

Как рассчитывается тепловая нагрузка на систему отопления здания



Предположим, вам захотелось самостоятельно [подобрать котел](#), радиаторы и трубы отопительной системы частного дома. Задача №1 – сделать расчет тепловой нагрузки на отопление, проще говоря, определить общий расход теплоты, необходимой для прогрева здания до комфортной температуры внутри помещений.

Предлагаем изучить 3 расчетных методики – разные по сложности и точности результатов.

План работы:

- 1 Способы определения нагрузки
- 2 Для примера – проект одноэтажного дома 100 м²
- 3 Считаем расход теплоты по квадратуре
- 4 Вычисление тепловой нагрузки по объему комнат
- 5 Расчетный алгоритм согласно СНиП
 - 5.1 Определяем теплопотери стен и крыши
 - 5.2 Деление пола на зоны
 - 5.3 Нагрев вентиляционного воздуха
 - 5.4 Окончательный расчет
- 6 Как воспользоваться результатами вычислений

Способы определения нагрузки

- Сначала поясним значение термина. Тепловая нагрузка – это общее количество теплоты, расходуемое системой отопления на обогрев помещений до нормативной температуры в наиболее холодный период. Величина исчисляется единицами энергии – киловаттами, килокалориями (реже – килоджоулями) и обозначается в формулах латинской буквой Q.

Зная нагрузку на отопление частного дома в целом и потребность каждого помещения в частности, нетрудно подобрать котел, обогреватели и батареи водяной системы по мощности. Как можно

рассчитать данный параметр:

- Если высота потолков не достигает 3 м, производится укрупненный расчет по площади отапливаемых комнат.
- При высоте перекрытий 3 м и более расход тепла считается по объему помещений.
- Подсчитать теплопотери через внешние ограждения и затраты на подогрев вентиляционного воздуха согласно СНиП.

Примечание. В последние годы широкую популярность обрели онлайн-калькуляторы, размещаемые на страницах различных интернет-ресурсов. С их помощью определение количества тепловой энергии выполняется быстро и не требует дополнительных инструкций. Минус – достоверность результатов нужно проверять – ведь программы пишут люди, не являющиеся теплотехниками.

Фото здания, сделанное с помощью тепловизора



Две первые расчетные методики основаны на применении удельной тепловой характеристики по отношению к обогреваемой площади либо объему здания. Алгоритм простой, используется повсеместно, но дает весьма приближенные результаты и не учитывает степень утепления коттеджа.

Считать расход тепловой энергии по СНиП, как делают инженеры – проектировщики, гораздо сложнее. Придется собрать множество справочных данных и потрудиться над вычислениями, зато конечные цифры отразят реальную картину с точностью 95%. Мы постараемся упростить методику и сделать расчет нагрузки на отопление максимально доступным для понимания.

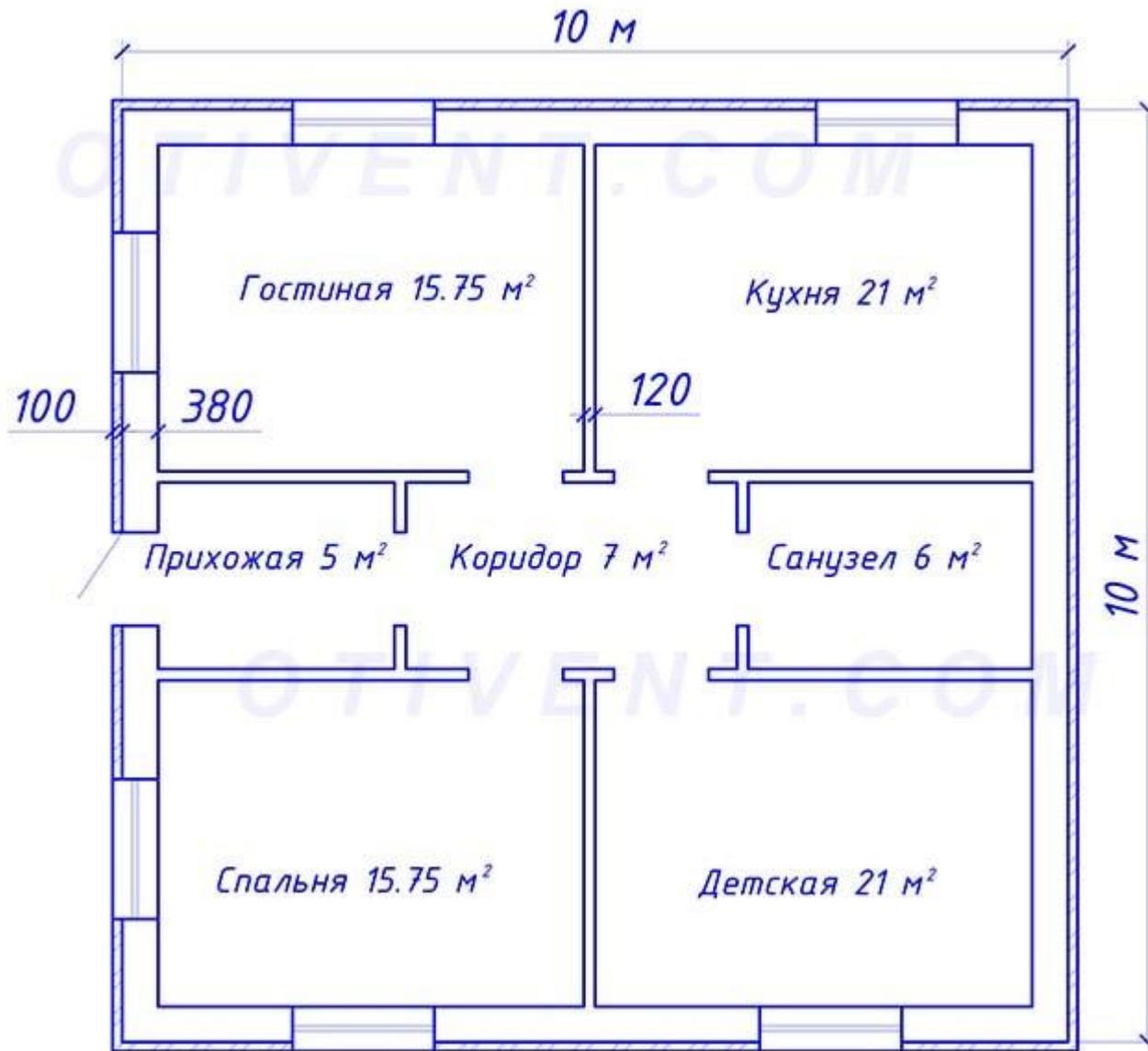
Для примера – проект одноэтажного дома 100 м²

Чтобы доходчиво пояснить все способы определения количества тепловой энергии, предлагаем взять в качестве примера одноэтажный дом общей площадью 100 квадратов (по наружному обмеру), показанный на чертеже. Перечислим технические

характеристики здания:

- регион постройки – полоса умеренного климата (Минск, Москва);
- толщина внешних ограждений – 38 см, материал – силикатный кирпич;
- наружное утепление стен – пенопласт толщиной 100 мм, плотность – 25 кг/м³;
- полы – бетонные на грунте, подвал отсутствует;
- перекрытие – ж/б плиты, утепленные со стороны холодного чердака пенопластом 10 см;
- окна – стандартные металлопластиковые на 2 стекла, размер – 1500 x 1570 мм (h);
- входная дверь – металлическая 100 x 200 см, изнутри утеплена экструдированным пенополистиролом 20 мм.

В коттедже устроены межкомнатные перегородки в полкирпича (12 см), котельная располагается в отдельно стоящей постройке. Площади комнат обозначены на чертеже, высоту потолков будем принимать в зависимости от поясняемой расчетной методики – 2.8 либо 3 м.



Считаем расход теплоты по квадратуре

- Для приблизительной прикидки отопительной нагрузки обычно используется простейший тепловой расчет: берется площадь здания по наружному обмеру и умножается на 100 Вт. Соответственно, потребление тепла дачным домиком 100 м² составит 10000 Вт или 10 кВт. Результат позволяет подобрать котел с коэффициентом запаса 1.2—1.3, в данном случае мощность агрегата принимается равной 12.5 кВт.

Мы предлагаем выполнить более точные вычисления, учитывающие расположение комнат, количество окон и регион застройки.

Итак, при высоте потолков до 3 м рекомендуется использовать следующую формулу:

$$Q = \sum S_{\text{пом}} q * k$$

Расчет ведется для каждого помещения отдельно, затем результаты суммируются и умножаются на региональный коэффициент. Расшифровка обозначений формулы:

Q – искомая величина нагрузки, Вт;

S_{пом} – квадратура комнаты, м²;

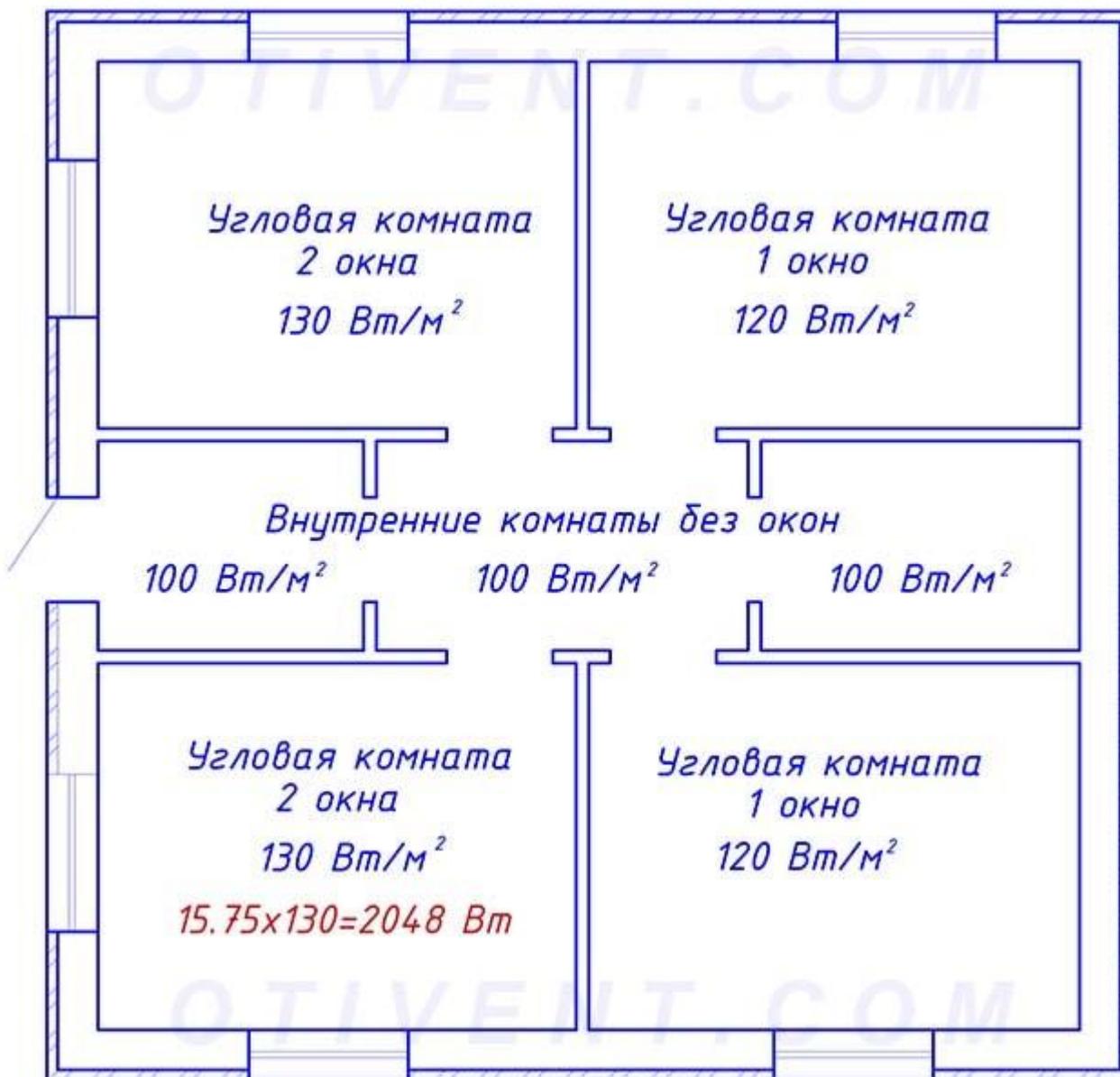
q – показатель удельной тепловой характеристики, отнесенный к площади помещения, Вт/м²;

k – коэффициент, учитывающий климат в районе проживания.

Для справки. Если частный дом расположен в полосе умеренного климата, коэффициент k принимается равным единице. В южных регионах $k = 0.7$, в северных применяются значения 1.5—2.

В приближенном подсчете по общей квадратуре показатель $q = 100 \text{ Вт/м}^2$. Подобный подход не учитывает расположение комнат и разное количество световых проемов. Коридор, находящийся внутри коттеджа, потеряет гораздо меньше тепла, чем угловая спальня с окнами той же площади. Мы предлагаем принимать величину удельной тепловой характеристики q следующим образом:

- для помещений с одной наружной стеной и окном (или дверью) $q = 100 \text{ Вт/м}^2$;
- угловые комнаты с одним световым проемом – 120 Вт/м^2 ;
- то же, с двумя окнами – 130 Вт/м^2 .



Как правильно подобрать значение q ,
наглядно показано на плане здания.
Для нашего примера расчет выглядит
так:

$$Q = (15.75 \times 130 + 21 \times 120 + 5 \times 100 + 7 \times 100 + 6 \times 100 + 15.75 \times 130 + 21 \times 120) \times 1 = 10935 \text{ Вт} = 11 \text{ кВт}.$$

Как видите, уточненные вычисления дали другой результат – по факту на отопление конкретного домика 100 м² израсходуется на 1 кВт тепловой энергии больше. Цифра учитывает расход теплоты на подогрев наружного воздуха, проникающего в жилище сквозь проемы и стены (инфильтрацию).

Вычисление тепловой нагрузки по объему комнат

- Когда расстояние между полами и потолком достигает 3 м и более, предыдущий вариант расчета использовать нельзя – результат выйдет некорректным. В подобных случаях отопительную нагрузку принято считать по удельным укрупненным показателям расхода теплоты на 1 м³ объема помещения.

Формула и алгоритм вычислений остаются прежними, только параметр площади S меняется на объем – V :

$$Q = \sum V_{\text{пом}} q * k$$

Соответственно, принимается другой показатель удельного расхода q , отнесенный к кубатуре каждого помещения:

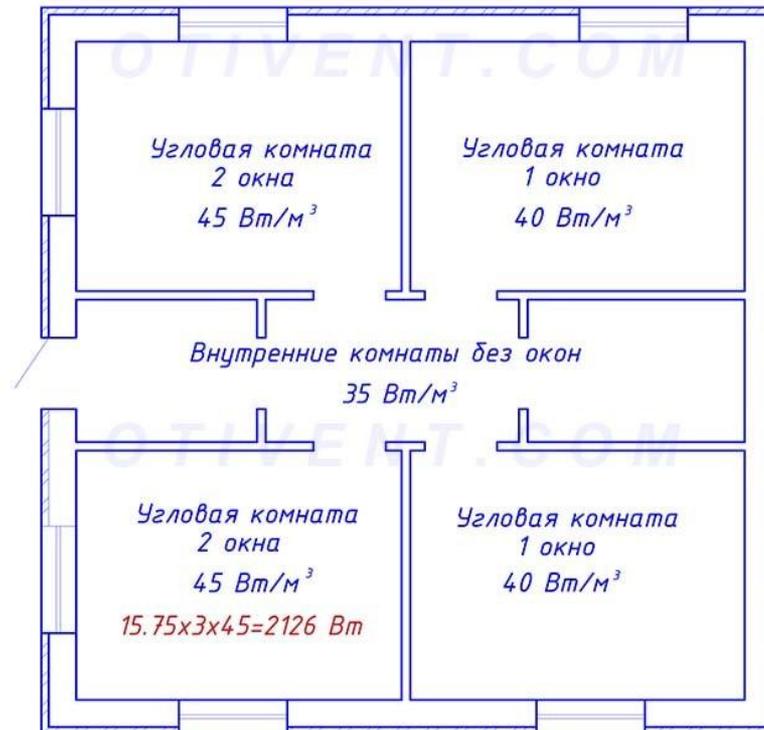
- комната внутри здания либо с одной внешней стеной и окном – 35 Вт/м³;
- помещение угловое с одним окном – 40 Вт/м³;
- то же, с двумя световыми проемами – 45 Вт/м³.

Примечание. Повышающие и понижающие региональные коэффициенты k применяются в формуле без изменений.

Теперь для примера определим нагрузку на отопление нашего коттеджа, взяв высоту потолков равной 3 м:

$$Q = (47.25 \times 45 + 63 \times 40 + 15 \times 35 + 21 \times 35 + 18 \times 35 + 47.25 \times 45 + 63 \times 40) \times 1 = 11182$$

Вт = 11.2 кВт.



Заметно, что требуемая тепловая мощность системы отопления выросла на 200 Вт по сравнению с предыдущим расчетом. Если же принять высоту комнат 2.7—2.8 м и сосчитать затраты энергии через кубатуру, то цифры получатся примерно одинаковые. То есть, способ вполне применим для укрупненного подсчета теплопотерь в помещениях любой высоты.

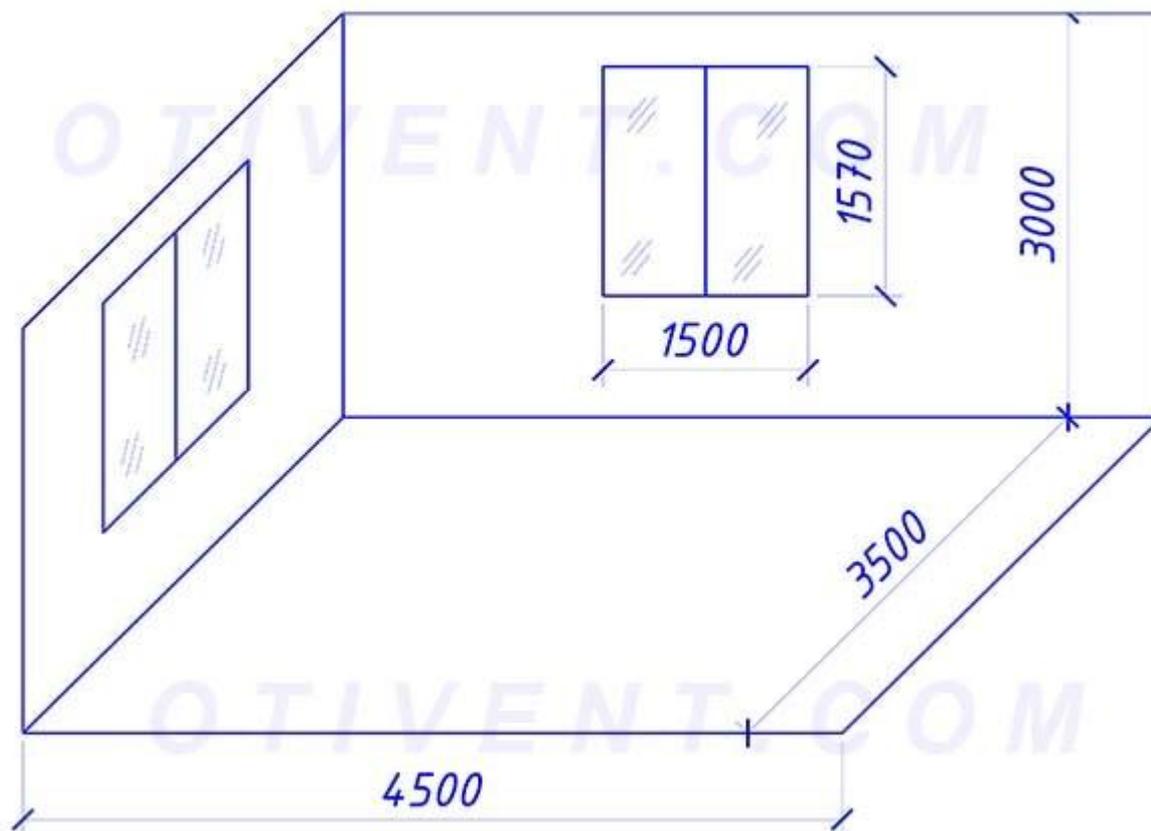
Расчетный алгоритм согласно СНиП

Данный способ – наиболее точный из всех существующих. Если вы воспользуетесь нашей инструкцией и правильно выполните расчет, можете быть уверены в результате на 100% и спокойно подбирать отопительное оборудование. Порядок

- Измерьте квадратуры внешних стен, полов и перекрытий отдельно в каждой комнате. Определите площадь окон и входных дверей.
- Рассчитайте тепловые потери через все наружные ограждения.
- Узнайте расход тепловой энергии, идущей на подогрев вентиляционного (инфильтрационного) воздуха.
- Суммируйте результаты и получите реальное значение тепловой нагрузки.

Обмер жилых комнат изнутри

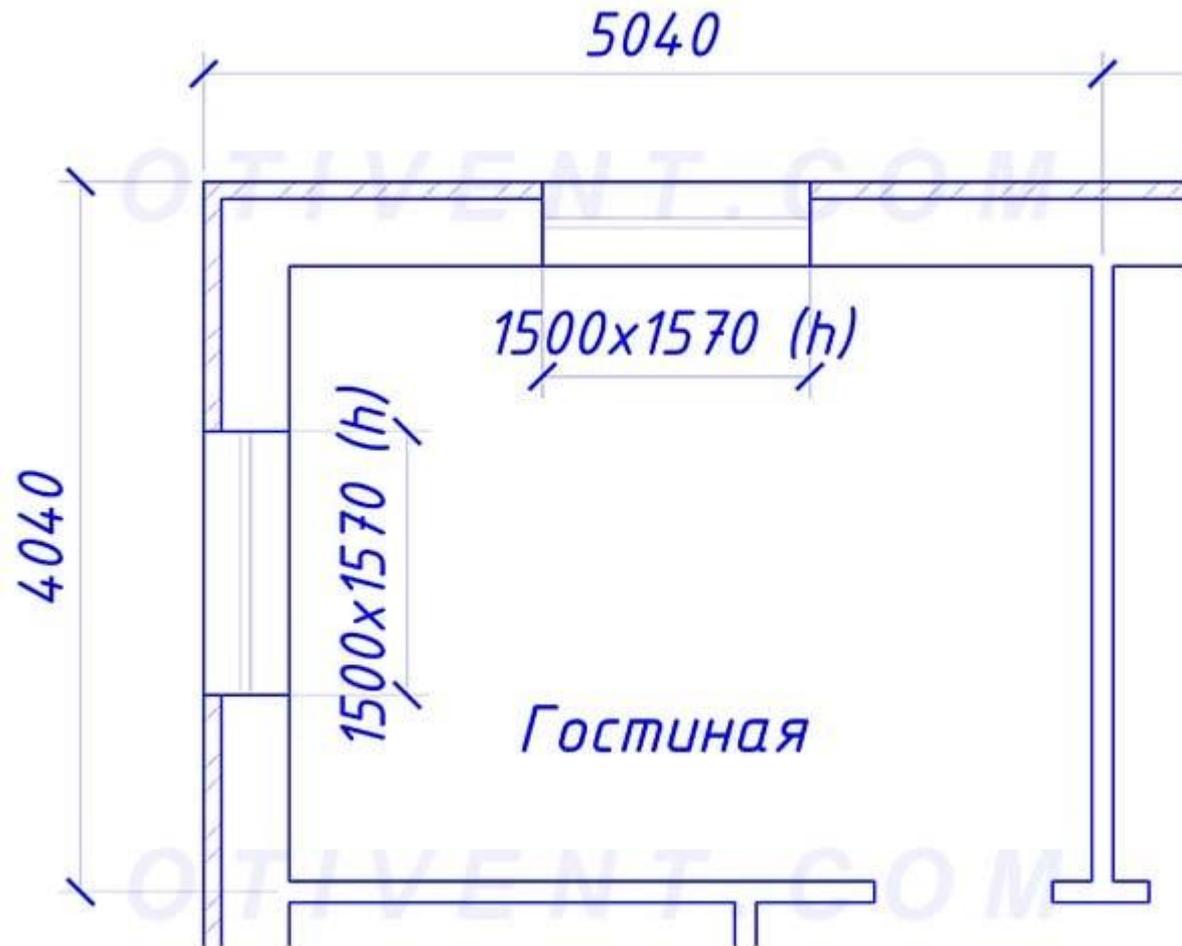
Важный момент. В двухэтажном коттедже внутренние перекрытия не учитываются, поскольку не граничат с окружающей средой.



Суть расчета тепловых потерь относительно проста: нужно выяснить, сколько энергии теряет каждая конструкция, ведь окна, стенки и полы сделаны из разных материалов. Определяя квадратуру наружных стен, вычитайте площадь остекленных проемов — последние пропускают большой тепловой поток и потому считаются отдельно.

При замере ширины комнат прибавляйте к ней половину толщины внутренней перегородки и захватывайте наружный угол, как показано на схеме. Цель – учесть полную квадратуру внешнего ограждения, теряющего тепло по всей поверхности.

При замерах нужно захватывать
угол постройки и половину
внутренней перегородки



Определяем теплопотери стен и крыши

Формула расчета теплового потока, проходящего через конструкцию одного типа (например, стену), выглядит следующим образом:

$$Q_i = 1/R * (t_{в} - t_{н}) * A$$

Расшифруем обозначения:

величину теплопотерь через одно ограждение мы обозначили Q_i , Вт;

A – квадратура стенки в пределах одного помещения, м²;

$t_{в}$ – комфортная температура внутри комнаты, обычно принимается +22 °С;

$t_{н}$ – минимальная температура уличного воздуха, которая держится в течение 5 самых холодных зимних дней (принимайте реальное значение для вашей местности);

R – сопротивление толщии наружного ограждения передаче

Коэффициенты теплопроводности для некоторых распространенных

Материал	Расчетный коэффициент теплопроводности, λ , Вт/(м ² С)
Железобетон	2,04
Бетон на гравии или щебне из природного камня	1,86
Керамзитобетон	0,92
Кирпичная кладка: из сплошного кирпича глиняного обыкновенного (ГОСТ 53080) на цементнопесчаном растворе	0,81
из керамического пустотного плотностью 1400 кг/м ³ (брутто), на цементнопесчаном растворе	0,64
из керамического пустотного плотностью 1300 кг/м ³ (брутто), на цементнопесчаном растворе	0,58
из силикатного на цементнопесчаном растворе	0,87
Пенополистирол	0,05
Плиты минераловатные	0,055

В приведенном списке остается один неопределенный параметр – R. Его значение зависит от материала стеновой конструкции и толщины ограждения. Чтобы рассчитать сопротивление теплопередаче, действуйте в

таком порядке:

1. Определите толщину несущей части внешней стены и отдельно — слоя утеплителя. Буквенное обозначение в формулах – δ , считается в метрах.
2. Узнайте из справочных таблиц коэффициенты теплопроводности конструктивных материалов λ , единицы измерения — Вт/(м^{°С}).
3. Поочередно подставьте найденные величины в формулу:

$$R = \delta_1 / \lambda_1 + \delta_2 / \lambda_2 + \dots$$

4. Определите R для каждого слоя стены по отдельности, результаты сложите, после чего используйте в первой формуле.

Вычисления повторите отдельно для окон, стен и перекрытия в пределах одной комнаты, затем переходите в следующее помещение. Потери теплоты через полы считаются отдельно, о чем рассказано ниже.

Совет. Правильные коэффициенты теплопроводности различных материалов указаны в нормативной документации. Для России это Свод Правил СП 50.13330.2012, для Украины — ДБН В.2.6–31~2006. Внимание! В расчетах используйте значение λ , прописанные в столбце «Б» для условий эксплуатации.

Данная таблица является приложением СП 50.13330.2012 «Тепловая изоляция зданий», опубликованном на [специализированном ресурсе](#)

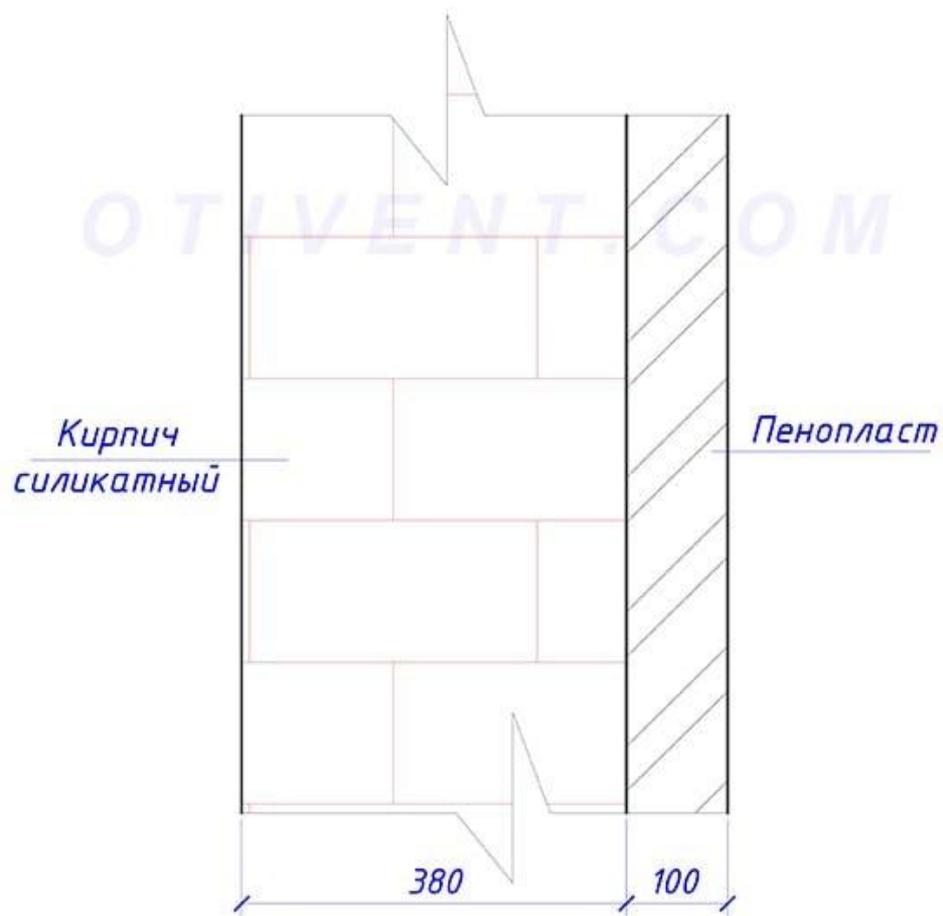
Материал	Характеристики материалов в сухом состоянии			Расчетные характеристики материалов в эксплуатации конструкций А и Б					
	плотность ρ_0 , кг/м ³	удельная теплоемкость c_0 , кДж/(кг·°С)	теплопроводность λ_0 , Вт/(м·°С)	влажность, w , %		теплопроводность λ , Вт/(м·°С)		теплоусвоение (при периоде 24 ч) s , Вт/(м ² ·°С)	
				А	Б	А	Б	А	Б
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Теплоизоляционные материалы									
1 Плиты из пенополистирола	До 10	1,34	0,049	2	10	0,052	0,059	0,23	0,28
2 То же	10-12	1,34	0,041	2	10	0,044	0,050	0,23	0,28

Пример расчета для гостиной нашего одноэтажного дома

(высота потолков 3 м):

- 1) Площадь наружных стен вместе с окнами: $(5.04 + 4.04) \times 3 = 27.24 \text{ м}^2$. Квадратура окон – $1.5 \times 1.57 \times 2 = 4.71 \text{ м}^2$. Чистая площадь ограждения: $27.24 - 4.71 = 22.53 \text{ м}^2$.
- 2) Теплопроводность λ для кладки силикатного кирпича равна $0.87 \text{ Вт}/(\text{м}^\circ\text{C})$, пенопласта $25 \text{ кг}/\text{м}^3$ – $0.044 \text{ Вт}/(\text{м}^\circ\text{C})$. Толщина – соответственно 0.38 и 0.1 м, считаем сопротивление теплопередаче: $R = 0.38 / 0.87 + 0.1 / 0.044 = 2.71 \text{ м}^2^\circ\text{C}/\text{Вт}$.
- 3) Температура наружная – минус $25 \text{ }^\circ\text{C}$, внутри гостиной – плюс $22 \text{ }^\circ\text{C}$. Разность составит $25 + 22 = 47 \text{ }^\circ\text{C}$.
- 4) Определяем теплопотери сквозь стенки гостиной:
 $Q = 1 / 2.71 \times 47 \times 22.53 = 391 \text{ Вт}$.

Стена коттеджа в разрезе



Аналогичным образом считается тепловой поток через окна и перекрытие. Термическое сопротивление светопрозрачных конструкций обычно указывает производитель, характеристики ж/б перекрытия толщиной 22 см находим в нормативной либо справочной литературе:

- R утепленного перекрытия = $0.22 / 2.04 + 0.1 / 0.044 = 2.38 \text{ м}^2\text{°С/Вт}$, теплопотери сквозь кровлю – $1 / 2.38 \times 47 \times 5.04 \times 4.04 = 402 \text{ Вт}$.
- Потери сквозь оконные проемы: $Q = 0.32 \times 47 \times 71 = 70.8 \text{ Вт}$.

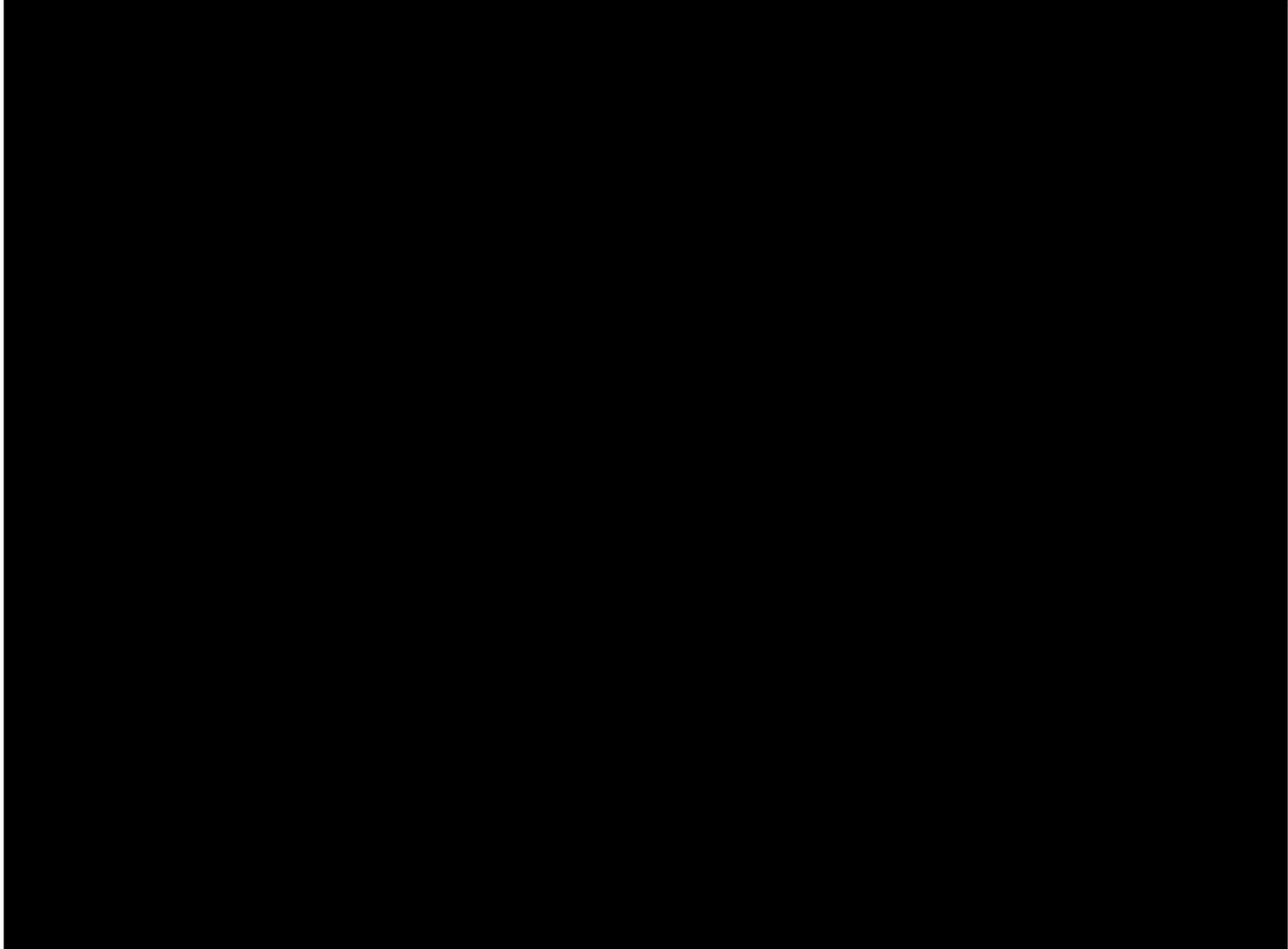
теплопроводности металлопластиковых окон. Мы взяли самый скромный

однокамерный стеклопакет

Тип стеклопакета	Формула	Толщина	Коэффициент сопротивления теплопередаче м ² С/Вт	Звукоизоляция дБА	Вес кг/м ²
Однокамерный	4-16-4	24	0,32	26	20
Двухкамерный	4-10-4-10-4	32	0,50	28	30
Однокамерный энергосберегающий	4-16-4TopN	24	0,59	26	20
Двухкамерный энергосберегающий	4-10-4-10-4TopN	32	0,77	28	30
Однокамерный энергосберегающий звукоизолирующий	4-14-6TopN	24	0,62	32	24
Двухкамерный энергосберегающий звукоизолирующий	4-10-4-8-6TopN	32	0,77	35	34

Итого теплотери в гостиной (исключая полы) составят 391 + 402 + 70.8 = 863.8 Вт. Аналогичные подсчеты ведутся по остальным комнатам, результаты суммируются.

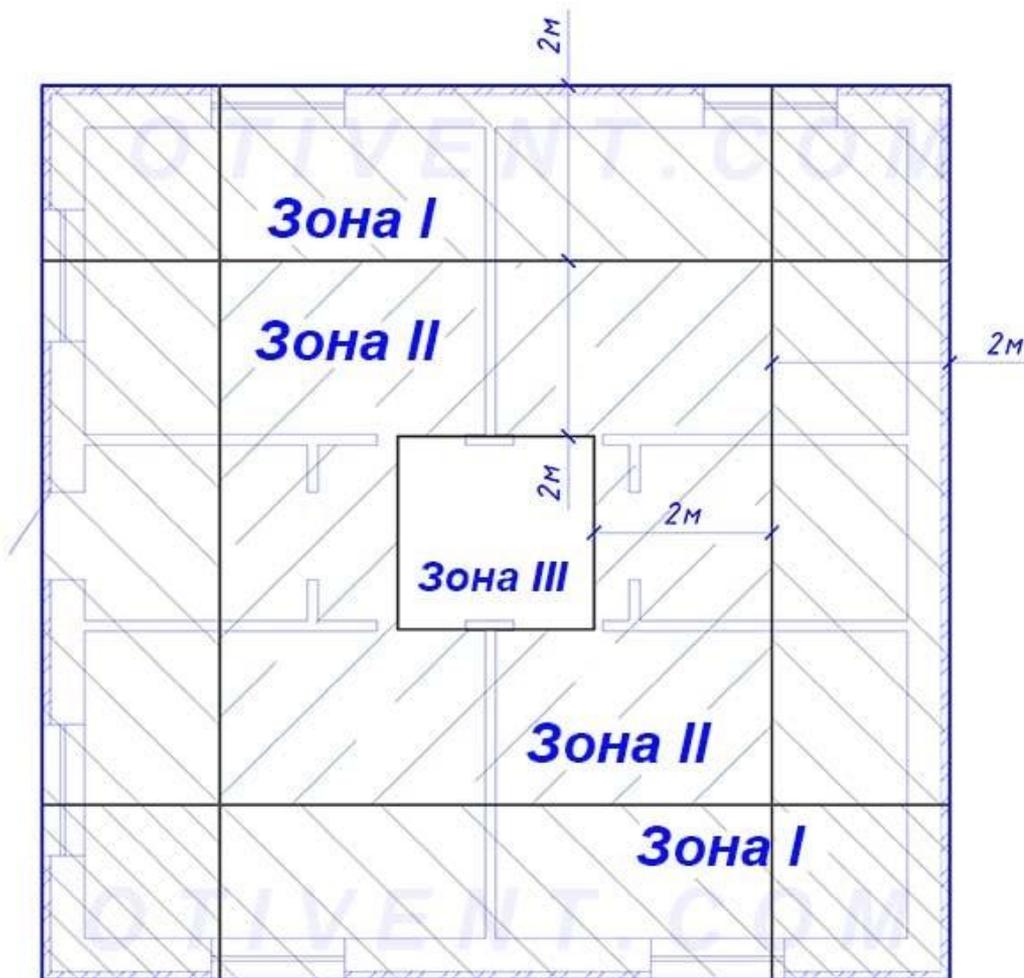
Обратите внимание: коридор внутри здания не соприкасается с наружной оболочкой и теряет тепло только через крышу и полы. Какие ограждения нужно учитывать в расчетной методике, смотрите на видео.



Деление пола на зоны

При разметке отсчет начинается от внешней поверхности здания

Чтобы выяснить количество теплоты, теряемое полами на грунте, здание в плане делится на зоны шириной 2 м, как изображено на схеме. Первая полоса начинается от внешней поверхности строительной конструкции.



Расчетный алгоритм следующий:

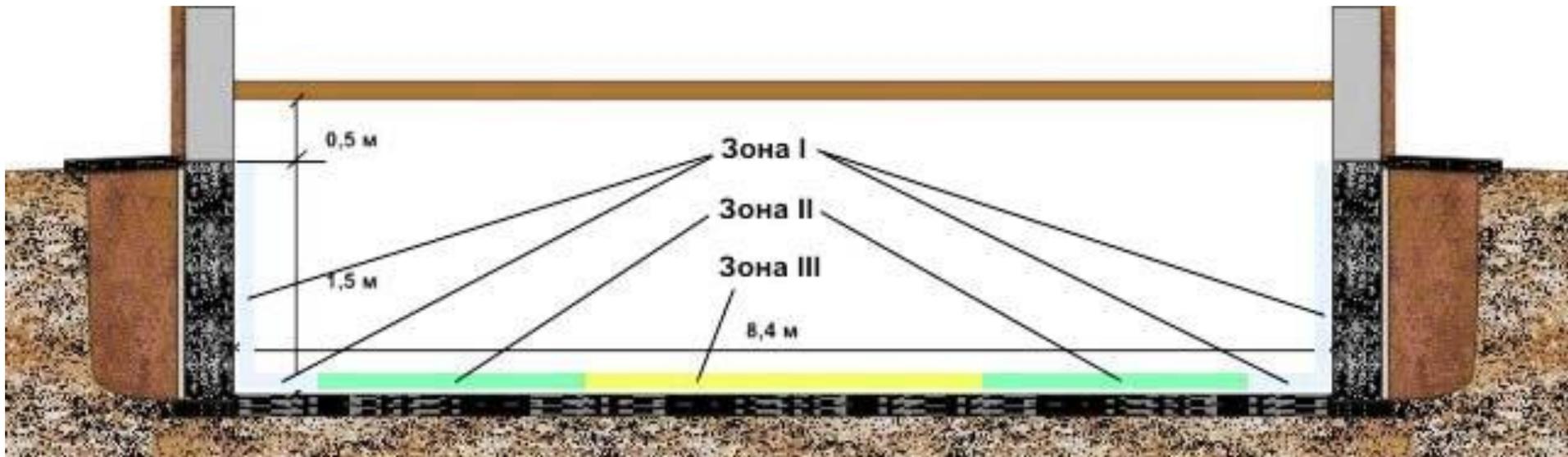
- Расчертите план коттеджа, поделите на полосы шириной 2 м. Максимальное число зон – 4.
- Вычислите площадь пола, попадающего отдельно в каждую зону, пренебрегая межкомнатными перегородками. Обратите внимание: квадратура по углам считается дважды (заштриховано на чертеже).
- Пользуясь расчетной формулой (для удобства приводим ее повторно), определите теплопотери на всех участках, полученные цифры суммируйте.
- Сопротивление теплопередаче R для зоны I принимается равным $2.1 \text{ м}^2\text{°С/Вт}$, II – 4.3 , III – 8.6 , остального пола – $14.2 \text{ м}^2\text{°С/Вт}$.

$$Q_i = 1/R * (t_{\text{в}} - t_{\text{н}}) * A$$

Примечание. Если речь идет об отапливаемом подвале, первая полоса располагается на подземной части стены, начиная от уровня грунта

Схема разбивки стен подвала от уровня земли

Полы, утепленные минеральной ватой либо пенополистиролом, рассчитываются идентичным образом, только к фиксированным значениям R прибавляется термическое сопротивление слоя утеплителя, определяемое по формуле δ / λ .



Пример вычислений в гостиной загородного дома:

- Квадратура зоны I равняется $(5.04 + 4.04) \times 2 = 18.16 \text{ м}^2$, участка II – $3.04 \times 2 = 6.08 \text{ м}^2$.
Остальные зоны в гостиную не попадают.
- Расход энергии на 1-ю зону составит $1 / 2.1 \times 47 \times 18.16 = 406.4 \text{ Вт}$, на вторую – $1 / 4.3 \times 47 \times 6.08 = 66.5 \text{ Вт}$.
- Величина теплового потока сквозь полы гостиной – $406.4 + 66.5 = 473 \text{ Вт}$.

Теперь нетрудно подбить общие
теплопотери в рассматриваемой
комнате: $863.8 + 473 = 1336.8$ Вт,



Нагрев вентиляционного воздуха

- В подавляющем большинстве частных домов и квартир устроена естественная вентиляция, уличный воздух проникает внутрь сквозь притворы окон и дверей, а также приточные отверстия. Нагревом поступающей холодной массы занимается система отопления, расходуя дополнительную энергию. Как узнать ее количество:
- Поскольку расчет инфильтрации слишком сложен, нормативные документы допускают выделение 3 м^3 воздуха в час на каждый метр квадратный площади жилища. Общий расход приточного воздуха L считается просто: квадратура помещения умножается на 3.
- L – это объем, а нужна масса m воздушного потока. Узнайте ее путем умножения на плотность газа, взятую из таблицы.
- Масса воздуха m подставляется в формулу школьного курса физики, получившуюся энергию делится на удельную теплоемкость c и разность температур $(t_{\text{в}} - t_{\text{н}})$ окружающей среды и воздуха.

$$Q_{\text{вент}} = c * m * (t_{\text{в}} - t_{\text{н}})$$

Высчитаем потребное количество теплоты на примере многострадальной гостиной площадью 15.75 м^2 . Объем притока $L = 15.75 \times 3 = 47.25 \text{ м}^3/\text{ч}$, масса – $47.25 \times 1.422 = 67.2 \text{ кг}$. Принимая теплоемкость воздуха (обозначена буквой C) равной $0.28 \text{ Вт} / (\text{кг } ^\circ\text{C})$, находим расход энергии: $Q_{\text{вент}} = 0.28 \times 67.2 \times 47 = 884 \text{ Вт}$.

Как видите, цифра довольно внушительная, вот почему подогрев воздушных масс нужно учитывать обязательно.

Окончательный расчет тепловых потерь здания плюс расход на вентиляцию определяется суммированием всех полученных ранее результатов. В частности, нагрузка на отопление гостиной выльется в цифру $0.88 + 1.34 = 2.22$ кВт. Аналогичным образом рассчитываются все помещения коттеджа, в конце энергетические затраты складываются в одну цифру.

$$Q = Q_{\text{тепловых потерь}} + Q_{\text{вент}}$$

Окончательный расчет

Если ваш мозг еще не закипел от обилия формул, то наверняка интересно увидеть результат по одноэтажному дому. В предыдущих примерах мы проделали основную работу, осталось лишь пройти по другим помещениям и узнать теплопотери всей наружной оболочки здания. **Найденные исходные данные:**

- термическое сопротивление стен — 2.71, окон — 0.32, перекрытия — 2.38 м²°С/Вт;
- высота потолков — 3 м;
- R для входной двери, утепленной экструдированным пенополистиролом, равен 0.65 м²°С/Вт;
- температура внутренняя — 22, внешняя — минус 25 °С.

составить таблицу в Excel, дабы заносить промежуточные и окончательные результаты.

Пример расчетной таблицы в Excel

параметр	Гостиная					Кухня					Прихожая				
	Наружные стены	Полы		Перекрытие	Окна	Наружные стены	Полы		Перекрытие	Окна	Наружные стены	Полы		Перекрытие	Дверь
		1зона	2зона				1зона	2зона				1зона	2зона		
температура в помещении	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22
расчетная температура наружного воздуха	-25	-25	-25	-25	-25	-25	-25	-25	-25	-25	-25	-25	-25	-25	-25
площадь наружного ограждения	22,53				4,71	25,24				2,36	4,36				2
площадь зоны пола/перекрытия		18,2	6,08	20,36			18,4	6,32	20,85			4,24	2	6,57	
сопротивление теплопередаче конструкции ограждения	2,71	2,15	4,3	2,38	3,1	2,71	2,15	4,3	2,38	3,1	2,71	2,15	4,3	2,38	0,65
количество тепла теряемого через ограждение	391	397	66	402	71	438	402	69	412	36	76	93	22	130	145
теплопотери в помещении	1328					1357					465				
площадь помещения	15,8					21,0					5,0				
Расход воздуха	47,3					63,0					15,0				
потери на нагревание вентиляционного воздуха	884					1179					281				
Тепловая нагрузка общая	2220					2536					745				

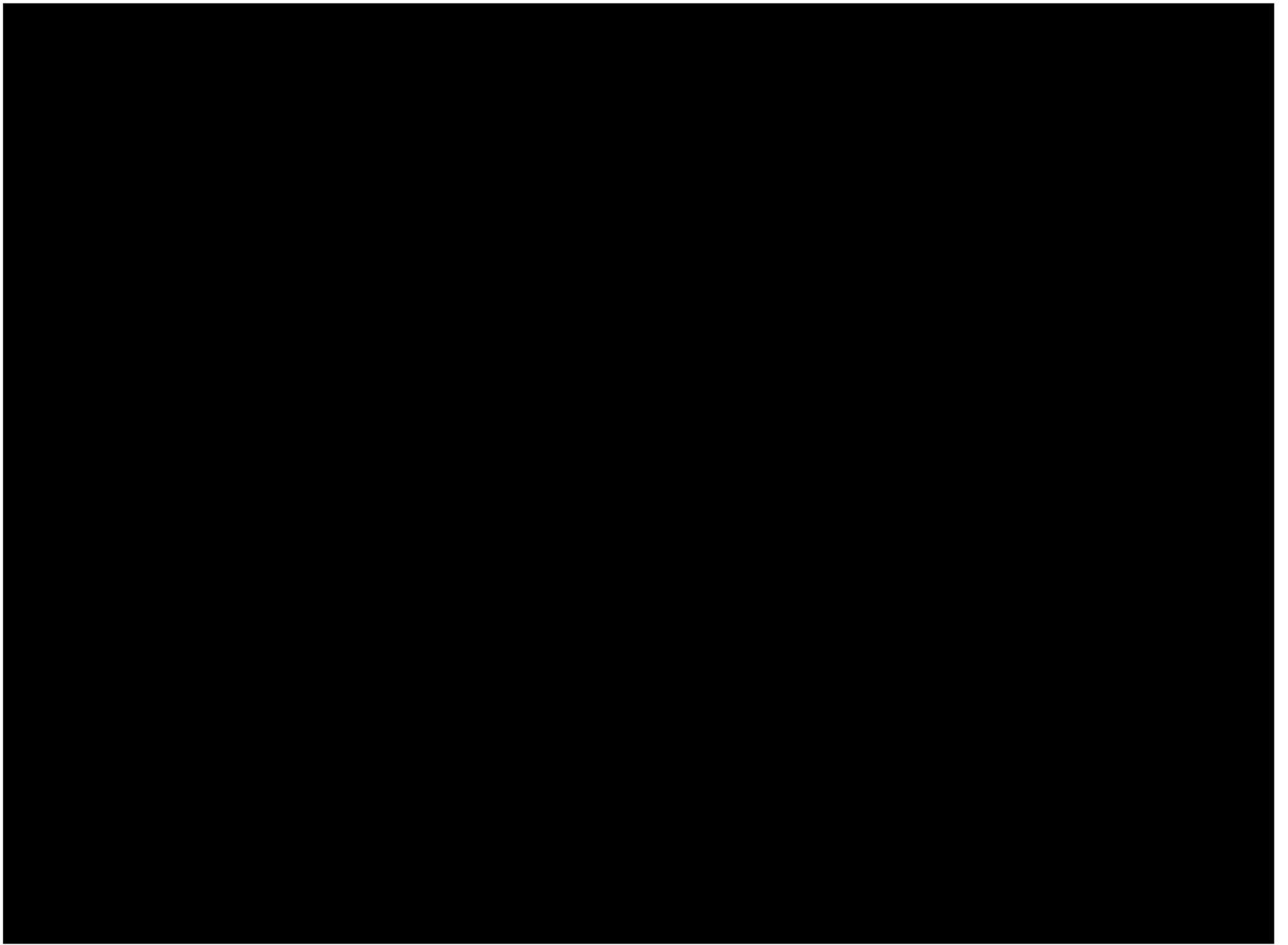
По окончании расчетов и заполнении
таблицы получены следующие значения
расходов тепловой энергии по

помещениям:

- гостиная – 2.22 кВт;
- кухня – 2.536 кВт;
- прихожая – 745 Вт;
- коридор – 586 Вт;
- санузел – 676 Вт;
- спальня – 2.22 кВт;
- детская – 2.536 кВт.

Итоговое значение нагрузки на отопительную систему частного дома площадью 100 м² составило 11.518 кВт, округленно – 11.6 кВт. Примечательно, что результат отличается от приближенных методов расчета буквально на 5%.

Но согласно нормативным документам, окончательную цифру нужно умножить на коэффициент 1.1 неучтенных теплопотерь, возникающих из-за ориентации здания по сторонам света, ветровых нагрузок и так далее. Соответственно, окончательный результат – 12.76 кВт.



Как воспользоваться результатами вычислений

Зная потребность здания в тепловой энергии, домовладелец может:

- четко подобрать мощность теплосилового оборудования для обогрева коттеджа;
- набрать нужное количество секций радиаторов;
- определить необходимую толщину утеплителя и выполнить теплоизоляцию здания;
- выяснить расход теплоносителя на любом участке системы и при необходимости выполнить гидравлический расчет трубопроводов;
- узнать среднесуточное и месячное потребление тепла.

Последний пункт представляет особый интерес. Мы нашли величину тепловой нагрузки за 1 час, но ее можно пересчитать на более продолжительный период и вычислить предполагаемый расход топлива — газа, дров или пеллет.