

Государственное учреждение образования  
«Средняя школа №7 г. Бреста»

Секция «Физика»

## **Исследование теплопроводности различных материалов**

Автор работы

Дацук Полина Павловна, IX «Г» класс  
ГУО «Средняя школа №7 г. Бреста»

Руководитель работы

Анацкая Елена Михайловна,  
учитель физики ГУО «Средняя  
школа №7 г. Бреста»

## Содержание

1. Введение.....	2
2. Основная часть.....	4
2.1. Теоретическая часть.....	4
2.1.2. Понятие теплопроводности.....	4
2.1.2. Теплофизические свойства строительных материалов.....	6
2.2. Практическая часть.....	8
3. Заключение и выводы.....	11
4. Список использованных источников.....	12

## 1. Введение

**Актуальность.** Сегодня проблемы энергосбережения становятся всё актуальнее. В настоящее время Беларусь лишь на 16–17 % обеспечена собственными топливно-энергетическими ресурсами. Недостающая их часть приобретается за пределами страны, поэтому проблема рационального и эффективного использования топливно-энергетических ресурсов для нашей страны весьма актуальна. От ее успешного решения в конечном итоге зависит повышение конкурентоспособности национальной экономики и рост благосостояния граждан.

Сегодня в Беларуси на каждого жителя потребляется вдвое больше природного газа и в полтора раза больше электроэнергии по сравнению со странами Западной Европы. Это свидетельствует о том, потенциал для снижения энергопотребления за счет внедрения ресурсосберегающих технологических процессов очень высок. В этих целях была разработана Директива № 3 Президента Республики Беларусь от 14 июля 2007 г., которая определяет основные направления и меры по повышению эффективности использования топливно-энергетических, материальных и иных ресурсов.

Основной задачей государственной политики на современном этапе является техническое переоснащение и модернизация основных производственных и жилищных фондов, внедрения энерго- и ресурсосберегающих технологий. Одним из перспективных направлений ресурсосбережения является снижение затрат энергии при эксплуатации зданий. Известно, что длительное время в строительной политике определяющим фактором было внедрение технических решений, снижающих стоимость строительства. Такой подход приводил к росту удельных затрат тепловой и электрической энергии при последующей эксплуатации зданий.

Значительный рост стоимости энергоресурсов привел к необходимости более рационального использования энергии, широкого применения энергоэффективных конструктивных элементов, материалов и инженерных систем, так как наши дома теряют тепло через ограждающие конструкции: стены, крыша, окна, фундамент, систему вентиляции.

Каждый год растут цены на газ и электроэнергию, а, следовательно, тепло в квартире или доме в холодное время года обходится всё дороже и дороже. Этот вопрос является острым как для экономики нашей страны в целом, так и для отдельно взятой семьи.

Изучая тему «Теплопроводность» на уроках физики нас заинтересовали теплопроводные свойства различных материалов. В этот период данная тема была актуальна и для нашей семьи. Мои родители решили утеплить часть дома в деревне, так как в холодное время года эта часть дома мало эксплуатировалась из-за низкой температуры в помещении. Толщина стен этой части дома составляла только один керамический кирпич старого образца. Находиться в этой части дома было некомфортно, а ведь всем хочется, чтобы

в доме было уютно и тепло. После установки твёрдотопливного котла было очевидно, что за прошлый зимний сезон было потрачено очень много топлива (дров и угля). Стояла задача – выбрать наиболее эффективный утеплитель для тепловой модернизации дома.

Мы решили исследовать теплопроводность различных материалов, в том числе и современных утеплителей, и помочь родителям решить поставленную задачу.

**Тема** нашей работы – «Исследование теплопроводности различных материалов».

**Объект исследования** – образцы природных и искусственных утеплителей.

**Предмет исследования** – теплоизоляционные свойства различных естественных и искусственных материалов.

**Гипотеза:** за последние десятилетия в результате научных исследований создано множество теплоизолирующих материалов, которые значительно превосходят по своим свойствам природные материалы.

**Целью** данной работы является исследование теплопроводности естественных и искусственных материалов и выявление самых эффективных утеплителей.

Для достижения цели были поставлены следующие **задачи**:

- изучить теорию теплофизических характеристик материалов;
- освоить методику исследования теплопроводности материалов;
- собрать экспериментальную установку;
- экспериментально исследовать теплопроводящие свойства образцов как отношение изменения температуры ко времени, за которое это изменение произошло;
- провести сравнительную характеристику искусственных и природных утеплителей;
- проанализировать результаты экспериментов, сделать выводы;

**Методы исследования:** эксперимент, наблюдение, измерение, сравнение, анализ

## **2.Основная часть**

### **2.1 Теоретическая часть**

#### **2.1.1. Понятие теплопроводности**

Понятие теплопроводности в средней школе изучается в 8 классе. Теплопроводность – это вид теплопередачи, при котором происходит непосредственный перенос энергии от более нагретой части тела к его менее нагретой части в результате теплового движения и взаимодействия частиц. При теплопроводности нет переноса массы вещества – переносится лишь энергия.

Проделав опыты, описанные в учебнике (рис.17рис.19) [1,с.13], мы убедились, что теплопроводность воздуха гораздо меньше, чем теплопроводность воды.



Чем объясняется слабая теплопроводность газов? Силы взаимодействия молекул газов при нормальном давлении практически равны нулю. Значит, энергия переносится только за счёт хаотического движения молекул и столкновений между ними.

Таким образом, отличительной чертой теплопроводности является атомно-молекулярный механизм переноса энергии, не связанный с макроскопическим переносом вещества, и её зависимость от особенностей внутреннего строения тел. Так в твёрдых диэлектриках перенос энергии осуществляется при колебательном движении молекул. В металлах - при колебательном движении ионов и тепловом движении свободных электронов. В жидкостях энергия передаётся за счёт взаимодействия молекул и их хаотического поступательного движения. В газах перенос энергии осуществляется молекулами за счёт их хаотического поступательного движения и столкновений.

Однако анализ справочных таблиц теплопроводности различных веществ не позволяет однозначно утверждать, что теплопроводность у газов самая низкая. Например, теплопроводность водорода и гелия такая же, как теплопроводность бумаги, сухого песка, керосина. Если теплопроводность различных веществ сравнить с теплопроводностью чистой меди, то окажется, что у железа она меньше примерно в 5 раз, у воды – в 658 раз, у пористого кирпича – в 840 раз, у свежеснеженного снега – почти в 4000 раз, у ваты, древесных опилок и овечьей шерсти – почти в 10 000 раз, у воздуха она примерно в 20 000 раз меньше, чем у меди.

Материалом с наивысшей теплопроводностью является вовсе не какой-нибудь металл (серебро или медь), как думают многие. Самую высокую теплопроводность имеет материал, который похож на стекло – алмаз. Его теплопроводность почти в 6 раз больше, чем у серебра или меди. Если изготовить чайную ложечку из алмаза, то воспользоваться ею не удастся, так как она будет обжигать пальцы в ту же секунду.

Определение теплопроводности материалов осуществляется через коэффициент теплопроводности, который представляет собой меру

способности пропускать тепловой поток. Чем ниже значение этого показателя, тем выше изоляционные свойства материала.

Теплопроводность тела означает его способность проводить тепло. Если в разных местах тела температура различна, то возникает поток тепла из мест более нагретых в места менее нагретые, продолжающийся до тех пор, пока температура во всем теле не выровняется.

Численно величина теплопроводности равна количеству тепловой энергии, которая проходит через участок материала толщиной 1 м и площадью 1 м<sup>2</sup> за 1 секунду. При этом разность температур на противоположных поверхностях принимается равной 1 Кельвину. Количество теплоты – это энергия, которую приобретает или теряет материал при передаче тепла.

Формула теплопроводности выглядит следующим образом (закон Фурье):  $Q = \lambda \cdot \left(\frac{\Delta T}{\Delta x}\right) \cdot S \cdot \Delta t$ , где:  $Q$  – теплопроводность;  $\lambda$  – коэффициент теплопроводности;  $\left(\frac{\Delta T}{\Delta x}\right)$  – градиент температуры;  $S$  – площадь поперечного сечения.

Теплопроводность тела количественно оценивается значением коэффициента теплопроводности, который определяет скорость передачи тепла (количество переданной теплоты  $Q$  за единицу времени  $t$ , т.е.  $Q/t$ ) от более нагретых к менее нагретым участкам в единице объема  $V$  тела при разности температур между участками  $\Delta t = 1 \text{ К}$ .

Т.о.  $\lambda = \frac{Q}{Vt}$  (1). Но  $Q = cm\Delta T$ . Подставим последнее в (1), получим

$$\lambda = \frac{cm\Delta T}{Vt}$$

. Учитывая, что  $m/V = \rho$  (плотность тела), окончательно имеем

$$\lambda = \frac{c\rho\Delta T}{t} = c\rho k \quad (2).$$

Величина  $\frac{\Delta T}{t} = k$  называется коэффициентом температуропроводности  $k$  и характеризует скорость выравнивания температур в неравномерно нагретом теле.

Методы измерения теплопроводности описаны в различных источниках [2]. Для её определения необходимо оборудование, которого нет в условиях школьной лаборатории, поэтому мы исследовали коэффициент

температуропроводности  $\frac{\Delta T}{t} = k$  для различных образцов.

### 2.1.2. Теплофизические свойства строительных материалов

Одна из ключевых позиций — теплопроводность. Она отображается коэффициентом теплопроводности. Это количество тепла, которое может провести тот или иной материал за единицу времени. То есть, чем меньше этот коэффициент, тем хуже материал проводит тепло. И наоборот, чем выше число, тем тепло отводится лучше.

Материалы с низкой теплопроводностью используются для утепления, а с высокой — для переноса или отвода тепла. Например, радиаторы делают из алюминия, меди или стали, так как они хорошо передают тепло, то есть имеют высокий коэффициент теплопроводности. Для утепления используются материалы с низким коэффициентом теплопроводности — они лучше сохраняют тепло. В случае, если объект состоит из нескольких слоев материала, его теплопроводность определяется как сумма коэффициентов всех материалов. При вычислениях рассчитывается теплопроводность каждой из составляющих «пирога», найденные величины суммируются. В общем получаем теплоизоляционную способность ограждающей конструкции (стен, пола, потолка).

Есть еще такое понятие как тепловое сопротивление. Оно отображает способность материала препятствовать прохождению по нему тепла. То есть, это обратная величина по отношению к теплопроводности. И если вы видите материал с высоким тепловым сопротивлением, его можно использовать для теплоизоляции. Примером теплоизоляционных материалов может служить популярная минеральная или базальтовая вата, пенопласт и т.д. Материалы с низким тепловым сопротивлением нужны для отведения или переноса тепла. Например, алюминиевые или стальные радиаторы используют для отопления, так как они хорошо отдают тепло.

На основе значения теплопроводности конструкции определяется объем теплопотерь через нее. Эта величина получается при умножении теплопроводности на расчетный временной промежуток, общую площадь поверхности, а также на разность температур наружной и внутренней поверхностей конструкции.

К теплофизическим свойствам материалов также относятся:

*теплоемкость* — способность материалов поглощать тепло при нагревании. Характеризуется удельной теплоемкостью  $c$ , то есть количеством теплоты  $Q$ , необходимым для нагревания 1 кг материала на  $1^{\circ}\text{C}$ , и измеряется в  $\text{Дж/кг} \cdot ^{\circ}\text{C}$ . Теплоемкость учитывается при расчете теплоустойчивости стен и перекрытий, расхода тепла на подогрев материалов в зимний период;

*теплостойкость* — способность материала не разрушаться при многократных резких изменениях температуры. Теплостойкость зависит от коэффициента линейного температурного расширения (КЛТР) материала, который показывает, на какую долю увеличивается длина образца материала при нагревании на  $1^{\circ}\text{C}$ .

*огнестойкость* - свойство материала противостоять действию огня (высоких температур и воды) в условиях пожара без значительной потери несущей способности. По степени огнестойкости строительные материалы делят на - негорючие, трудногорючие и сгораемые.

По показателю горючести материалы подразделяют на - горючие и негорючие. К негорючим материалам относятся - строительный камень, бетон, керамика, металлические сплавы и другие;

*огнеупорность* - способность материалов выдерживать длительное воздействие высоких температур без значительных пластических деформаций. Огнеупорные материалы должны выдерживать воздействие среды с температурой выше 1580°C, тугоплавные - 1350-1580°C и легкоплавные - менее 1350°C.

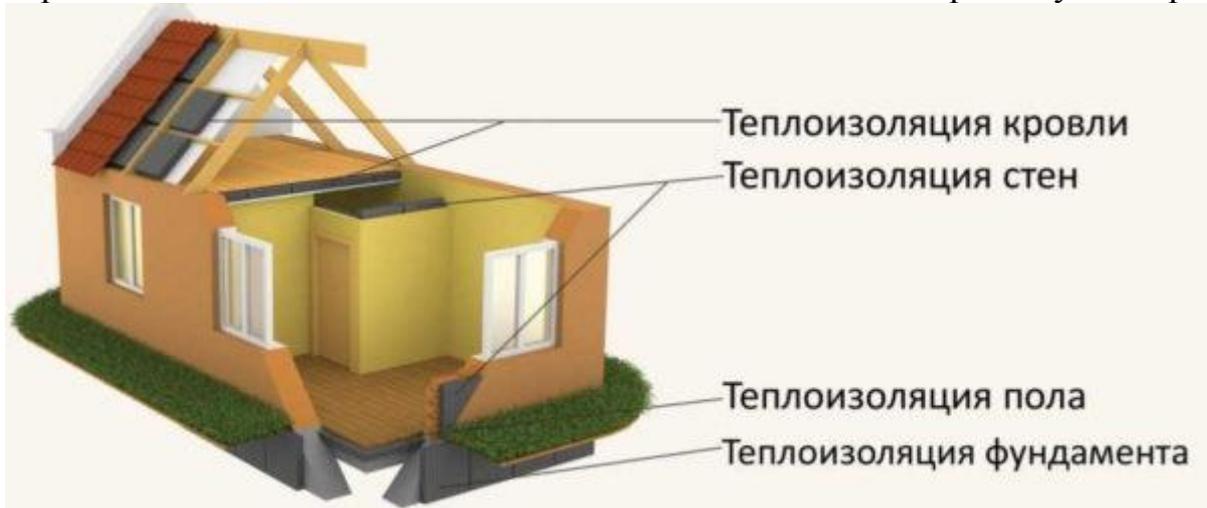
## 2.2 . Практическая часть.

### Материалы и методика исследования.

**Оборудование:** «домик» – коробка с двойными стенками, дном и полом, морозильная камера холодильника, фен для сушки волос (для нагревания воздуха), электронный термометр, исследуемые материалы.

Исследования проводились в морозильной камере бытового холодильника. Измерение температуры проводилось с помощью электронного термометра.

Теплопроводность определяется экспериментально с помощью различных методов. Большинство методов измерения теплопроводности основано на измерении теплового потока и изменении температур в исследуемом образце. Так как для определения теплопроводности необходимо получить абсолютное или сравнительное значение теплового потока, то для нас это показалось достаточно сложным в условиях школьной лаборатории. Поэтому мы определяли теплопроводность материалов как отношение изменения температуры ко времени, за которое это изменение произошло  $\Delta t/\Delta \tau$  (°C/мин). Для этого исследовали изменение температуры воздуха в «домике», стенами которого является материал исследуемого образца, за определённые промежутки времени.



1. Для проведения исследования мы изготовили «домик» – коробку с двойными стенками, полом, потолком, в эти пространства помешались исследуемые образцы.



2. В одной из стен прорезали окошко, которое заклеили прозрачным материалом, чтобы наблюдать за изменением температуры воздуха внутри.



3. Воздух в «домике» прогревали с помощью фена для сушки волос.
4. Помещали «домик» - коробку в морозильную камеру.



5. Через определённые интервалы времени снимали показания с термометра.
6. Все данные заносили в таблицу.
7. Повторяли исследование с другими образцами материалов.
8. Вычислили теплопроводность материалов как отношение изменения температуры ко времени, за которое это изменение произошло.

В данной работе исследованы теплоизолирующие свойства нескольких материалов: пенопласт, каменная вата, экструдированный пенополистирол, опилки, пух, солома.

№ п/п	Материал	$\Delta t$ , мин	$\Delta t$ , °C	Экспериментальная теплопроводность °C /мин
1.	Пенопласт	15	16,2	1,08
2.	Экструдированный пенополистирол	15	13,5	0,9
3.	Каменная вата	15	15	1
4.	Солома резаная	15	18	1,2
5.	Опилки	15	22,5	1,5
6.	Пух	15	10,5	0,7

№	Материал	Экспериментальная теплопроводность °C /мин	Табличная теплопроводность Вт/(м*К)
1.	Пенопласт	1,08	0,04
2.	Экструдированный пенополистирол	0,9	0,036
3.	Каменная вата	1	0,036-0,048
4.	Солома резаная	1,2	0,04
5.	Опилки	1,5	0,065
6.	Пух	0,7	0,029

### 3. Заключение и выводы

Полученные в ходе исследований результаты привели нас к выводу, что, искусственные и естественные теплоизоляционные материалы имеют близкие характеристики по теплопроводности.

Имеются искусственные материалы, которые не уступают по низкой теплопроводности естественным материалам, но и не превосходят их значительно. Так что наша гипотеза о том, что научные исследования привели к созданию супер-утеплителей, значительно превосходящих природные материалы, не подтвердилась. Лучший утеплитель – это пух. Конечно, это природный утеплитель, его не используют в строительстве домов, но с успехом применяют в производстве одежды.

Современные строительные утеплители применяются как на крупных строительных площадках, так и при строительстве частных домов. Они удобны в применении, но достаточно дорогие. Поэтому, вполне можно рассматривать в качестве утеплителя в частных каркасных домах соломенные спрессованные тюки. Опыт строительства таких частных домов в Беларуси уже имеется. Они экологичны и безопасны, так как спрессованная солома находится внутри ограждающих конструкций. Соломы в нашей республике на полях образуется много, она имеет низкую себестоимость. Есть дома, утепленные соломой, которые простояли 100 лет, и солома при этом не сгнила.

Если же взять экструдированный пенополистирол, то он имеет низкую теплопроводность, не очень высокую стоимость, но очень пожароопасен, хорошо горит с выделением очень едкого ядовитого дыма.

Теплоизоляционные свойства опилок незначительно хуже искусственных теплоизоляторов. Тем не менее, у опилок есть несколько важных преимуществ: это природный материал, они бесплатны, так как для лесопилок – это отходы, которые надо утилизировать.

Каменная (базальтовая) вата – это негорючий материал с отличными теплоизолирующими свойствами, удобная в монтаже. Поэтому для утепления нашего дома мы выбрали каменную (базальтовую) вату и утеплили наш дом. Нынешней зимой проверим результат.



Ещё в ходе исследования мы поняли, как важна точность в физических измерениях.

Мы убедились, что тема «Теплопроводность», изучаемая в курсе физики 8 класса, имеет высокую практическую значимость.

#### **Практические рекомендации:**

1. Для того, чтобы счета за отопление не были слишком большими, модернизируйте свои дома с целью улучшения их теплоизоляции.
2. Предварительно надо определиться с материалами, которые вы будете использовать при модернизации и строительстве. Причем, надо знать точно, какого вида будет материал стен, утепление, отделка и так далее. Ведь каждый из них вносит свою лепту в теплоизоляцию.
3. При покупке обращайте внимание на характеристики каждого покупаемого материала.
4. Выбирайте экологичные и безопасные материалы.

#### **4. Список использованных источников**

1. Исаченкова, Л.А. Физика. Учебное пособие для 8 класса учреждений общего среднего образования. Л.А./Исаченкова и др. – Минск: Народная асвета, 2018

2. Мансветова, Г. Физический эксперимент в школе: Из опыта работы. Пособие для учителей. Вып. 6/сост. Г. П. Мансветова , В. Ф. Гудкова.- М.:Просвещение , 1981.-192 с.,ил.
3. Осипова, В.А. Экспериментальное исследование процессов теплообмена. / В.А. Осипова.–М.: Энергия, 2001г. –318с.
4. Интернет-ресурсы