МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

(ДГТУ)

Кафедра «Гидравлика, гидропневмоавтоматика и тепловые процессы»

***Лабораторная (практическая) работа №4В***

по дисциплине «\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_»

«**ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННОГО МАТЕРИАЛА»**

**Выполнил(а) студент(ка) группы\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_**

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

**Проверил:\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_**

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

|  |  |
| --- | --- |
| Отметка о выполнении практической части работы | Отметка о защите |
|  |  |

Ростов-на-Дону

20\_\_

1. **Цель работы.** Освоение одного из методов определения коэффициентатеплопроводности теплоизоляционных материалов (метод цилиндрического слоя) и закрепление знаний по теории теплопроводности.
2. **Основные положения**.Теплота является наиболее универсальной формой передачиэнергии, возникающей в результате молекулярно-кинетического (теплового) движения микрочастиц - молекул, атомов, электронов. Универсальность тепловой энергии состоит в том, что любая форма энергии (механическая, химическая, электрическая, ядерная и т.п.) трансформируется, в конечном счете, либо частично, либо полностью в тепловое движение молекул (теплоту). Различные тела могут обмениваться внутренней энергией в форме теплоты, что количественно выражается первым законом термодинамики.

*Теплообмен* −это самопроизвольный процесс переноса теплоты в пространствес неоднородным температурным полем.

*Температурным полем* называют совокупность мгновенных значенийтемпературы во всех точках рассматриваемого пространства. Поскольку температура − скалярная величина, то температурное поле − скалярное поле.

В общем случае перенос теплоты может вызываться неоднородностью полей других физических величин (например, диффузионный перенос теплоты за счет разности концентраций и др.). В зависимости от характера теплового движения различают следующие виды теплообмена.

*Теплопроводность* -молекулярный перенос теплоты в среде с неоднороднымраспределением температуры посредством теплового движения микрочастиц.

*Конвекция –* перенос теплоты в среде с неоднородным распределением температуры при движении среды.

*Теплообмен излучением* – теплообмен, включающий переход внутренней энергии тела (вещества) в энергию излучения, перенос излучения, преобразование энергии излучения во внутреннюю энергию другого тела (вещества).

В зависимости от времени теплообмен может быть: *стационарным*,если температурное поле не зависит от времени; *нестационарным*,если температурное поле меняется во времени.

Для количественного описания процесса теплообмена используют следующие величины:

Температура Т в данной точке тела, осредненная: по поверхности, по объему, по массе тела. Если соединить точки температурного поля с одинаковой температурой, то получим *изотермическую поверхность*. При пересечении изотермической поверхности плоскостью получим на этой плоскости *семейство изотерм* − линий постоянной температуры.

Перепад температур ∆Τ − разность температур между двумя точками одного тела, двумя изотермическими поверхностями, поверхностью и окружающей средой, двумя телами. Перепад температуры вдоль изотермы равен нулю. Наибольший перепад температуры происходит по направлению нормали к изотермической поверхности. Возрастание температуры по нормали к изотермической поверхности характеризуется градиентом температуры.

*Средний градиент температуры* – отношение перепада температур между двумя изотермическими поверхностями к расстоянию между ними ∆n, измеренному по нормали n к этим поверхностям (рис. 1).

*Истинный градиент температуры* −средний градиент температуры при ∆n—>0 или это есть вектор, направленный по нормали изотермической поверхности в сторону возрастания температуры, численно равный первой производной температуры по этой нормали.:

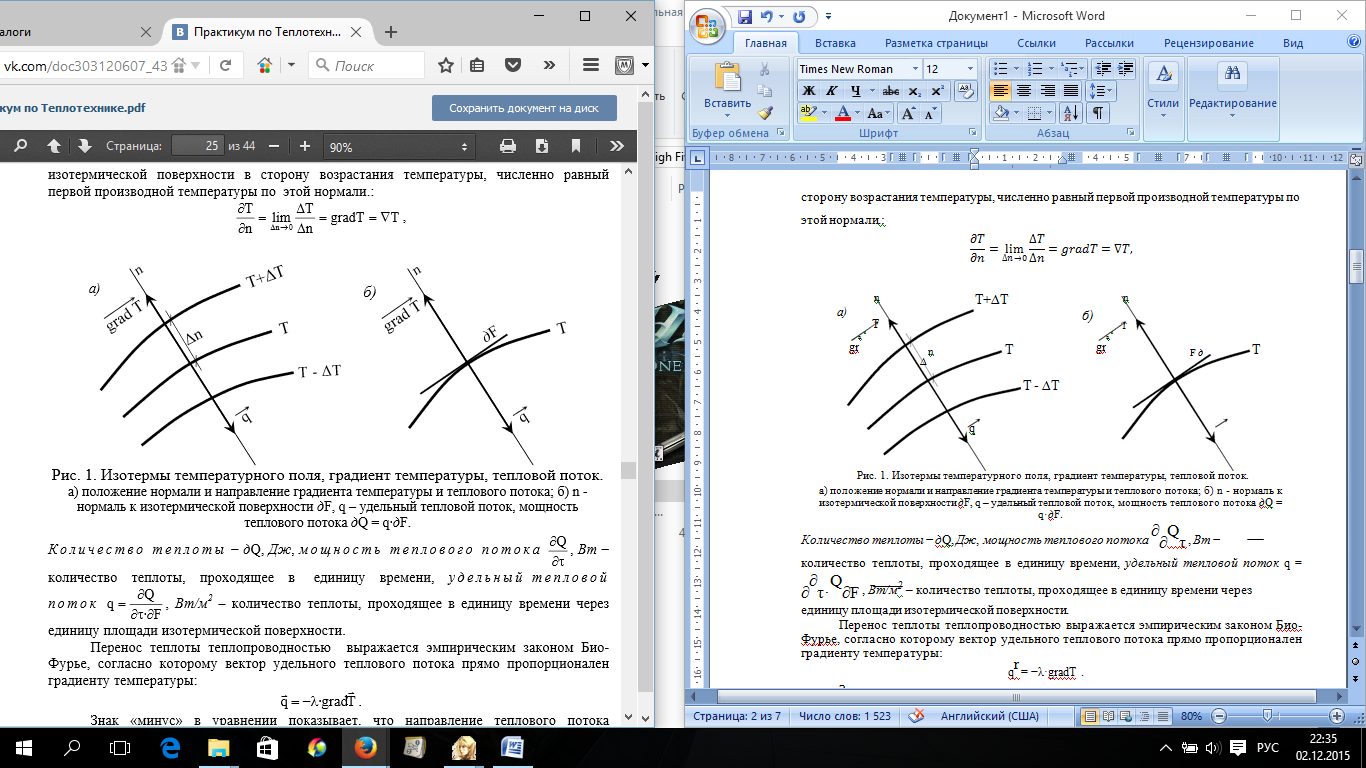


Рис. 1. Изотермы температурного поля, градиент температуры, тепловой поток.

а) положение нормали и направление градиента температуры и теплового потока; б) n - нормаль к изотермической поверхности *д*F, q – удельный тепловой поток, мощность теплового потока *д*Q = q·*д*F.

*Количество теплоты* − *д*Q, *Дж*, *мощность теплового потока* , *Вт* – количество теплоты, проходящее в единицу времени, удельный тепловой поток

*Вт/м2* –количество теплоты, проходящее в единицу времени через единицу площади изотермической поверхности.

Перенос теплоты теплопроводностью выражается эмпирическим законом Био-Фурье, согласно которому вектор удельного теплового потока прямо пропорционален градиенту температуры:

Знак «минус» в уравнении показывает, что направление теплового потока противоположно направлению градиента температуры.

Коэффициент пропорциональности λ в уравнении характеризует способность тел проводить теплоту и называется *коэффициентом теплопроводности*.

Количественно коэффициент теплопроводности λ – тепловой поток (*Вт*), проходящий через единицу поверхности (*м2*) при единичном градиенте температур (*град/м*), и имеет размерность *Вт/(м·град)*.

Коэффициент теплопроводности – физическая характеристика, зависящая от химического состава и физического строения вещества , его температуры, влажности и ряда других факторов. Коэффициент теплопроводности имеет максимальные значения для чистых металлов и минимальные для газов.

*Теплоизоляционные материалы.* К числу теплоизоляционных материалов могут бытьотнесены все материалы, обладающие низким коэффициентом теплопроводности (менее 5

*Вт/(м·град)* приt = 0 *°С*).

Теплоизоляционные материалы могут быть неорганического происхождения (асбест, шлаки, глины, пески, минералы и т.д.), органического (шерсть, хлопок, дерево, кожа, резина, текстолит и т.д.) и смешанными, т.е. состоящими одновременно из органических и неорганических веществ. Материалы органического происхождения используют в области температур, не превышающих +150 °*С*. Для более высоких температур применяются материалы неорганического происхождения.

Теплопроводность твердых теплоизоляционных материалов, как правило, определяется их пористостью (т.е. общим объемом газовых включений, отнесенным к единице объема изоляционного материала), размером пор и влажностью. С ростом

влажности теплопроводность увеличивается. Теплопроводность пористых тел сильно возрастает с температурой; при температурах более 1300°С тепловые изоляторы становятся проводниками тепла. Сплошные диэлектрические материалы, например, стекло, имеют более высокую теплопроводность по сравнению с пористыми материалами.

Установлено также, что чем выше плотность материала, тем больше его теплопроводность.

*Однослойная стенка* (трубка)приλ= const.Рассмотрим цилиндрическую стенку(трубку)длиной *l* с внутренним r1 и внешним r2 радиусами (рис. 2).

Заданы температуры T1 внутренней и T2 наружной поверхностей стенки . Условием одномерности теплового потока будет условие *l* >>> r2, откуда следует *дq*/*дl* = 0. Дифференциальное уравнение теплопроводности в полярных координатах при λ=const и отсутствии внутреннего источника теплоты (Qv = 0) имеет вид:

При заданных граничных условиях:

r = r1; T = T1; r = r2; T = T2.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Получим |  |  |  |  |  |

Температура цилиндрической стенки меняется по логарифмической зависимости

(рис. 2).

Удельный тепловой поток q через единицу площади цилиндрической поверхности будет величиной переменной:

Мощность теплового потока Q=q·F через цилиндрическую поверхность площадью F=2π ·r·*l* (*l* - длина цилиндрической стенки) есть постоянная величина, равная:

Полученную формулу можно записать, используя понятие *термического* *сопротивления*:

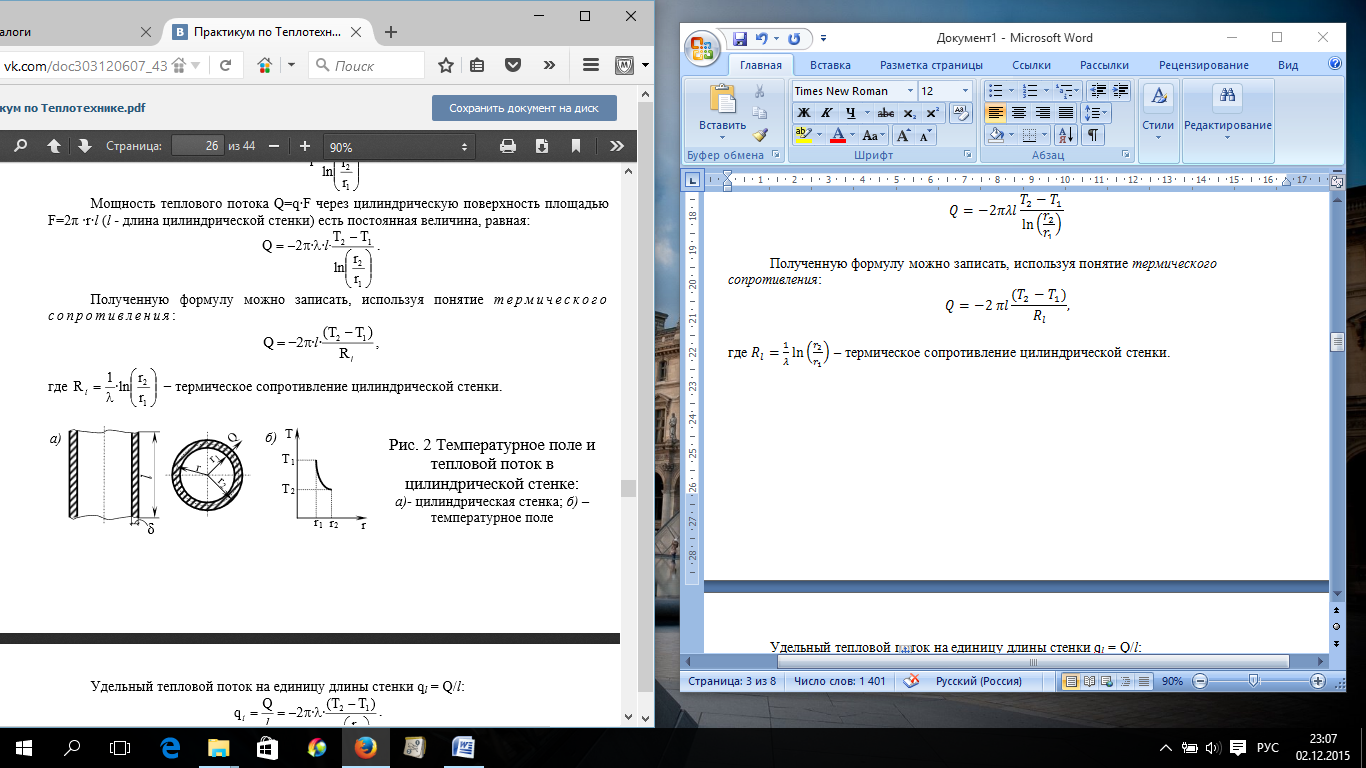
где – термическое сопротивление цилиндрической стенки

Рис. 2 Температурное поле и тепловой поток в цилиндрической стенке:

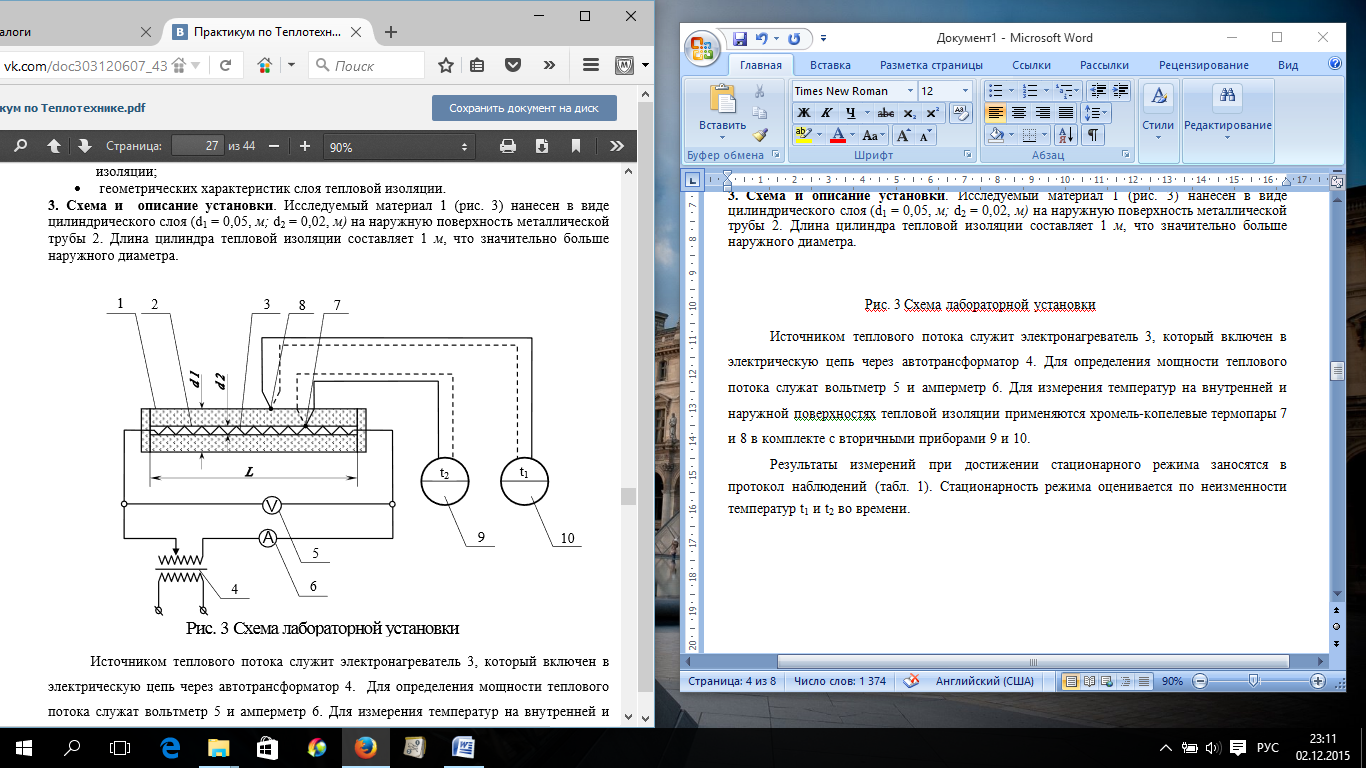
а)цилиндрическая стенка; б)температурное поле

Удельный тепловой поток на единицу длины стенки q*l* = Q/*l*:

Таким образом, предлагаемый экспериментальный метод определения коэффициента теплопроводности основан на измерении:

* + мощности теплового потока, проходящего через цилиндрический слой;
  + перепада температур между внутренней и наружной поверхностями слоя тепловой изоляции;
  + геометрических характеристик слоя тепловой изоляции.

1. **Схема и описание установки**.Исследуемый материал1 (рис. 3)нанесен в видецилиндрического слоя (d1 = 0,05, *м;* d2 = 0,02, *м)* на наружную поверхность металлической трубы 2. Длина цилиндра тепловой изоляции составляет 1 *м*, что значительно больше наружного диаметра.

 Рис. 3 Схема лабораторной установки

Источником теплового потока служит электронагреватель 3, который включен в электрическую цепь через автотрансформатор 4. Для определения мощности теплового потока служат вольтметр 5 и амперметр 6. Для измерения температур на внутренней и наружной поверхностях тепловой изоляции применяются хромель-копелевые термопары 7 и 8 в комплекте с вторичными приборами 9 и 10.

Результаты измерений при достижении стационарного режима заносятся в протокол наблюдений (табл. 1). Стационарность режима оценивается по неизменности температур t1 и t2 во времени.

Исследуемый материал ………………………… Таблица 1. Результаты эксперимента

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| №  п/п | Измеряемая величина | Обозначение | Единицы  измерен. | Номера опытов | | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 1 | Сила тока | I | a |  |  |  |  |  |
| 2 | Напряжение | U | в |  |  |  |  |  |
| 3 | Температура внутренней поверхности слоя изоляции | t2 | ̊С |  |  |  |  |  |
| 4 | Температура наружной поверхности слоя изоляции | t1 | С |  |  |  |  |  |

1. **Расчетные формулы и расчеты.**

1.Все расчеты сводятся к вычислениям коэффициента теплопроводности по

формуле:

2.Мощность теплового потока по формуле:

Q = IU, Вт

3.Средняя температура тепловой изоляции:

1. Результаты расчетов должны быть продублированы в форме сводной таблицы 2.

Исследуемый материал ………………………………. Таблица 2 .

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| №  п/п | Измеряемая величина | Обозначение | Единицы  измерен. | Номера опытов | | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 1 | Тепловой поток | Q | Вт |  |  |  |  |  |
| 2 | Средняя температура исследуемого материала | tcp | ̊С |  |  |  |  |  |
| 3 | Коэффициент теплопроводности исследуемого материала | λ | Вт/(м\*град) |  |  |  |  |  |
| 4 | Температурный коэффициент | β | 1/град |  |  |  |  |  |

5. По результатам расчетов построить в соответствующем масштабе график зависимости коэффициента теплопроводности от средней температуры тепловой изоляции. Пользуясь графиком, определить коэффициент β, характеризующий влияние температуры на теплопроводность материала. При обработке графического материала характер зависимости представить в виде уравнения прямой линии:

λt = λ0 ·(1+β·tср ) .

**5. Контрольные вопросы**.

1. Сформулируйте цель лабораторной работы и поясните, как достигается поставленная цель?
2. Назовите основные узлы экспериментальной установки и укажите их назначение.
3. Какие величины следует измерять в данной работе, чтобы вычислить коэффициент теплопроводности?
4. Какова физическая сущность передачи тепла теплопроводностью?
5. Сформулируйте понятия: температурное поле, изотермическая поверхность, градиент температуры, мощность теплового потока, удельный тепловой поток.
6. Покажите на схеме установки, как направлен вектор теплового потока и градиента температуры?
7. Каков физический смысл коэффициента теплопроводности, и от каких факторов он зависит?
8. Каков характер изменения температуры по толщине плоской и цилиндрической стенок?
9. Какова взаимосвязь между коэффициентом теплопроводности и наклоном температурной кривой по толщине тепловой изоляции?
10. Дайте определение понятию термического сопротивления стенки.
11. Как зависит коэффициент теплопроводности различных веществ (металлов, неметаллов, жидкостей и газов) от температуры? Ответ обосновать
12. Сформулируйте основной закон теплопроводности. В чем его сущность?
13. Каковы основные трудности тепловых расчетов при переносе тепла теплопроводностью?
14. Как влияет форма стенки на величину её термического сопротивления?