

Разработка практического занятия «Расчет количество теплотерь здания» может проводиться в 8,10 классах .

Автор учитель физики МБОУ «СОШ №3 г.Никольское» Кергина Н.К.

Разработка практического занятия возможно использовать как в условиях дистанционного обучения предварительно проводя консультацию по выполнению работы, так и во время урочной и внеурочной деятельности. Работа соответствует требованиям ФГОС. Дает возможность учащимся применить знания по теме «Тепловые явления» на практике.

Благодаря подробному описанию и несложным математическим действиям обучающиеся могут выполнить ее самостоятельно. Работа оформляется на отдельном листе, в малой группе (2,3 человека).

Практическая работа «Расчет количество теплотерь здания»

План работы

1. Изучить теоретический материал
2. Ознакомиться с примерами расчетов теплотерь
3. Определить строительные материалы здания школы
4. Выполнить замеры , распределив элементы по группам (Окна, стены, пол, крыша)
5. Ознакомиться с коэффициентами в таблице
6. Выполнить расчеты
7. Проанализировать результаты
8. В выводах указать возможность устранения потерь.

В холодное время года обязательно отапливаются комнаты, в которых люди живут и работают. Чем холоднее погода, тем больше приходится топить, потому что при похолодании увеличиваются тепловые потери через стены, окна и все наружные ограждающие конструкции. Тепло может передаваться разными способами: **теплопроводностью, конвекцией, излучением.**

В чистом виде **теплопроводность** наблюдается только в сплошных твердых телах. Теплота передается непосредственно через материал или от одного материала другому при их соприкосновении (рис. 1.1). Высокой теплопроводностью обладают плотные материалы – металл, железобетон, мрамор. Воздух имеет низкую теплопроводность. Поэтому через материалы с большим количеством замкнутых пор, заполненных воздухом, тепло передается плохо, и они могут использоваться как теплоизоляционные (щелевой кирпич, пенобетон, вспененный полиуретан, пенопласт).

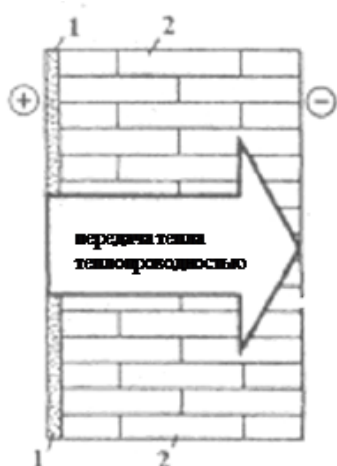


Рис. 1.1. Передача тепла через кирпичную стену вследствие эффекта теплопроводности: 1 – штукатурка, 2 – кирпичная кладка

Конвекция характерна для жидких и газообразных сред, где перенос тепла происходит в результате движения молекул. Конвективный теплообмен наблюдается у поверхности стен при наличии температурного перепада между конструкцией и соприкасающимся с ней воздухом. В окнах жилых домов конвективный теплообмен происходит между поверхностями остекления, обращенными внутрь воздушной прослойки. Нагреваясь от внутреннего стекла, теплый воздух поднимается вверх. При соприкосновении с холодным наружным стеклом воздух отдает свое тепло и, охлаждаясь, опускается вниз (рис. 1.2.). Такая циркуляция воздуха в воздушной прослойке обуславливает конвективный теплообмен. Чем больше разность температур поверхностей, тем интенсивнее теплообмен между ними.

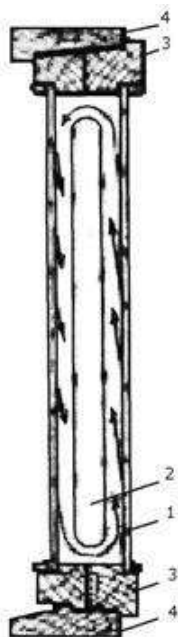


Рис. 1.2. Передача тепла конвекцией в межстекольном пространстве оконного блока со спаренным остеклением: 1 – стекло, 2 – воздушная прослойка, 3 – переплет, 4 – оконная коробка

Теплопотери через отдельные наружные элементы дома различны и во многом зависят от теплоизоляционных качеств отдельных конструкций, а также их размеров. Наибольшая площадь наружных ограждений приходится на наружные стены. Поэтому их теплозащитные качества во многом определяют условия внутреннего микроклимата помещения. Чем выше сопротивление стены теплопередаче, тем меньший поток тепла через нее проходит, меньше теплопотери. В зависимости от конструкции стен через них теряется до 35 – 45 %. Передача тепла через стены осуществляется главным образом вследствие теплопроводности. Количество тепла, проходящего через стену, зависит от коэффициента теплопередачи материала k . Чем он выше, тем больше теплоты проходит через материал, и хуже его теплозащита. Различные строительные материалы имеют разные коэффициенты теплопередачи. На них влияют различные факторы, в частности, плотность и влажность материала.

Плотный материал имеет больший коэффициент теплопередачи по сравнению с пористым материалом. Увеличение плотности способствует повышению k . Уменьшение плотности приводит к снижению k . Это объясняется тем, что поры строительного материала

заполнены воздухом, имеющим низкий коэффициент теплопередачи. Чем больше пор в материале, тем меньше его плотность и теплопроводность. Например, у железобетона плотностью 2500 кг/м^3 коэффициент теплопередачи $\kappa = 2,04 \text{ Вт/(м}^2\cdot\text{К)}$, у кладки из обыкновенного глиняного кирпича плотностью $1800 \text{ кг/м}^3 - \kappa = 0,81 \text{ Вт/(м}^2\cdot\text{К)}$, у фанеры плотностью $600 \text{ кг/м}^3 - \kappa = 0,18 \text{ Вт/(м}^2\cdot\text{К)}$, у плит из полистирольного пенопласта плотностью $100 \text{ кг/м}^3 - \kappa = 0,05 \text{ Вт/(м}^2\cdot\text{К)}$.

Коэффициент теплопередачи, κ – единица, которая обозначает прохождение теплового потока мощностью 1 Вт сквозь элемент строительной конструкции площадью 1 м^2 при разнице температур наружного воздуха и внутреннего в 1 Кельвин , $\text{Вт/(м}^2\cdot\text{К)}$.

Сопротивление теплопередаче – величина, обратная коэффициенту теплопередачи, $(\text{м}^2\cdot\text{К}) / \text{Вт}$.

Влажность способствует повышению теплопроводности: сырой материал имеет больший коэффициент теплопередачи и обладает худшими теплозащитными характеристиками по сравнению с сухим. Это вызвано тем, что при увлажнении материала его поры заполняются водой, имеющей высокий коэффициент теплопередачи (приблизительно в 20 раз больший, чем воздух). Например, при повышении влажности кирпичной стены толщиной $0,5 \text{ м}$ из обыкновенного глиняного кирпича от нормальной, равной от 2% , до 8% , теплозащита ухудшается более чем на 30% . Если при температуре внутреннего воздуха $+20 \text{ }^\circ\text{C}$ и наружного $-20 \text{ }^\circ\text{C}$ на поверхности сухой стены температура составляет $14,4 \text{ }^\circ\text{C}$, то на сырой стене на $2,7 \text{ }^\circ\text{C}$ ниже и равняется $11,7 \text{ }^\circ\text{C}$. Поэтому для теплозащиты домов очень важно, чтобы строительный материал, и в первую очередь утеплитель, был обязательно сухим, а конструкции наружных ограждений были сделаны с таким расчетом, чтобы в них не образовывался конденсат, не скапливалась влага, приводящая к ухудшению теплоизоляционной способности стен, окон, чердачных перекрытий, полов первого этажа.

Тепловая изоляция

Качество теплоизоляции является важнейшим параметром энергопотребления здания. Коэффициент теплопередачи должен находиться в пределах от $0,3 \text{ Вт/(м}^2\cdot\text{К)}$ до $0,2 \text{ Вт/(м}^2\cdot\text{К)}$.

Следует запомнить, что снижение потерь тепла на $7 - 9 \%$ позволяет увеличить температуру в помещении на $1 \text{ }^\circ\text{C}$.

В строительной практике применяются разнообразные теплоизоляционные материалы. К основным из них относятся:

- легкие бетоны (керамзитобетон, перлитобетон, шлакобетон, газобетон, пенобетон и др.);
- «теплые» растворы (цементно-перлитовый, гипсо-перлитовый, поризованный и др.);
- изделия из дерева и других органических материалов (плиты древесностружечные, фибролитовые, камышитовые и др.);
- минераловатные и стекловолоконные материалы (минераловатные маты, минераловатные плиты мягкие, полужесткие, жесткие и повышенной жесткости на различных связующих, плиты из стекловолокна и др.);
- полимерные материалы (пенополистирол, пенопласт, пенополиуретан, перлитопластобетон и др.);
- пеностекло или газостекло, а также другие композиционные материалы и изделия из них.

Использование конкретного материала для теплозащиты стен зависит от целого ряда факторов, определяющими из которых являются: долговечность; требуемая толщина слоя теплоизоляции; возможное место расположения материала на стене; масса теплоизоляционной конструкции; стоимость материала; трудоемкость устройства; возможность поставки материала на строительную площадку.

Для теплоизоляции перекрытий применяют как плитные, так и насыпные материалы. Для утепления крыш весьма удобными являются рулонные материалы, укладываемые между стропилами. При утеплении крыш и перекрытий дополнительно используются парозащитные пленки, которые препятствуют выпадению конденсата. Эффективность изоляции крыш и чердачных перекрытий выше у малоэтажных зданий, чем у многоэтажных. Для одно-, двухэтажного коттеджа потери уменьшаются на 20 %, для девятиэтажного дома – на 3,5 %.

Наибольшие потери тепла сосредоточены в мостиках холода. Различают геометрически обусловленные мостики холода и обусловленные конструкцией и материалами. В первом случае потери тепла возрастают за счет увеличения наружных поверхностей теплообмена в углах зданий, при наличии выступов. Во втором – за счет отличий теплотехнических свойств материалов стен и опор перекрытия перемычек. Например, кирпичная кладка и железобетон имеют коэффициенты теплопроводности 0,7 и 1,5 Вт/(м²·К). Специальные приемы теплоизоляции мостиков холода позволяют снизить теплотери приблизительно в два раза.

Значительное количество тепла, как мы говорили выше, теряется через окна. В домах старой постройки, значение коэффициента теплопередачи окон может достигать 3,5 Вт/(м²·К). При этом потери составляют почти 50 % от тепла, потребляемого на отопление. В идеале заполнения оконных проемов должны обладать такими же характеристиками по защите от шума, потери тепла и прочности, как и стеновые ограждающие конструкции, обеспечивая при этом необходимую освещенность, комфортное проветривание, простоту и удобство в эксплуатации.

В таблице 1.1 приведены данные по сопротивлению теплопередаче с использованием различных вариантов конструкционных решений при заполнении оконных проемов.

Таблица 1.1

Сопротивление теплопередаче различных вариантов конструкционных решений при заполнении оконных проемов

Конструкции	Общее сопротивление теплопередаче, м ² К/Вт
Одинарное стекло	0,17
Двойное стекло	0,38
Тройное стекло	0,62
Двойное стекло + штора	0,46
Двойное стекло + две шторы	0,55
Двойное стекло + штора, покрытая алюминиевым лаком	0,64
Двойное стекло + деревянные ставни	0,52
Тройное стекло + штора	0,70

Тройное стекло + две шторы	0,73
Тройное стекло + штора, покрытая алюминиевым лаком	0,88
Тройное стекло + деревянные ставни	0,76
Тройное стекло + ставни, покрытые алюминиевым лаком	0,83

Один из путей снижения затрат тепловой энергии – применение вентилируемых окон, которые позволяют повысить температуру внутренней поверхности остекления и дать экономию энергии в результате обеспечения жилых домов свежим подогретым воздухом, необходимым для вентиляции помещения. В окнах такой конструкции делают дополнительные отверстия в нижней части наружного и верхней части внутреннего переплетов.

Улучшить условия теплового комфорта и повысить температуру внутренней поверхности окна можно за счет обдува остекления теплым воздухом. Наиболее простым способом создания восходящих струй теплого воздуха является просверливание отверстий в подоконной доске, находящейся над отопительным прибором. Нагретый воздух, поднимаясь вверх, позволит не только повысить температуру остекления, но и уменьшить влияние инфильтрующего через окно холодного воздуха. Поверхность стены, находящуюся под окном за отопительным прибором, рекомендуется утеплить, а поверх теплоизоляции устроить экран из блестящей алюминиевой фольги, отражающий излучаемое батареей тепло внутрь комнаты.

Сейчас для заполнения оконных проемов широко применяются стеклопакеты. Стеклопакет представляет собой изделие, состоящее из двух или более слоев стекла, соединенных между собой по контурам; таким образом, что между ними образуются герметически замкнутые полости, заполненные обезвоженным воздухом или другим газом (рис. 1.3).

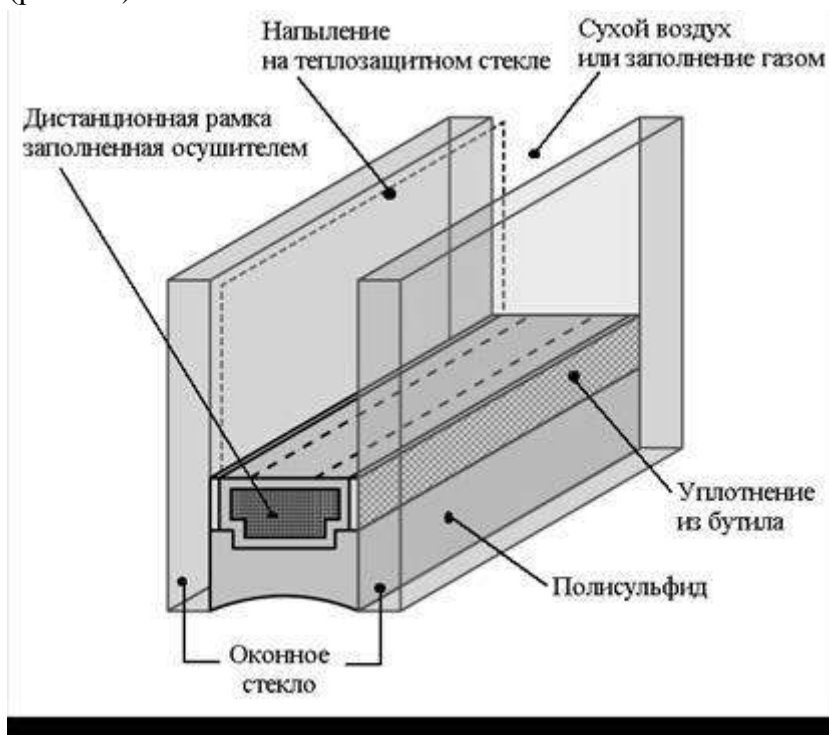


Рис. 1.3. Схема стеклопакета

Наибольший эффект достигается при использовании в стеклопакете одного из стекол с селективным покрытием, способным отражать тепловые волны внутрь помещения и одновременно пропускать снаружи солнечное тепловое излучение. Только за счет применения в стеклопакете такого стекла, а также введения в межстекольное пространство более плотного, чем воздух, газа, например аргона, криптона или ксенона, можно добиться величины термического сопротивления, приближающейся к единице. Исследования показывают, что конструктивные решения окон, и прежде всего их стеклянной части, смогут способствовать достижению термического сопротивления теплопередаче, равного 1,8 – 2,0 (м²·К)/Вт.

Для того чтобы снизить объем вентиляции зимой, рекомендуется частично прикрывать вытяжные вентиляционные отверстия. Поскольку они оборудованы нерегулируемыми решетками, прикрыть их можно плотной бумагой или картоном. Вентиляционное отверстие, расположенное в ванной комнате, лучше всего совсем закрыть. При открытом вентиляционном отверстии влага сразу же из ванной комнаты удалялась бы на улицу, а при закрытом она будет поступать в комнаты, увлажняя воздух. Это благоприятно скажется на микроклимате квартиры и самочувствии жильцов. Дело в том, что влажный воздух дает ощущение теплоты, а сухой – холода. Поэтому зимой увлажнение воздуха в помещении улучшает комфортное состояние людей.

Таким образом, существующий потенциал энергосбережения в жилищно-бытовом секторе может быть реализован за короткое время самими жильцами с помощью простых, недорогих и эффективных способов.

ПРОСТОЙ РАСЧЕТ ТЕПЛОПТЕРЬ ЗДАНИЙ.

Ниже приведен довольно простой **расчет теплотерь** зданий, который, тем не менее, поможет достаточно точно определить мощность, требуемую для отопления Вашего здания. Это даст возможность еще на стадии проектирования предварительно оценить стоимость отопительного оборудования и последующие затраты на отопление, и при необходимости скорректировать проект.

Куда уходит тепло? Тепло уходит через стены, пол, кровлю и окна. Кроме того тепло теряется при вентиляции помещений. Для вычисления теплотерь через ограждающие конструкции используют формулу:

$$Q = S * T / R,$$

где

Q — теплотери, Вт

S — площадь конструкции, м²

T — разница температур между внутренним и наружным воздухом, °C

R — значение теплового сопротивления конструкции, м²·°C/Вт

Схема расчета такая — рассчитываем теплотери отдельных элементов, суммируем и добавляем потери тепла при вентиляции. Все.

Предположим мы хотим рассчитать потери тепла для объекта, изображенного на рисунке. Высота здания 5...6 м, ширина – 20 м, длинна – 40м, и тридцать окон размеров 1,5 x 1,4 метра. Температура в помещении 20 °C, внешняя температура -20 °C.



Считаем площади ограждающих конструкций:

пол: $20 \text{ м} * 40 \text{ м} = 800 \text{ м}^2$

кровля: $20,2 \text{ м} * 40 \text{ м} = 808 \text{ м}^2$

окна: $1,5 \text{ м} * 1,4 \text{ м} * 30 \text{ шт} = 63 \text{ м}^2$

стены: $(20 \text{ м} + 40 \text{ м} + 20 \text{ м} + 40 \text{ м}) * 5 \text{ м} = 600 \text{ м}^2 + 20 \text{ м}^2$ (учет скатной кровли) = $620 \text{ м}^2 - 63 \text{ м}^2$ (окна) = 557 м^2

Теперь посмотрим тепловое сопротивление используемых материалов.

Значение теплового сопротивления можно взять из таблицы тепловых сопротивлений или вычислить исходя из значения коэффициента теплопроводности по формуле:

$$R = d / f$$

где

R – тепловое сопротивление, $(\text{м}^2 * \text{К}) / \text{Вт}$

f – коэффициент теплопроводности материала, $\text{Вт} / (\text{м}^2 * \text{К})$

d – толщина материала, м

Значение коэффициентов теплопроводности для разных материалов можно посмотреть в таблице.

пол: бетонная стяжка 10 см и минеральная вата плотностью 150 кг/м³. толщиной 10 см.

$$R (\text{бетон}) = 0,1 / 1,75 = 0,057 (\text{м}^2 * \text{К}) / \text{Вт}$$

$$R (\text{минвата}) = 0,1 / 0,037 = 2,7 (\text{м}^2 * \text{К}) / \text{Вт}$$

$$R (\text{пола}) = R (\text{бетон}) + R (\text{минвата}) = 0,057 + 2,7 = 2,76 (\text{м}^2 * \text{К}) / \text{Вт}$$

окна: значение теплового сопротивления окон зависит от вида используемого стеклопакета

$$R (\text{окна}) = 0,40 (\text{м}^2 * \text{К}) / \text{Вт} \text{ для однокамерного стеклопакета } 4-16-4 \text{ при } \Delta T = 40 \text{ } ^\circ\text{C}$$

стены: стенные сэндвич панели из минеральной ваты толщиной 15 см

$$R (\text{стены}) = 0,15 / 0,037 = 4,05 (\text{м}^2 * \text{К}) / \text{Вт}$$

Посчитаем тепловые потери:

$$Q (\text{пол}) = 800 \text{ м}^2 * 20 \text{ } ^\circ\text{C} / 2,76 (\text{м}^2 * \text{К}) / \text{Вт} = 5797 \text{ Вт} = 5,8 \text{ кВт}$$

$$Q (\text{окна}) = 63 \text{ м}^2 * 40 \text{ } ^\circ\text{C} / 0,40 (\text{м}^2 * \text{К}) / \text{Вт} = 6300 \text{ Вт} = 6,3 \text{ кВт}$$

$$Q (\text{стены}) = 557 \text{ м}^2 * 40 \text{ } ^\circ\text{C} / 4,05 (\text{м}^2 * \text{К}) / \text{Вт} = 5500 \text{ Вт} = 5,5 \text{ кВт}$$

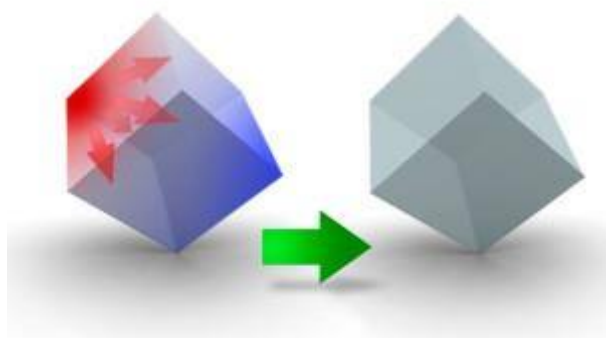
Получаем, что суммарные тепловые потери через ограждающие конструкции составят:

$$Q (\text{общая}) = 5,8 + 6,3 + 5,5 = 25,6 \text{ кВт} / \text{ч}$$

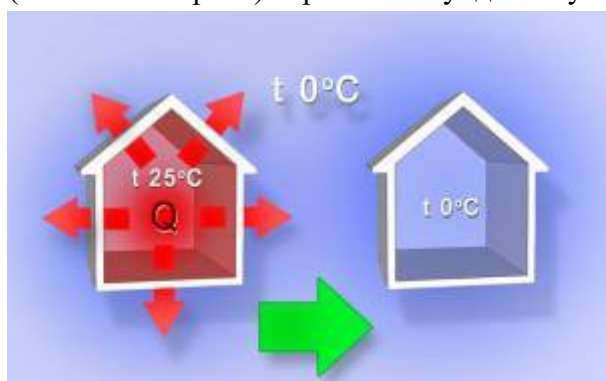
Теплопроводность.

Так что же такое теплопроводность? С точки зрения физики **теплопроводность** – это молекулярный перенос теплоты между непосредственно соприкасающимися телами или частицами одного тела с различной температурой, при котором происходит обмен энергией движения структурных частиц (молекул, атомов, свободных электронов).

Можно сказать проще, **теплопроводность** – это способность материала проводить тепло. Если внутри тела имеется разность температур, то тепловая энергия переходит от более горячей его части к более холодной.



На практике, например в строительстве при теплоизоляции зданий, рассматривается другой аспект теплопроводности, связанный с передачей тепловой энергии. Все тепло (тепловая энергия) через стены уйдет на улицу.



Чтобы поддерживать температуру в доме 25 °С, нагреватель должен постоянно работать. Нагреватель постоянно создает тепло, которое постоянно уходит через стены на улицу.

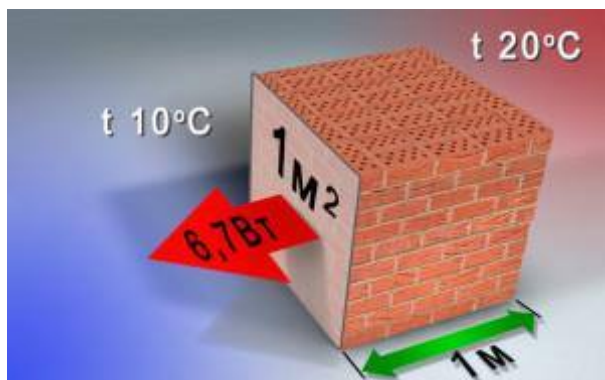
Коэффициент теплопроводности.

Количество тепла, которое проходит через стены (а по научному — интенсивность теплопередачи за счет теплопроводности) зависит от разности температур (в доме и на улице), от площади стен и теплопроводности материала, из которого сделаны эти стены.

Для количественной оценки теплопроводности существует **коэффициент теплопроводности материалов**. Этот коэффициент отражает свойство вещества проводить тепловую энергию. Чем больше значение коэффициента теплопроводности материала, тем лучше он проводит тепло. Если мы собираемся утеплять дом, то надо выбирать материалы с небольшим значением этого коэффициента. Чем он меньше, тем лучше. Сейчас в качестве материалов для утепления зданий наибольшее распространение получили утеплители из минеральной ваты, и различных пенопластов.

Коэффициент теплопроводности материалов обозначается буквой λ (греческая строчная буква лямбда) и выражается в Вт/(м²*К). Это означает, что если взять стену из кирпича, с коэффициентом теплопроводности 0,67 Вт/(м²*К), толщиной 1 метр и площадью 1 м²., то

при разнице температур в 1 градус, через стену будет проходить 0,67 ватта тепловой энергии. Если разница температур будет 10 градусов, то будет проходить уже 6,7 ватта. А если при такой разнице температур стену сделать 10 см, то потери тепла будут уже 67 ватт.



Следует отметить, что значения коэффициента теплопроводности материалов указываются для толщины материала в 1 метр. Чтобы определить теплопроводность материала для любой другой толщины, надо коэффициент теплопроводности разделить на нужную толщину, выраженную в метрах.

В строительных нормах и расчетах часто используется понятие «тепловое сопротивление материала». Это величина обратная теплопроводности. Если, на пример, теплопроводность пенопласта толщиной 10 см — 0,37 Вт/(м²*К), то его тепловое сопротивление будет равно $1 / 0,37 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}) = 2,7 \text{ (м}^2 \cdot \text{К)}/\text{Вт}$.

Коэффициент теплопроводности материалов.

Ниже в таблице приведены значения коэффициента теплопроводности для некоторых материалов применяемых в строительстве.

Материал	Коэфф. тепл. Вт/(м ² *К)
Алюминий	230,0
Асбест (шифер)	0,350
Асбест волокнистый	0,150
Асбестоцемент	1,760
Асбоцементные плиты	0,350
Асфальт	0,720
Асфальт в полах	0,800
Бакелит	0,230
Бетон на каменном щебне	1,300
Бетон на песке	0,700
Бетон пористый	1,400
Бетон сплошной	1,750
Бетон термоизоляционный	0,180
Вата минеральная легкая	0,045

Вата минеральная тяжелая	0,055
Вата хлопковая	0,055
Вермикулитовые листы	0,100
Войлок шерстяной	0,045
Гипс строительный	0,350
Гравий (наполнитель)	0,930
Гранит, базальт	3,500
Гудрон	0,300
Древесина — доски	0,150
Древесина — фанера	0,150
Древесина твердых пород	0,200
Древесно-стружечная плита ДСП	0,200
Дюралюминий	160,0
Железобетон	1,700
Зола древесная	0,150
Известняк	1,700
Известь-песок раствор	0,870
Ипорка (вспененная смола)	0,038
Камень	1,400
Картон строительный многослойный	0,130
Каучук вспененный	0,030
Каучук натуральный	0,042
Каучук фторированный	0,055
Керамзитобетон	0,200
Кирпич кремнеземный	0,150
Кирпич пустотелый	0,440
Кирпич силикатный	0,810
Кирпич сплошной	0,670
Кирпич шлаковый	0,580
Кремнезистые плиты	0,070
Латунь	110,0
Лед 0°С	2,210
Лед -20°С	2,440
Липа, береза, клен, дуб (15% влажности)	0,150

Медь	380,0
Мипора	0,085
Опилки — засыпка	0,095
Опилки древесные сухие	0,065
ПВХ	0,190
Пенобетон	0,300
Пенопласт ПС-1	0,037
Пенопласт ПС-4	0,040
Пенопласт ПХВ-1	0,050
Пенопласт резопен ФРП	0,045
Пенополистирол ПС-Б	0,040
Пенополистирол ПС-БС	0,040
Пенополиуретановые листы	0,035
Пенополиуретановые панели	0,025
Пеностекло легкое	0,060
Пеностекло тяжелое	0,080
Пергамин	0,170
Перлит	0,050
Перлито-цементные плиты	0,080
Песок 0% влажности	0,330
Песок 10% влажности	0,970
Песок 20% влажности	1,330
Песчаник обожженный	1,500
Плитка облицовочная	1,050
Плитка термоизоляционная ПМТБ-2	0,036
Полистирол	0,082
Поролон	0,040
Портландцемент раствор	0,470
Пробковая плита	0,043
Пробковые листы легкие	0,035
Пробковые листы тяжелые	0,050
Резина	0,150
Рубероид	0,170
Сланец	2,100

Снег	1,500
Сосна обыкновенная, ель, пихта (450...550 кг/куб.м, 15% влажности)	0,150
Сосна смолистая (600...750 кг/куб.м, 15% влажности)	0,230
Сталь	52,0
Стекло	1,150
Стекловата	0,050
Стекловолокно	0,036
Стеклотекстолит	0,300
Цементные плиты	1,920
Цемент-песок раствор	1,200
Чугун	56,0
Штукатурка сухая	0,210
Штукатурка цементная	0,900
Эбонит	0,160

Разработка была использована в 10 классе в режиме дистанционного обучения и в 8 классе в режиме практического занятия в классе.

Наблюдения за обучающимися в 8 классах дает возможность дать положительную оценку данному практическому занятию. У обучающихся была возможность работать в группах, взаимодействовать, проецировать свои знания на практическое применение, что уменьшает разрыв между практическим применением и теоретическим знанием. 100% участников выразили мнение о том, что работа интересная, и полезная. 15% высказали что встретили трудности в расчетах, но данные трудности были сняты при дополнительной консультации. 100% участников самостоятельно выполнили необходимые замеры и составили необходимые таблицы. 81% смогли сравнить результаты своих измерений с теоретическими, предложенными в источниках.

В 10 классе с работой справились все учащиеся. Некоторые учащиеся выразили желание выполнить исследовательский проект, который даст возможность сравнить теплопотери в домах из разных стройматериалов.

Источники информации:

1. Е. Г. Малявина **Теплопотери здания Справочное пособие** Москва «АВОК-ПРЕСС» 2007
2. [Пособие «Теплопотери здания. Справочное пособие» \(stroyinf.ru\)](http://stroyinf.ru)
3. ФГОС для СО и ОО.