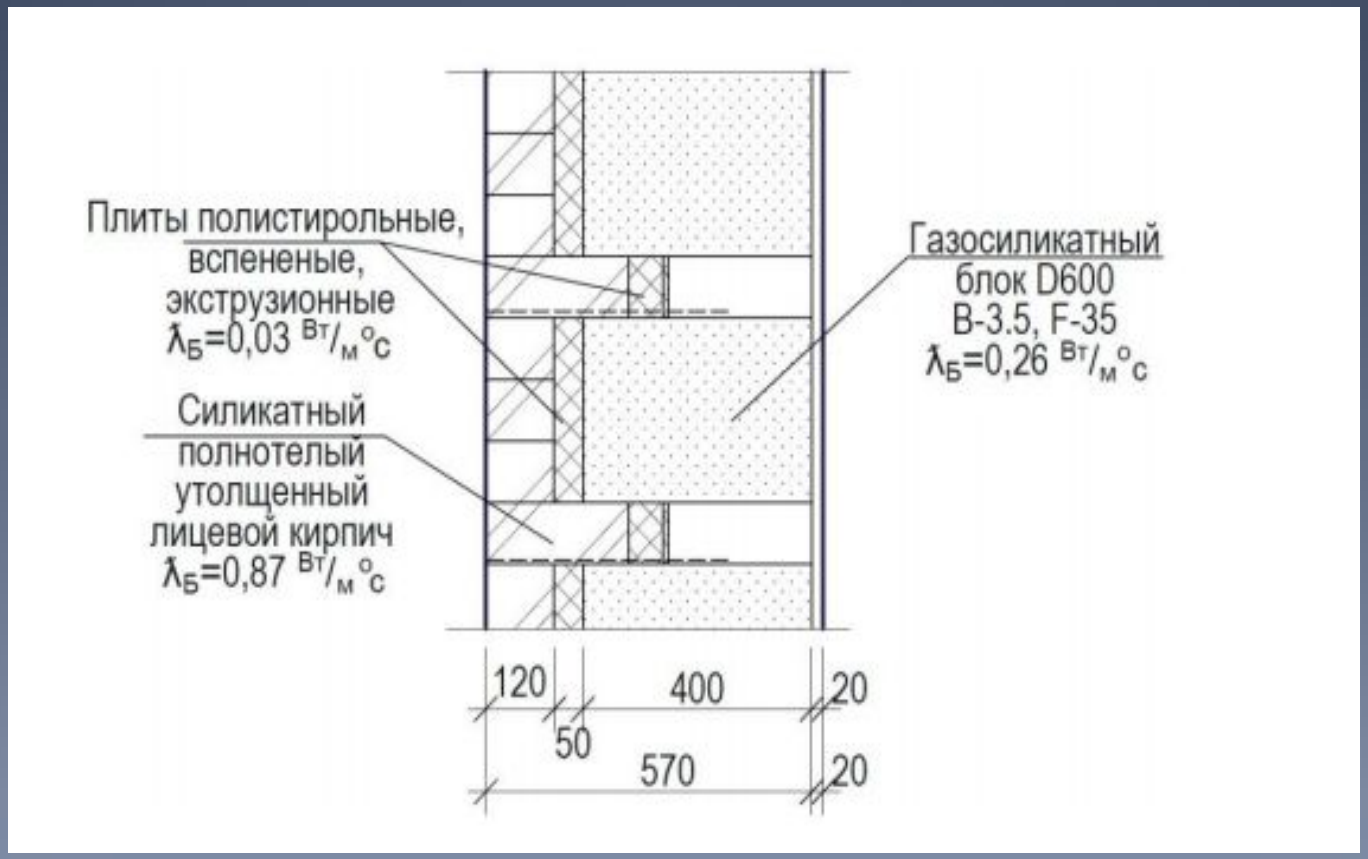
Срок, в течение которого должно обеспечиваться требования энергетической эффективности: до проведения капитального ремонта - 50 лет.

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.

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

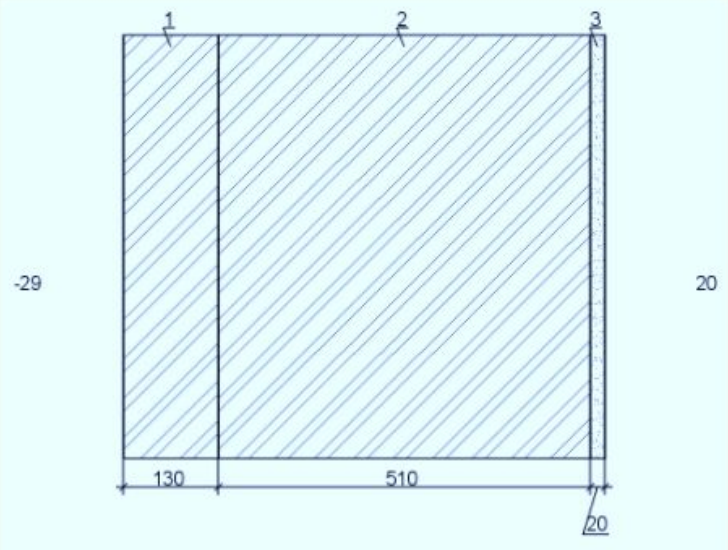


Результаты теплотехнического расчета:

Вариант №1

№	Название материала(от наружного слоя к внутреннему)	δ,мм	$\lambda_А$ Вт/(м°С)	$\lambda_Б$ Вт/(м°С)	μмг/(м·ч·Па)
1	Кладка из керамического пустотного кирпича ГОСТ 530(р=1100кг/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: $t_н$=-29°С

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

Средняя температура наружного воздуха: $t_{ов}$=-3.6°С

ГСОП =5097.6°С·сут

a=0.00035, b=1.4

a_{ext}=23

a_{int}=8.7

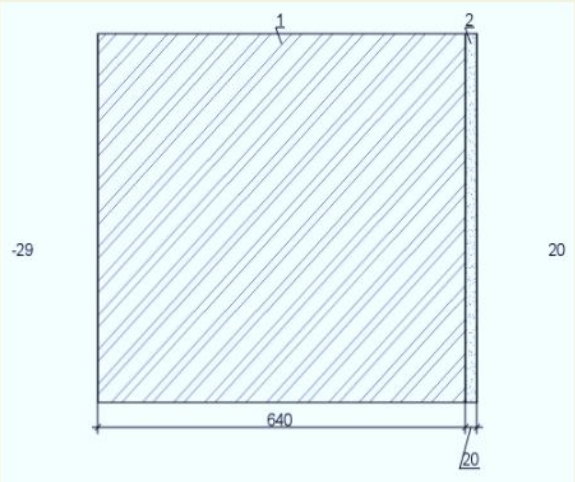
Зона влажности-Нормальная

Условия эксплуататции 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)	δ,мм	$\lambda_А$ Вт/(м°С)	$\lambda_Б$ Вт/(м°С)	μмг/(м·ч·Па)
1	Кладка из керамического пустотного кирпича ГОСТ 530(р=1100кг/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



Влажностный режим помещения: нормальный

Расчетная температура наружного воздуха: $t_н$=-29°С

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

Средняя температура наружного воздуха: $t_{ов}$=-3.6°С

ГСОП =5097.6°С·сут

a=0.00035, b=1.4

a_{ext}=23

a_{int}=8.7

Зона влажности-Нормальная

Условия эксплуататции 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:

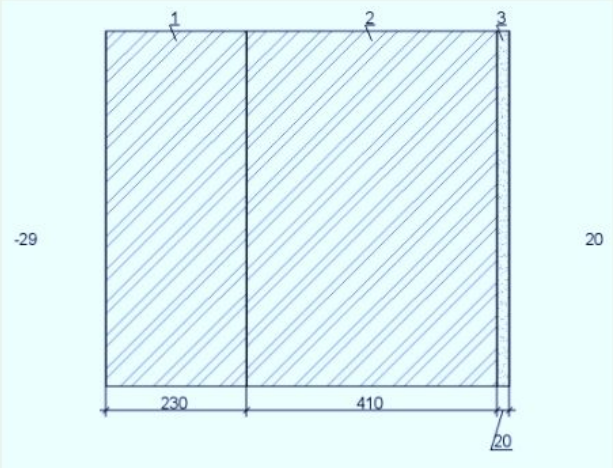
В кладке повторяется фрагмент с шагом 400 мм по высоте.
0,12*0,3+0,09*0,64=0,0936 - площадь кирпича;
0,52*0,3=0,156 - площадь камня;
0,64*0,4=0,256 - площадь фрагмента;
0,256-100% x= 0,0936*100/0,256=36,6%

Получается в стене 36,6% - кирпич пустотелый,
100-36,6=63,4 %- камень керамический.

В расчет будем закладывать:
0,64*,0634=0,410м – толщина стены из камня;
0,64*0,366=0,23м - толщина стены из кирпича.

№	Название материала(от наружного слоя к внутреннему)	δ,мм	$\lambda_А$ Вт/(м°С)	$\lambda_Б$ Вт/(м°С)	μмг/ (м·ч·Па)
1	Кладка из керамического пустотного кирпича ГОСТ 530(р=1100кг/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: $t_н$=-29°С

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

Средняя температура наружного воздуха: $t_{ов}$=-3.6°С

ГСОП =5097.6°С·сут

a=0.00035, b=1.4

a_{ext}=23

a_{int}=8.7

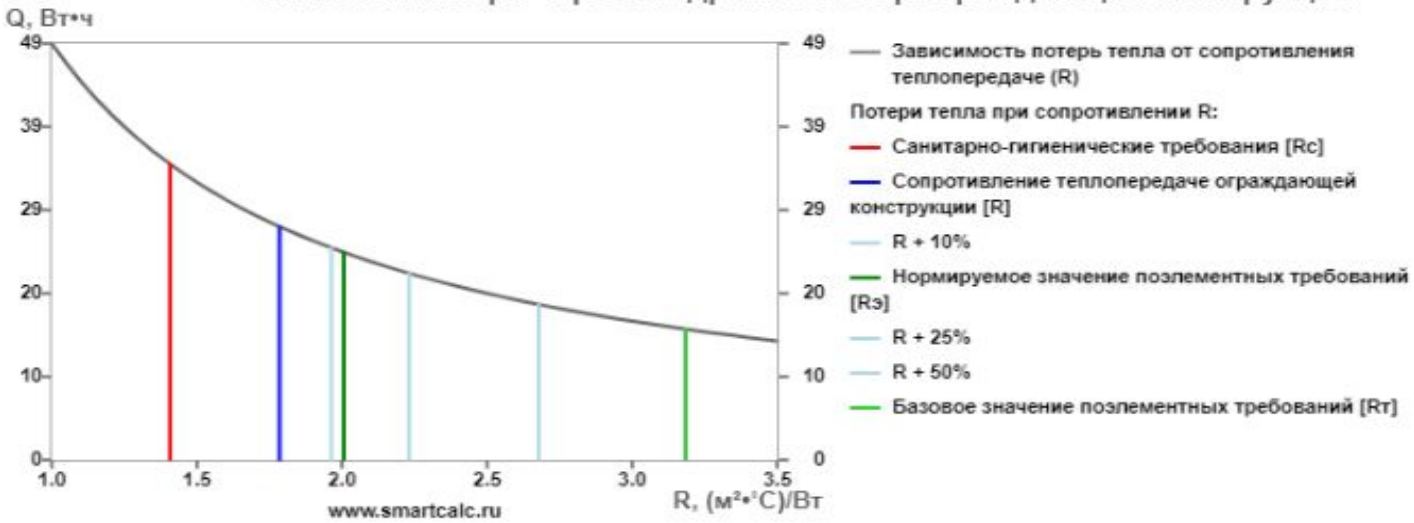
Зона влажности-Нормальная

Условия эксплуататции Б

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

Тепловая защита | Влагонакопление | Тепловые потери

Тепловые потери через квадратный метр ограждающей конструкции



Загрузить график

Потери тепла через 1 м² 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 [Rэ]	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

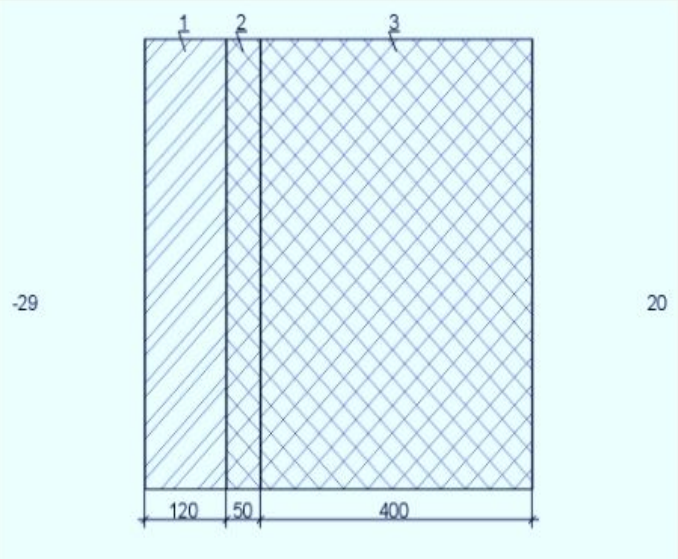
Потери тепла через 1 м² за отопительный сезон	**68.54**	кВт•ч
Потери тепла через 1 м² за 1 час при температуре самой холодной пятидневки	**27.45**	Вт•ч

Результаты теплотехнического расчета:

Вариант №2

№	Название материала(от наружного слоя к внутреннему)	δ,мм	$\lambda_А$ Вт/(м°С)	$\lambda_Б$ Вт/(м°С)	μмг/(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 (р=600кг/м.куб)	400	0.22	0.26	0.17

$R_0^{пр}>R_0^{норм}$ (2.85>2.01) конструкция соответствует требованиям по теплопередаче



Влажностный режим помещения: нормальный

Расчетная температура наружного воздуха: $t_н$=-29°С

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

Средняя температура наружного воздуха: $t_{ов}$=-3.6°С

ГСОП =5097.6°С·сут

a=0.00035, b=1.4

a_{ext}=23

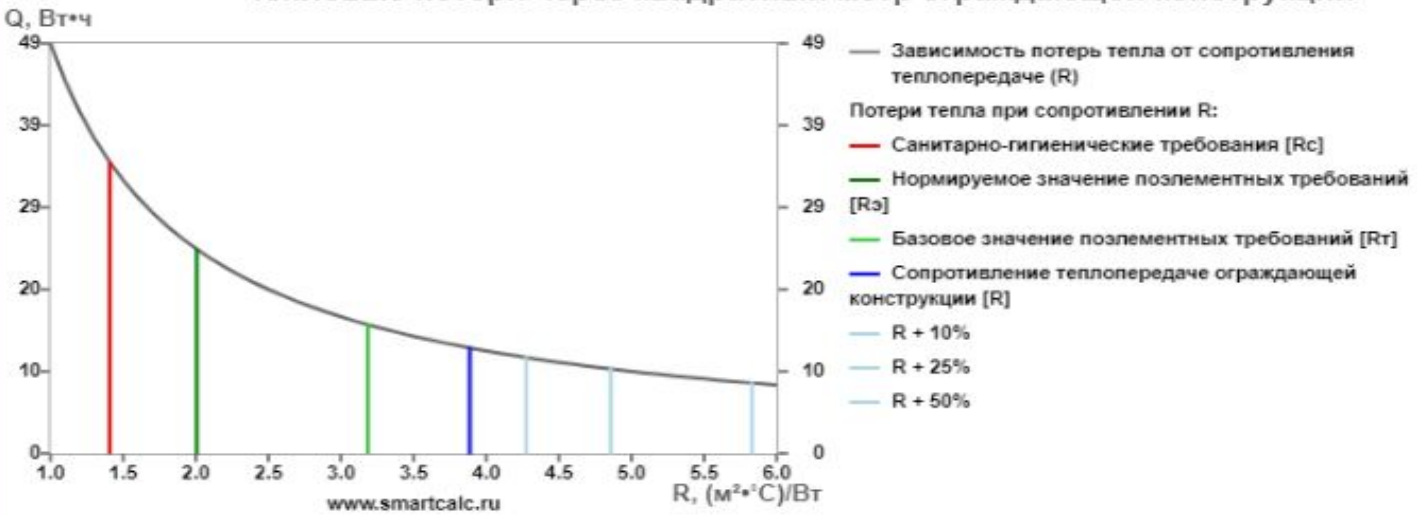
a_{int}=8.7

Зона влажности-Нормальная

Условия эксплуататции Б

Тепловая защита | Влагонакопление | Тепловые потери

Тепловые потери через квадратный метр ограждающей конструкции



Загрузить график

Потери тепла через 1 м² 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 [Rэ]	2.01	-48.39	24.43	11.82
Базовое значение поэлементных требований [Rт]	3.18	-18.08	15.39	2.78
Сопротивление теплопередаче ограждающей конструкции [R]	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 м² за отопительный сезон **31.47** кВт•ч

Потери тепла через 1 м² 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 $R_0^{пр}$, ($м^2°С/Вт$)	Потери тепла через 1 $м^2$ 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 теплопотерь наружных стен многоэтажных жилых домов значительно выше, чем теплопотери для 4-х этажного дома. Таким образом, расходы на отопление 1 м2 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 м3 возводимого здания.

Спасибо за внимание!