

**ФГАОУ ВПО «Национальный исследовательский университет  
«Высшая школа экономики»  
Министерство образования Пензенской области  
ГАОУ ДПО «Институт регионального развития Пензенской области»  
Управление образования города Пензы  
МБОУ «Лицей современных технологий управления № 2» г. Пензы  
МБОУ финансово-экономический лицей № 29 г. Пензы  
Портал поддержки Дистанционных Мультимедийных Интернет-Проектов «ДМИП.рф»**

**VII открытый региональный конкурс  
исследовательских и проектных работ школьников  
«Высший пилотаж - Пенза» 2026**

**ТЕПЛОПРОВОДНОСТЬ РАЗЛИЧНЫХ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ**

Выполнил: учащийся

8 ФМИ2 класса

Годин Сергей

Научный руководитель: учитель физики

Муравлев Даниил Андреевич

**Пенза, 2025**

## Содержание

Введение.....	3
Теплопередача.....	3
Теплоизоляционные материалы.....	4
Экспериментальная установка.....	4
Основные виды теплоизоляции трубопроводов .....	6
Эксперимент.....	7
Экономическое обоснование применения теплоизоляции.....	8
Вывод.....	10
Список используемой литературы.....	11
Приложение 1.....	12
Приложение 2.....	15

## Введение

В настоящее время остро стоит проблема экономии топливно-энергетических ресурсов, что приводит к увеличению требований к теплоизоляционным материалам. Они должны обеспечивать высокое сопротивление теплопередаче, снижая затраты на отопление. В строительстве активно применяются эффективные утеплители с низкими коэффициентами теплопроводности. Это направление строительного материаловедения определило выбор темы и актуальность моего исследования. Я изучу физические процессы теплоотдачи, теплопроводность материалов и их применение в современной жизни.

Объект исследования – теплопроводность материалов.

Предмет исследования – закономерности теплопроводности.

Цель исследования – экспериментально изучить теплопроводность и сравнить эффективность современных теплоизоляционных материалов.

## Теплопередача

В повседневной жизни мы часто сталкиваемся с тепловыми явлениями. На уроках физики я узнал о способах изменения внутренней энергии, в том числе о теплопередаче. Теплопередача происходит только между твердыми телами и неподвижными жидкостями при непосредственном контакте. В результате этого процесса кинетическая энергия молекул теплого вещества передается холодному, что приводит к равномерному распределению тепла до достижения теплового равновесия, когда температуры тел сравниваются.

Процесс изменения внутренней энергии без совершения работы над телом называется теплообменом. Тепло всегда передается от более нагретого тела к менее нагретому, и обратный процесс невозможен. Теплообмен играет важную роль в природе. Так же, мы можем наблюдать теплопроводность в быту: если оставить чашку с горячим чаем, температура чая сравняется с температурой воздуха, а воздух в комнате немного нагреется. То же самое происходит с продуктами из холодильника, которые постепенно нагреваются, а воздух в комнате немного остывает.

В природе существует несколько видов теплопередачи: теплопроводность, конвекция и излучение. Наше исследование посвящено экспериментальному изучению теплопроводности. Теплопроводность – это процесс передачи энергии в результате теплового движения и взаимодействия частиц вещества. Частицы колеблются быстрее, передавая энергию соседним частицам. Теплопроводность приводит к равномерному распределению тепла по всему телу или материалу. Коэффициент теплопроводности ( $\lambda$ ) характеризует количество теплоты, проходящей через материал определенной толщины за определенное время. В системе СИ его единицей измерения является Вт/(м·К).

Различные материалы по-разному проводят тепло. Металлы, особенно серебро и медь, обладают высокой теплопроводностью. Среди твердых веществ хуже всего проводят тепло керамика, пластмасса, дерево и ткань. Горячий противень или сковорода могут обжечь руку, поэтому мы используем прихватки из ткани или полимеров, которые плохо проводят тепло и защищают от ожогов. Это можно подтвердить опытами. Газы также обладают низкой теплопроводностью. Теплопроводность материалов зависит от их плотности и пористости, то есть количества воздуха в их составе. Шерсть, волосы, перья птиц, бумага, пробка и другие

пористые и волокнистые материалы имеют низкую теплопроводность из-за содержания воздуха, который является теплоизолятором. Самой низкой теплопроводностью обладает вакуум. Это можно объяснить тем, что теплопроводность – это перенос энергии от одной части тела к другой, который происходит при взаимодействии молекул или других частиц. В пространстве, где нет частиц, теплопроводность осуществляться не может.

### Теплоизоляционные материалы

Для сохранения тепла или холода необходимо защитить объект от окружающей среды, препятствуя теплообмену. Материалы с высокой теплопроводностью хорошо проводят тепло, а материалы с низкой теплопроводностью, такие как пористые и волокнистые, задерживают тепло благодаря содержанию воздуха. На этом принципе основано производство теплоизоляционных материалов для строительства. Они защищают здания от резких температурных перепадов и теплопотерь в холодный период года. Так же, они используются для изоляции трубопроводов. Теплоизоляционные материалы имеют высокую пористость и малую плотность, что обеспечивает низкую теплопроводность. Теплопроводность является ключевым показателем эффективности современных теплоизоляционных материалов. В настоящее время производится множество таких материалов, которые различаются по плотности, жесткости, исходному сырью и структуре.

Целью моего исследования будет разобраться, какие существуют виды теплоизоляции для трубопроводов, определить коэффициент теплопроводности теплоизоляционных материалов методом трубы, какой экономический эффект может быть при использовании различных видов теплоизоляционных материалов.

Для определения коэффициента теплопроводности теплоизоляционных материалов часто используется метод трубы. В этом случае материалу придается форма цилиндрического слоя, который плотно закрепляется на поверхности круглой трубы. Изнутри труба равномерно обогревается. При установившемся тепловом режиме через слой исследуемого материала проходит тепловой поток  $Q$ . Его величину можно определить по следующей формуле:

$$Q = \frac{\pi \ell (t_{c1} - t_{c2})}{\frac{\ell}{2\lambda_c} \ln \frac{d_2}{d_1}},$$

где  $\lambda_c$ - коэффициент теплопроводности исследуемого материала, Вт/(м·К);  $\ell$  - длина опытного участка трубы, м;  $d_1, d_2$ – внутренний и наружный диаметры цилиндрического слоя материала, м;  $t_{c1}$  и  $t_{c2}$ - температуры внутренней и внешней поверхности этого слоя, °С.

### Экспериментальная установка

Для проведения измерений с помощью родителей была спроектирована и собрана экспериментальная установка.

Экспериментальная лабораторная установка, представленная на рис 1.1, состоит из трубы 1 с опытным участком длиной  $l = 0,6$  м. Изоляционный цилиндрический слой исследуемого материала 2 имеет внутренний диаметр  $d_1 = 0,032$  м и наружный  $d_2 = 0,075$  м.

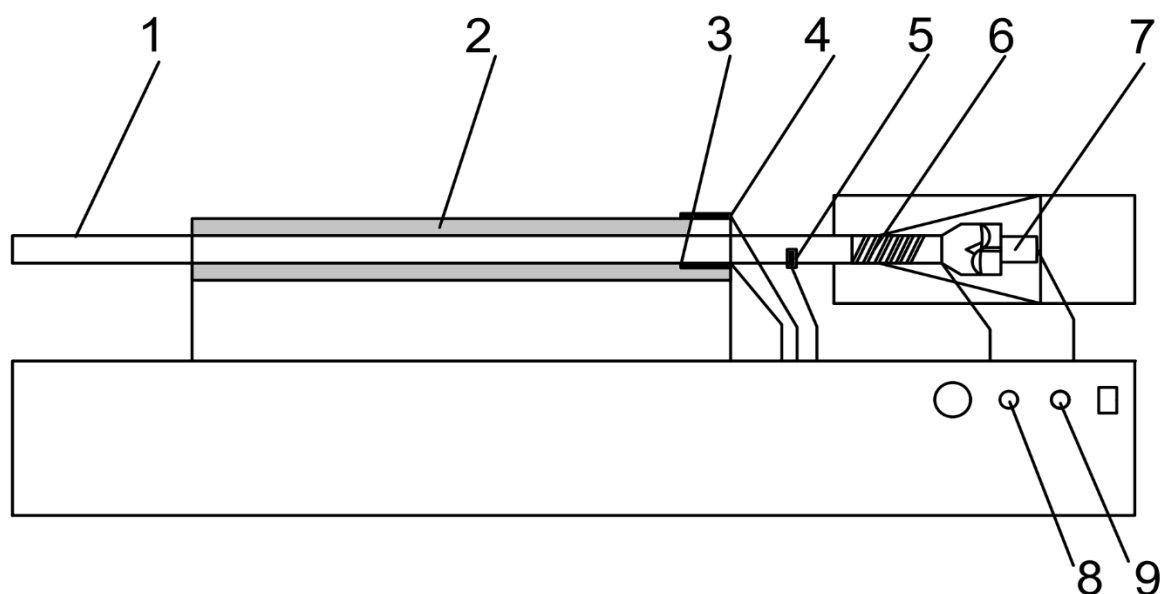


Рис.1.1. Схема экспериментальной установки и измерений для определения теплопроводности материалов методом трубы: 1 – цилиндрическая труба; 2 – исследуемый материал; 3 – датчик температуры DS18B20, закрепленный на трубе; 4 – датчик температуры DS18B20, закрепленный на исследуемом материале; 5 – термопара для измерения температуры теплоносителя внутри трубы; 6 – элемент электронагревателя; 7 – электрический вентилятор; 8 – регулятор оборотов вентилятора; 9 – регулятор устанавливаемой температуры.

Внутри трубы установлен электрический нагреватель, сквозь который с помощью вентилятора нагнетается воздух.

Управление нагревателем реализовано с помощью микроконтроллера Arduino, на основе которого собран ПИД регулятор. ПИД регулятор температуры предназначен для управления температурой на основе использования ПИД алгоритма, который улучшает точность процесса регулировки. Принцип работы данного алгоритма основан на использовании обратной связи. ПИД регулятор температуры использует специальную математическую формулу для расчета разницы между текущим значением температуры и его требуемым значением.

ПИД регулятор состоит из трёх составляющих: пропорциональной P (proportional), интегрирующей I (integral) и дифференцирующей D (derivative) и формируется просто как сумма трёх значений, умноженных каждая на свой коэффициент. Эта сумма после вычислений становится управляющим сигналом, который подаётся на управляющее устройство. Обозначим его как output:

$$\text{output} = P * K_p + I * K_i + D * K_d;$$

Где  $K_p$ ,  $K_i$  и  $K_d$  это коэффициенты, которые нужно настроить для работы ПИДа. Значения тут могут быть самые разные, от 0.001 до десятков и тысяч, это зависит от конкретной системы и её диапазона значений входа и выхода.

Управляющий сигнал включает исполнительный механизм чтобы поддерживать температуру на заданном уровне. Подобный алгоритм действий не только уменьшает влияние окружающей среды, но также уменьшает ошибки регулирования, которые присущи обычным алгоритмам, основанным на механизме включения/выключения. Нам необходимо измерять значение температуры. Для этого мы будем использовать термопару типа К в связке с модулем преобразователя термопары на микросхеме MAX6675 (MAX6675 Cold-Junction-Compensated K-Thermocouple to Digital Converter IC), что даст нам возможность измерять значения температуры вплоть до нескольких сотен градусов. Модуль MAX6675 в данном случае выполняет роль преобразователя аналогового сигнала в цифровой. Значения температуры, считываемые с термопары, будут действовать как обратная связь. Итак, мы будем измерять разницу (ошибку) между текущим значением температуры и ее требуемым значением и с помощью пропорционально-интегрально-дифференциального (ПИД) алгоритма будем пытаться свести эту разницу к нулю. Так же, для регулятора нам понадобятся: Плата Arduino Nano, LCD - дисплей, энкодер с кнопкой, твердотельное реле для включения нагревателя.

Полный код программы для ПИД регулятора находится в Приложении 1.

Так же, на микроконтроллере Arduino реализован блок измерения температуры с помощью датчиков DS18B20 с последующим выводом их показаний на LCD-дисплей. Помимо показаний температуры с датчиков на дисплей выводится разница температур датчика, закрепленного на исследуемом материале, и датчика, закрепленного на трубе.

Полный код программы для блока измерения температур находится в Приложении 2.

### **Основные виды теплоизоляции трубопроводов**

Существует несколько основных типов теплоизоляционных материалов для труб. Для эксперимента я взял три основных типа: цилиндры из вспененного полиэтилена, вспененного каучука и из минеральной ваты с толщиной стенки 20 мм.

Разберем основные свойства этих материалов:

#### **1. Вспененный полиэтилен**

Изоляция из вспененного полиэтилена отличается низким коэффициентом теплопроводности, гибкостью, малым весом и относительно доступной ценой. Материалы относятся к слабогорючим, при горении не выделяют токсичных веществ. Утеплитель не восприимчив к воздействию влаги, что позволяет использовать его для уличного монтажа, а также во влажных помещениях. Полиэтиленовая теплоизоляция выпускается в форме трубок и рулонов, которые благодаря легкому весу и эластичности легко монтировать на трубопровод.

#### **2. Вспененный каучук**

Вспененный каучук Синтетический вспененный каучук имеет низкий коэффициент теплопроводности, устойчив к влаге, обладает высокими показателями сопротивления диффузии пара. Изоляция не поддерживает горение и безопасна для здоровья человека. Утеплитель выпускается в виде трубок, оболочек, листов и рулонов. Большинство производителей предусмотрели наличие самоклеящейся изоляции для большего удобства и ускорения монтажа. Для использования вне помещений рекомендуется использовать продукцию с дополнительным покрытием, повышающим устойчивость к внешним воздействиям.

### 3. Минеральная вата

Одним из традиционных вариантов утеплителя является минеральная вата. Она сочетает хорошие характеристики и доступную стоимость. Разнообразные формы выпуска позволяют подобрать наиболее подходящий тип изоляции для монтажа. Это могут быть:

- цилиндры, отводы и тройники, которые плотно прилегают к поверхности трубы, зачастую снабжены замком фиксации

- прошивные или ламельные маты, которые подходят для труб большого диаметра.

Помимо низкой теплопроводности, минеральная вата обладает высокими огнестойкими свойствами, устойчива к возгоранию. А специфичная структура материала предполагает высокие звукоизоляционные характеристики. Материал долговечен и ремонтпригоден. В случае проведения трубопровода вне помещения может быть выбрана продукция с алюминизированным покрытием или использовать дополнительное защитное покрытие. Минвата может впитывать влагу, что является её основным недостатком. При этом она частично теряет свои свойства.

#### Эксперимент

В начале эксперимента мы закрепляем на установке первый испытуемый образец, закрепляем на поверхности образца датчик температуры и включаем экспериментальную установку. Температуру проходящего по трубе газа устанавливаем с помощью регулятора равной 95 °С. Необходимо подождать несколько минут до того момента как фактическая температура проходящего по трубе газа будет постоянно находиться в промежутке от 94 °С до 96 °С. Температура окружающей среды на протяжении всего эксперимента оставалась одинаковой и составляла 24 °С.

Затем мы наблюдаем за показаниями датчиков температуры. Показания датчиков начинают постепенно расти. Через некоторое время они перестают меняться и мы фиксируем результаты. Затем, меняем образец и повторяем эксперимент. Таким образом, мы проводим четыре теста: тест без теплоизоляции, тест с изоляцией на основе минеральной ваты, тест с изоляцией на основе вспененного каучука и тест с изоляцией на основе вспененного полиэтилена. Все полученные данные я внес в таблицу.

Таблица 1. Результаты тестов.

Тип материала	Температура теплоносителя, °С	Температура наружной стенки трубы, °С	Температура на поверхности образца, °С	Разница температур на трубе и теплоизоляции, °С	Разница температур теплоносителя на теплоизоляции/трубы, °С
Без теплоизоляции	95	65,6	-	-	29,4
Минеральная вата	95	81,5	33,3	48,2	61,7
Вспененный каучук	95	82,3	32,2	50,1	62,8
Вспененный полиэтилен	95	79,5	34,8	44,7	60,2

В результате проведенного эксперимента мы доказали, что у различных теплоизоляционных материалов теплопроводность отличается. Лучше всего, с точки зрения сохранения тепла, себя показал образец из вспененного каучука. У него самая большая разница температур между температурой теплоносителя и температурой на поверхности теплоизоляции. Хуже всего – из вспененного полиэтилена. У этого образца разница указанных температур меньше всего. Средний результат показал образец из минеральной ваты.

Так же, в результате эксперимента, мы увидели, что без применения теплоизоляционных материалов наблюдаются значительные тепловые потери и применение теплоизоляции необходимо для сохранения температуры теплоносителя.

### **Экономическое обоснование применения теплоизоляции**

В результате полученных экспериментальных данных мы увидели, что с точки зрения снижения тепловых потерь, лучше всего для теплоизоляции труб использовать цилиндры из вспененного каучука.

Но, необходимо учитывать еще и стоимость материалов. Возможно, может оказаться, что с экономической точки зрения стоит использовать материал, который хуже по показателю теплопроводности, но более дешевый.

Я решил разобраться в этом вопросе.

Посчитаем тепловые потери участка трубопровода диаметром 32 мм и длиной 100 м с теплоизоляцией толщиной 20 мм. Будем использовать материалы, которые мы проверяли в ходе эксперимента. Для расчета будем использовать формулу:

$$Q=2\pi\cdot\lambda\cdot(Tв-Tн)\cdot L/\ln(Dн/Dв)$$

$Q$  – тепловые потери трубопровода (Вт).

$2\pi$  – константа.

$\lambda$  – коэффициент теплопроводности теплоизоляционного материала (Вт/(м·°С)).

$Tв$  – температура теплоносителя внутри трубы (°С).

$Tн$  – температура наружного воздуха (°С).

$L$  – длина трубопровода (м).

$\ln$  – натуральный логарифм.

$Dн$  – наружный диаметр трубы с теплоизоляцией (м).

$Dв$  – внутренний диаметр трубы (м).

На основании расчетов заполним таблицу:  
 Таблица 2. Теплотери трубопровода с различными видами теплоизоляции

Показатель	Без теплоизоляции, стальная труба	Минеральная вата	Вспененный каучук	Вспененный полиэтилен
Наружный диаметр трубы, мм	32	32	32	32
Длина трубопровода, м	100	100	100	100
Температура теплоносителя, °С	95	95	95	95
Температура окружающей среды, °С	24	24	24	24
Толщина слоя теплоизоляции, мм	0	20	20	20
Коэффициент теплопроводности теплоизоляции, Вт/м°С	55	0,037	0,034	0,039
Расчетные теплотери трубопровода, Вт	20820825,23	2034,40	1869,45	2144,37

Годовая экономия от применения теплоизоляции определяется как произведение снижения тепловых потерь на стоимость тепловой энергии и продолжительность отопительного периода. Рассчитаем экономию для нашего трубопровода длиной 100 м.

Годовая экономия, руб = (Снижение тепловых потерь, Вт \* Стоимость тепловой энергии, руб/Гкал \* Продолжительность отопительного сезона, ч) / (1000\*1000000).

Срок окупаемости = Стоимость теплоизоляции, руб / Годовая экономия, руб

Таблица 3. Сроки окупаемости

Показатель	Минеральная вата	Вспененный каучук	Вспененный полиэтилен
Снижение тепловых потерь на, Вт	20818350,96	20818955,78	20818680,86
Стоимость тепловой энергии, руб/Гкал	2493,62	2493,62	2493,62
Продолжительность отопительного сезона, ч	5000	5000	5000
Годовая экономия, руб.	259570,77	259572,82	259569,39
Стоимость теплоизоляции, руб	206руб/м*100 м =20600 руб	292руб/м*100 м =29200 руб	136руб/м*100 м =13600 руб
Срок окупаемости, лет	0,08	0,11	0,05

## **Вывод**

Исходя из полученных данных, можно сделать вывод, что самую большую годовую экономию мы получим при использовании теплоизоляции из вспененного каучука. Но, срок окупаемости самый короткий будет у самого дешевого материала – вспененного полиэтилена. Однако, необходимо заметить, что на объектах с большими длинами труб отопления и на длинных временных дистанциях, использование вспененного каучука предпочтительнее из-за постоянной более высокой экономии, связанной с меньшими теплотерями, по сравнению с другими материалами.

Так же, стоит уточнить, что для проведения своего исследования я использовал теплоизоляционные цилиндры из различных материалов одинаковой толщины, чтобы эксперимент получился корректным. Но, толщина теплоизоляции, используемая для каждого объекта на практике, рассчитывается индивидуально, и зависит от температуры теплоносителя, температуры окружающей среды, диаметра трубы и других факторов. Для теплоизоляционных материалов с меньшей теплопроводностью толщина используемых цилиндров может быть меньше. Это влечет за собой экономию средств, т.к. теплоизоляционные цилиндры меньшей толщины – дешевле.

### Список используемой литературы

1. Перышкин, А.В. Физика 8. – М.: Дрофа, 2014.-237 с.
2. Ванклив, Дж. Занимательные опыты по физике. – М.: АСТ, Астрель, 2008.-254 с.
3. Программирование микроконтроллерных плат Arduino/Freeduino/ Улли Соммер, 2016.- 256 с.
4. Теплотери изоляции труб. Расчет толщины и окупаемости [Электронный ресурс].- Режим доступа: <https://inner.su/articles/tablitsa-teploter-izolyatsii-trub-raschet-tolshchiny-i-okupaemosti-2025/>
5. Расчет теплотерь трубопровода. [Электронный ресурс].- Режим доступа: <https://pro-obogrev.ru/calculation/>

## Приложение 1.

### Программный код ПИД регулятора.

```
#include "GyverEncoder.h" // Подключаем библиотеку для
работы с энкодером
#include "TimerOne.h" // необходима для работы в
прерывании - зависимость у энкодера
#define CLK 3 // Указываем к какому порту
подключен вывод CLK
#define DT 4 // Указываем к какому порту
подключен вывод DT
#define SW 2 // Указываем к какому порту
подключен вывод SW
Encoder enc1(CLK, DT, SW);
#include "GyverPID.h"
GyverPID regulator(10.0, 1.5, 0.5, 100); // Подключение и настройка
библиотеки PID Gyver
#include "GyverMAX6675.h" // Подключаем библиотеку для
работы с термопарой
#define CLK_PIN 10 // Пин SCK
#define DATA_PIN 8 // Пин SO
#define CS_PIN 9 // Пин CS
GyverMAX6675 <CLK_PIN, DATA_PIN, CS_PIN> thermocouple;
#include "LiquidCrystal_I2C.h" // Подключаем библиотеку
для работы с дисплеем
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 16, 2); // адрес, столбцов, строк

#include "PWMrelay.h"
PWMrelay relay(12); // твердотельное реле на 12
пине

volatile int set_temp = 95; // Создаём переменные для
регулирования температуры - задание после включения
unsigned long timing;
int cur_temp;
float value = 30;

void setup()
{
  Serial.begin(9600); // Открытие
последовательного порта на скорости 115200
  Serial.setTimeout(50);
  enc1.setType(TYPE2); // тип энкодера TYPE1
одношаговый, TYPE2 двухшаговый
```

```

    Timer1.initialize(1000);           // установка таймера на
каждые 1000 микросекунд (= 1 мс)
    Timer1.attachInterrupt(timerIsr); // запуск таймера

    regulator.setDirection(NORMAL);   // направление
регулирования (NORMAL/REVERSE)
    regulator.setLimits(0, 255);     // лимиты регулятора
    lcd.init();                       // инициализация дисплея
    lcd.backlight();                 // включить подсветку

    relay.setLevel(LOW);              // уровень реле
(HIGH/LOW)
    relay.setPeriod(1000);           // период,
миллисекунды
}

void timerIsr() {                    // прерывание таймера
    enc1.tick();
    if (enc1.isRight()) set_temp = set_temp + 1; // поворот = изменение
на 1 градус
    if (enc1.isLeft()) set_temp = set_temp - 1;
    if (enc1.isFastR()) set_temp = set_temp + 5; // быстрый поворот =
изменение на 5 градусов
    if (enc1.isFastL()) set_temp = set_temp - 5;
    if (set_temp >= 350) set_temp = 350; if (set_temp <= 10) set_temp =
10; // ограничение задания температуры
}

void loop()
{
    if (millis() - timing > 1000) { //опрос датчика
температуры и вывод в монитор порта значений всех параметров
        cur_temp = thermocouple.getTempInt();
        Serial.print("Settings: set temp=");
        Serial.print(set_temp);
        Serial.print(" Pi=");
        Serial.print(regulator.Kp);
        Serial.print(" Ki=");
        Serial.print(regulator.Ki);
        Serial.print(" Kd=");
        Serial.println(regulator.Kd);
        regulator.input =
cur_temp;
        Serial.print("Reley PWM=");

```

```

        Serial.print(regulator.getResultTimer(),0);
        Serial.print("  Current temp=");
        Serial.println(cur_temp);
        Serial.println(set_temp);
    timing = millis();
    }
    lcd.setCursor(0,1);
    lcd.print("Tmp.current: ");
    lcd.print(cur_temp); // Вывод значения текущей
температуры на дисплей
    if (cur_temp < 100) lcd.print("
");
    lcd.setCursor(0,0);
    lcd.print("Tmp.is set: ");
    lcd.print(set_temp); // Вывод заданной температуры
на дисплей
    if (set_temp < 100) lcd.print(" ");
    if (Serial.available() > 2) {
        char incoming = Serial.read();
        float value = Serial.parseFloat();
        switch (incoming) { // можно изменять параметры PID
регулятора подавая команды в порт
            case 'p': regulator.Kp = value; // значения будут действовать
до перезагрузки
                break; // изменения навсегда в строку
GyverPID regulator(Pi, Ki, Kd, 100);
            case 'i': regulator.Ki = value;
                break;
            case 'd': regulator.Kd = value;
                break;
        }
    }
    regulator.setpoint = set_temp; // сообщаем
регулятору температуру, которую он должен поддерживать
    relay.tick(); // задаём сигнал ШИМ
использован медленный специально для реле 0-255
    relay.setPWM(regulator.getResultTimer()); // вывод на пин
управления значение с PID регулятора
}

```

## Приложение 2.

Программный код датчиков температуры и вывода показаний на дисплей.

```
#include <SPI.h>
#include <Wire.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>           // подключаем библиотеку для
дисплея
LiquidCrystal_I2C LCD(0x27,16,2);      // присваиваем имя LCD для
дисплея
#include <OneWire.h>
#include <DallasTemperature.h>         // библиотека датчиков
#define ONE_WIRE_BUS 10                // датчики на пине 10
#define precision 12                   // OneWire precision Dallas
Sensor
int sen_number = 0;                    // Counter of Dallas sensors
OneWire oneWire(ONE_WIRE_BUS);
DallasTemperature sensors(&oneWire);
DeviceAddress T1, T2;                  // адреса двух датчиков

void setup()
{
  LCD.init();                           // инициализация LCD
дисплея
  LCD.backlight();                       // включение подсветки
дисплея
  Serial.begin(9600);
  Serial.println("Dallas Temperature IC Control Library"); // выводим в порт информацию
sensors.begin();
  Serial.print("Found: ");
  Serial.print(sensors.getDeviceCount(), DEC);
  Serial.println(" Devices.");
  Serial.print("Parasite power is: ");
  if (sensors.isParasitePowerMode()) Serial.println("ON");
```

```

else Serial.println("OFF");

if (!sensors.getAddress(T1, 0)) Serial.println("Not Found Sensor 1");
if (!sensors.getAddress(T2, 1)) Serial.println("Not Found Sensor 2");
for (int k = 0; k < sensors.getDeviceCount(); k++) {
  Serial.print("Sensor "); Serial.print(k+1);
  Serial.print(" Address: ");
  if (k == 0) { printAddress(T1); Serial.println();
} else if (k == 1) { printAddress(T2); Serial.println();
}
}

sensors.setResolution(T1, precision);
sensors.setResolution(T2, precision);

for (int k = 0; k < sensors.getDeviceCount(); k++) {
  Serial.print("Sensor "); Serial.print(k+1);
  Serial.print(" Resolution: ");
  if (k == 0) { Serial.print(sensors.getResolution(T1), DEC); Serial.println();
} else if (k == 1) { Serial.print(sensors.getResolution(T2), DEC); Serial.println();
}
}

void printAddress(DeviceAddress deviceAddress)
{
  for (uint8_t i = 0; i < 8; i++)
  {
    if (deviceAddress[i] < 16) Serial.print("0");
    Serial.print(deviceAddress[i], HEX);
  }
}

```

```

void printTemperature(DeviceAddress deviceAddress)
{
float tempC = sensors.getTempC(deviceAddress);
Serial.print("Temp : ");
Serial.print(tempC);
Serial.print(" Celcius degres ");
void printResolution(DeviceAddress deviceAddress)
{
}

void printData(DeviceAddress deviceAddress)
{
Serial.print("Device Address: ");
printAddress(deviceAddress);
Serial.print(" ");
printTemperature(deviceAddress);
Serial.println();
}
void loop(void)
{
Serial.print("Reading DATA..."); sensors.requestTemperatures(); Serial.println("DONE");
for (int k =0; k < sensors.getDeviceCount(); k++) {
Serial.print("Sensor "); Serial.print(k+1); Serial.print(" ");
if (k == 0) { printData(T1);
} else if (k == 1) { printData(T2);
}
}
if (sen_number == sensors.getDeviceCount()) {
sen_number = 0;
}
}

```

```
float deltaSensors = sensors.getTempC(T1) - sensors.getTempC(T2);
LCD.setCursor(0,0); //выводим на дисплей показания датчиков
LCD.print("T1=");LCD.print(sensors.getTempC(T1)); LCD.write((char)223); LCD.print("C|");
LCD.setCursor(0,1);
LCD.print("T2=");LCD.print(sensors.getTempC(T2)); LCD.write((char)223); LCD.print("C|");
LCD.setCursor(11,0);
LCD.print("T1-T2");
LCD.setCursor(11,1);
LCD.print(deltaSensors); // выводим на дисплей разницу показаний
датчиков
Serial.print("Sensor Number="); Serial.println(sen_number);
delay(2000);
sen_number++;
}
```

## Рецензия

На проект учащегося 8-го ФМИ2 класса, Година Сергея.

Проект ученика посвящен исследованию теплопроводности различных теплоизоляционных материалов и оценке их экономического эффекта при применении в строительстве.

### Основные положения исследования

#### Актуальность темы

Актуальность исследования обусловлена необходимостью сокращения расходов на отопление зданий и сооружений путем выбора эффективных теплоизоляционных материалов. Понимание процессов теплопередачи и свойств различных материалов помогает оптимизировать расходы на строительство и эксплуатацию объектов недвижимости.

#### Объект и предмет исследования

Объект: Теплопроводность материалов.

Предмет: Закономерности теплопроводности разных материалов.

#### Цель исследования

Определить эффективность различных теплоизоляционных материалов методом трубы и оценить их экономические преимущества.

#### Экспериментальные методы

Автор разработал собственную установку для изучения теплопроводности трех типов теплоизоляционных материалов: вспененного полиэтилена, вспененного каучука и минеральной ваты. Исследование проводилось с использованием датчиков температуры и специализированного программного обеспечения на платформе Arduino.

Оценивалось снижение теплотерь, исходя из рассчитанных показателей и цен на материалы.

#### Оценка качества исполнения

Работа характеризуется высоким уровнем организации и четким научным подходом. Эксперимент проведен грамотно, расчеты выполнены корректно. Использование специализированных приборов и платформ программирования свидетельствует о высоком интересе автора к науке и технике.

### Заключение

Исследование выполнено качественно и заслуживает положительной оценки. Оно демонстрирует способность учащегося самостоятельно проводить эксперименты, анализировать полученные данные и делать обоснованные выводы. Проект

полезен для понимания роли теплоизоляции в энергосберегающих технологиях и служит хорошим примером проектной работы для учеников средней школы.

Таким образом, работа ученика Година Сергея представляет научный и прикладной интерес, демонстрируя понимание физических законов и умение применять их на практике.

Учитель физики  
ГБНОУ ПО «Губернский лицей»  
Муравлев Д.А.