



ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

ЦЕНТР ДИСТАНЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ И ПОВЫШЕНИЯ
КВАЛИФИКАЦИИ

Кафедра «Теплоэнергетика и прикладная гидромеханика»

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ
КОЭФФИЦИЕНТА ЛИНЕЙНОГО РАСШИРЕНИЯ
ТВЕРДЫХ ТЕЛ**

Методические указания к лабораторной работе
по дисциплине:

«Теплотехника»

Составители:

Бабенков Ю.И.

Романов В.В.

Анохина Е.В.

Ростов-на-Дону, 2012



Аннотация

Методические указания представляют собой руководство по выполнению лабораторной работы в курсе «Основы теплопередачи».

Дается краткое изложение основных теоретических положений, касающихся линейного расширения твердых тел при нагревании. Описывается экспериментальная установка, последовательность проведения работы.

Лабораторная работа предназначена предназначена для студентов 3-го, 4-го курсов специальностей всех форм обучения

Составители:

канд. техн. наук, доц. Ю.И. Бабенков

канд. техн. наук, доц. В.В. Романов

канд. техн. наук, доц. Е.В. Анохина





Оглавление

Теоретические сведения	4
Принцип работы.....	5
Устройство прибора	6
Работа с прибором	7
Контрольные вопросы.....	9
Литература.	10



ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ЛИНЕЙНОГО РАСШИРЕНИЯ ТВЕРДЫХ ТЕЛ

Приборы и принадлежности:

мензурка, наполненная водой, линейка, стеклянный и стальные стержни, микрометр, нагреватель.

Цель работы:

изучение коэффициента линейного расширения твердых тел при их нагревании.

Теоретические сведения

При нагревании тела расширяются, при охлаждении сжимаются. Это явление объясняется тем, что с повышением температуры увеличивается скорость движения молекул, а это ведет к увеличению межмолекулярных расстояний, что в свою очередь, ведет к расширению твердых тел.

Различные твердые тела при нагревании расширяются не одинаково, даже если нагревать их на одно и то же число градусов. Наблюдаемое явление объясняется тем, что у разных веществ молекулы имеют разные массы. Изменение температуры на одно и то же число градусов характеризует одинаковую среднюю квадратичную скорость молекул. Кинетическая энергия молекул с меньшей массой будет меньше, чем молекулы с большей массой. По этой причине межмолекулярные пространства различных веществ изменяются различно при одинаковой температуре, что и приводит к неодинаковому расширению.

При нагревании или охлаждении твердых тел происходит изменение их длины или объема. В нагреваемом теле возникают так называемые внутренние напряжения, которые вызывают трещины. Например, толстостенные стеклянные стаканы лопаются чаще, чем тонкие, при наливании в них горячей воды. Объясняется это тем, что нагревание и расширение внутренних частей стакана происходит быстрее, чем внешних (вследствие плохой теплопроводности стекла), поэтому в стекле возникают большие напряжения и стакан лопается.

Увеличение линейных размеров твердого тела при нагре-



Экспериментальное исследование коэффициента линейного расширения твердых тел

вании называется линейным расширением. Линейное расширение характеризуется коэффициентом линейного расширения. *Величина, показывающая, на какую долю начальной длины, взятой при 0°C , увеличивается длина тела от нагревания его на 1°C , называется коэффициентом линейного расширения.* Коэффициент линейного расширения не является постоянной величиной — он зависит от температуры. Поэтому можно говорить о среднем коэффициенте линейного расширения в данном интервале температур.

Если обозначить длину тела при температуре t_0 через l_0 , а средний коэффициент линейного расширения через α , то температуре t_1 будет соответствовать длина тела:

$$l_1 = l_0 (1 + \alpha t_1) \quad (1)$$

а температуре t_2 длина

$$l_2 = l_0 (1 + \alpha t_2) \quad (2)$$

Вычитая из формулы (2) формулу (1), и выражая α , получим

$$\alpha = (l_2 - l_1) / l_0 (t_2 - t_1) = \Delta l / l_0 (t_2 - t_1) \quad (3)$$

т. е. средний коэффициент линейного расширения в данном интервале температур есть отношение приращения длины тела при нагревании его на один градус в этом интервале к его длине при t_0 . Для более точного определения коэффициента рекомендуется проводить несколько замеров и при вычислении брать среднее арифметическое значение приращения длины образца.

Точность определения коэффициента линейного расширения характеризуется средней квадратичной ошибкой:

$$1. \Delta S_{n,\alpha} = \sqrt{\sum (\Delta \alpha_i)^2 / n(n-1)} \quad \text{— среднеквадратичная погрешность среднего арифметического. Число опытов равно } n = 4$$

2. Доверительный интервал для коэффициента поверхностного натяжения α определяется по формуле $\Delta \alpha = t_{\alpha,n} \Delta S_{n,\alpha}$, где $t_{\alpha,n} \approx 2,4$ коэффициент Стьюдента.

3. Результат обработки экспериментальных данных представить в следующих формах $\alpha = \alpha_{\text{ср}} \pm \Delta \alpha$ и

$$\varepsilon = \Delta \alpha / \alpha_{\text{ср}} \cdot 100 \%$$

Принцип работы

1) Испытуемый образец твердого тела нагревается в воде, находящейся в стеклянной пробирке. Изменение длины нагретого образца по сравнению с его первоначальной длиной (при



Экспериментальное исследование коэффициента линейного расширения твердых тел

комнатной температуре) измеряется индикатором малых перемещений и вводится в известную формулу для определения линейного расширения.

2) Электрическая схема прибора (рис. 1) состоит из нагревателя на базе эмалированного сопротивления (R_1), соединенного последовательно с предохранителем (P_p), служащим для предохранения нагревателя от перегрузки, и индикаторной лампой (L), сигнализирующей о работе прибора. Сопротивление (R_2), соединенное параллельно с индикаторной лампой, служит шунтирующим элементом.

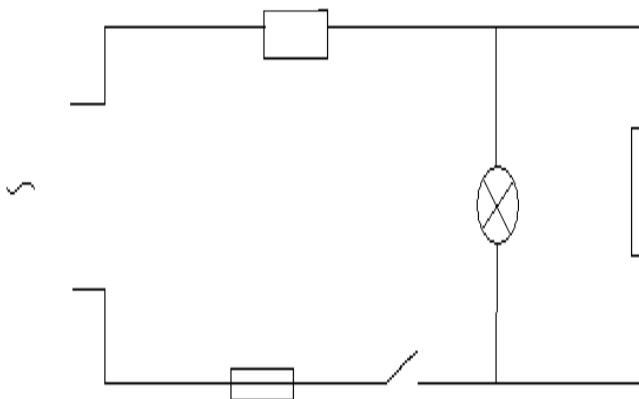


Рис.1.Электрическая схема прибора: R_1 —резистор ПЭВ-75-680 Ом; R_2 — резистор МЛТ-2-24 Ом; L — лампа МН 3,5 – 0,26; B — выключатель кнопочный В-6-01-1/250; P_p — предохранитель ПК30-0,5.

Устройство прибора

1) Прибор на рисунке 2 состоит из корпуса 1, к которому крепится кожух защитный 3. Внутри кожуха установлен нагреватель 4, центрирующий с торцов в опоре 2 и крышке 5.

2) При проведении опытов в нагреватель помещается стеклянная пробирка 6 со стержнем 9.

3) На корпусе прибора установлена стойка 10 с кронштейном 8 для индикатора малых перемещений 7. Кронштейн может поворачиваться вокруг оси стойки на 90° .



Экспериментальное исследование коэффициента линейного расширения твердых тел

4) На панели корпуса расположены индикаторная лампа 11 и кнопочный выключатель 12.

5) Внутри корпуса на опоре расположен держатель с предохранителем. Штепсельная вилка служит для включения прибора в электрическую сеть напряжением 220 В (на рисунке 2 они не показаны).

Работа с прибором

Для проведения опытов по определению коэффициента линейного расширения необходимо:

1) Пробирки из комплекта принадлежностей прибора на $1/2$ объема наполнить водой комнатной температуры, опустив в каждую по испытуемому стержню, сферическим концом вниз и поместить на штатив.

2) Проводом, сечением не менее 1 мм^2 через винт заземления подключить прибор к контуру заземления.

3) Штепсельную вилку прибора вставить в электрическую розетку.

4) В поворотный кронштейн вставить индикатор и отвести его на четверть оборота в сторону до упора.

5) Лабораторным термометром измерить температуру воды в одной из пробирок (стержень при этом извлекается из прибора).

6) Пробирку с испытуемым стержнем через резиновую прокладку и отверстие в крышке прибора ввести в нагреватель.



Экспериментальное исследование коэффициента линейного расширения твердых тел

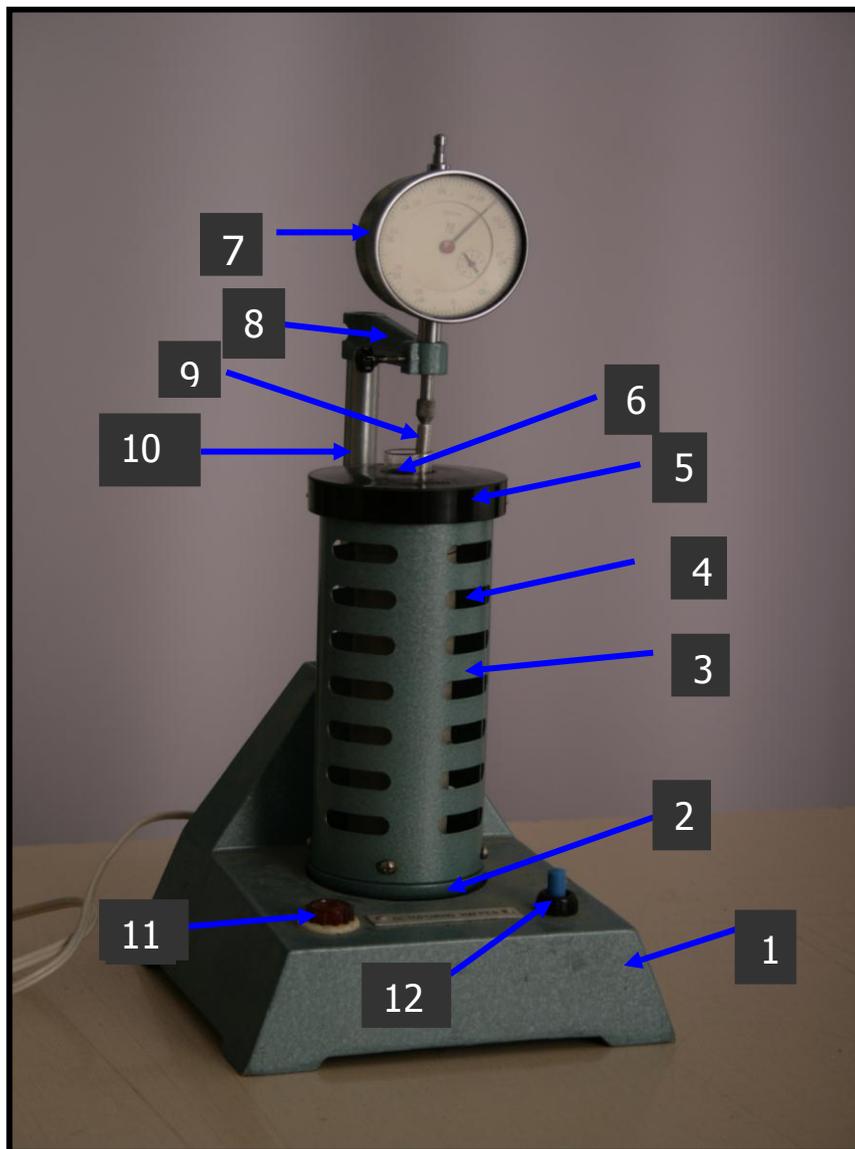


Рис. 2. Схема нагревательной установки

7) Оттянуть шток индикатора вверх, установить индикатор над пробиркой (повернуть кронштейн в прорези до упора) и опустить шток в углубление на торце стержня. Кронштейн зафиксировать.



Экспериментальное исследование коэффициента линейного расширения твердых тел

ровать винтом.

8) Заметить положение стрелки на шкале индикатора (для первого опыта стрелку лучше ставить на нулевую отметку).

9) Только после этого можно включить питание прибора кнопочным

выключателем. При этом должна загореться индикаторная лампа.

10) При закипании воды в пробирке испытуемый образец принимает температуру, равную температуре кипения воды. Увеличение длины образца определяется по отклонению стрелки индикатора от первоначального положения. Отсчет ведут с точностью до полделения шкалы индикатора.

11) Вычислить ошибку эксперимента.

Для продолжения работы и проведения опытов с другими образцами

необходимо:

а) Кнопочным выключателем отключить питание прибора.

б) Индикатор на поворотном кронштейне отвести в сторону до упора, предварительно оттянув шток индикатора вверх.

в) Извлечь из прибора нагретую пробирку и поместить ее в штатив.

г) Повторить операцию пунктов 4 – 9.

д) Составить таблицу для записи экспериментальных дан-

ных

№	Показания индикатора		$l_2 - l_1$	$\alpha \cdot 10^{-6},$ $1/^\circ\text{C}$	$(\alpha_i - \alpha_{\text{ср}}) \cdot 10^{-6},$ $1/^\circ\text{C}$	$(\alpha_i - \alpha_{\text{ср}})^2$
	$t_0 = 20^\circ\text{C}$	$t_1 = 100^\circ\text{C}$				
1						
2						
3						
ср				$\alpha_{\text{ср}}$	$\Sigma(\alpha_i - \alpha_{\text{ср}})$	$\Sigma(\alpha_i - \alpha_{\text{ср}})^2$

Контрольные вопросы.

1. Что называется коэффициентом линейного расширения?

2. Зависит ли коэффициент линейного расширения от длины и толщины стержня? От материала стержня?

3. Приведите примеры теплового расширения тел в технике.



Экспериментальное исследование коэффициента линейного расширения твердых тел

4. Медная антенна при $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ имеет длину 50 м. На сколько изменится ее длина при температуре минус $20\text{ }^{\circ}\text{C}$, если $\alpha = 0,000017\text{ 1/град}$?

5. При обработке чугунного шкива на токарном станке температура шкива повысилась до $150\text{ }^{\circ}\text{C}$ и его диаметр стал равным 48 см. Какой диаметр будет иметь шкив при $20\text{ }^{\circ}\text{C}$?

Литература.

- 1) Савельев И.В. Курс общей физики. — М.: Наука, 1986, т. 1.
- 2) Бытько Н.Д. «Физика» ч 1—2, Изд. «Высшая школа», М.: 1967, С.194—195.
- 3) Лабораторный практикум по общей физике (Под редакцией Е.М Гершезона) М.: Просвещение, 1985. Лаб. раб. № 5 С. 295—298.