

Лабораторная работа №3
«Проверка законов трения»

Цель работы: приобретение навыков экспериментального определения коэффициента трения скольжения для различных сочетаний соприкасающихся тел.

Оборудование: установка М9 «Проверка законов трения», набор малых и больших пластин, набор грузов.

Описание установки и принцип работы

Технические характеристики

Габаритные размеры установки в горизонтальном положении платформы, мм, не более	длина	550	
	ширина	180	
	высота	460	
Масса установки (без грузов), кг, не более	15		
Пластина малая Материал: лист Д16 3,5 ГОСТ 21631 – 76 лист Л63 3,5 ГОСТ 15527 – 70 текстолит ПТ 3,5 ГОСТ 5 – 78 лента асбестовая тормозная ЛАТ-2 3,5х60 ГОСТ 1198 – 78 Габаритные размеры, мм, не более (справочные):	4 шт.		
		длина	70
		ширина	50
		высота	5
Пластина большая Материал: лист Д16 3,5 ГОСТ 21631-76 лист Л63 3,5 ГОСТ 15527-70 текстолит ПТ 3,5 ГОСТ 5-78 лента асбестовая тормозная ЛАТ-2 3,5х60 ГОСТ 1198-78 Габаритные размеры, мм, не более (справочные):	4шт.		
		длина	130
		ширина	58
		высота	8
Масса платформы, г	209 г	2,05 Н	
Масса грузов, г			
груз №1	500+10	5 Н	
груз №2	200+5	2 Н	
груз №3	100+2	1 Н	
груз №4	50+1,5	0,5 Н	
груз №5	25+1	0,25 Н	
Цена деления шкалы угла наклона направляющей, град	5 ± 0,5		
Пределы шкалы угла наклона направляющей, град	± 50		

Объектами испытаний являются соприкасающиеся тела, выполненные в виде пластин, укрепленных на наклонной плоскости и на платформе, которая может перемещаться по наклонной плоскости. Установка обеспечивает получение значения коэффициента трения в зависимости от материала трущихся поверхностей в пределах $0,1 \div 0,4$.

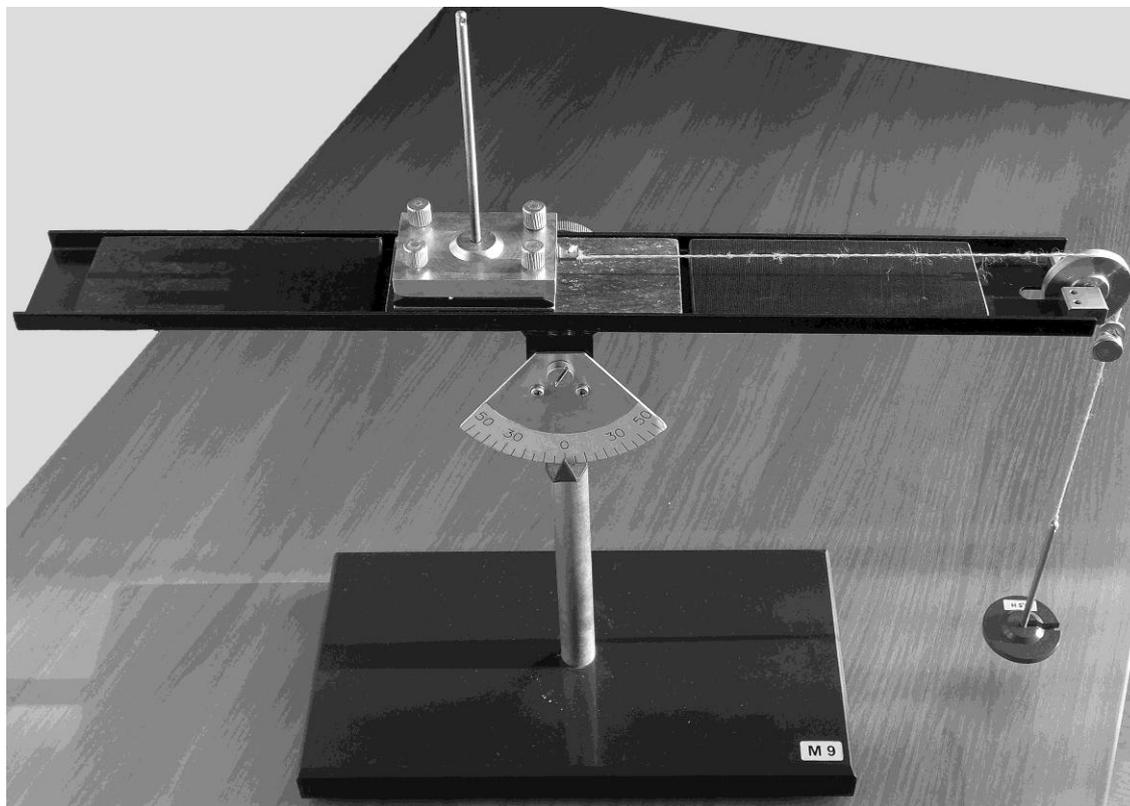


Рисунок 1 Внешний вид установки М9

Внешний вид установки приведен на рисунке 1. Установка состоит из направляющей 1 с закрепленными на ней пластинами из различных материалов, стойки 2 с основанием 3, платформы 4 со сменными пластинами из различных материалов, шкалы 5 с ценой деления 5° и ручки-фиксатора 6, которая позволяет зафиксировать направляющую под определенным углом к горизонту (рисунок 2). Платформа 4 может перемещаться по направляющей при определенном угле наклона, зависящем от материала пластин, а также веса платформы 4 и веса дополнительных гирь, присоединяемых к платформе через нить подвеса 7. Платформа может нагружаться грузами для создания нормального давления различной величины.

Движение платформы вверх по наклонной плоскости направляющей начнется, когда суммарный вес P грузов на подвесе 7 станет по величине большим или равным предельному (максимальному) значению силы трения (силы сцепления).

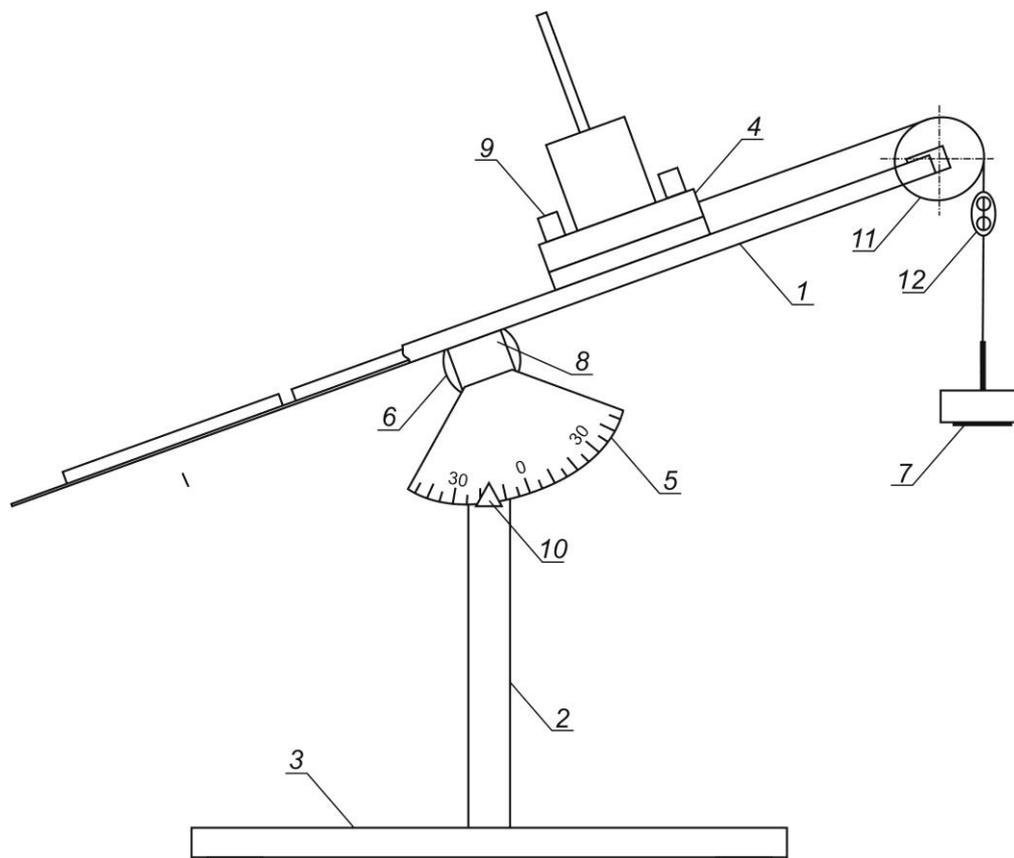


Рисунок 2 Схема установки М9

К работе с установкой допускаются лица, ознакомленные с ее устройством, принципом действия и с порядком проведения работ.

Краткие теоретические сведения

При движении или стремлении двигать одно тело по поверхности другого в касательной плоскости поверхностей соприкосновения возникает сила сопротивления их относительному скольжению, называемая силой *трения скольжения*.

Возникновение сил трения обусловлено, прежде всего, шероховатостью соприкасающихся поверхностей, и наличием сил сцепления у прижатых друг к другу тел. Если поверхности соприкасающихся тел абсолютно гладкие и тела абсолютно твердые, то силы, с которыми контактирующие тела взаимодействуют

друг с другом, направлены по нормали к общей касательной в точке соприкосновения, и направление этих сил не зависит от действующие на тела активных сил. Так как абсолютно гладких поверхностей и абсолютно твердых тел не бывает, направление сил взаимодействия зависит от активных сил (рисунок 3).

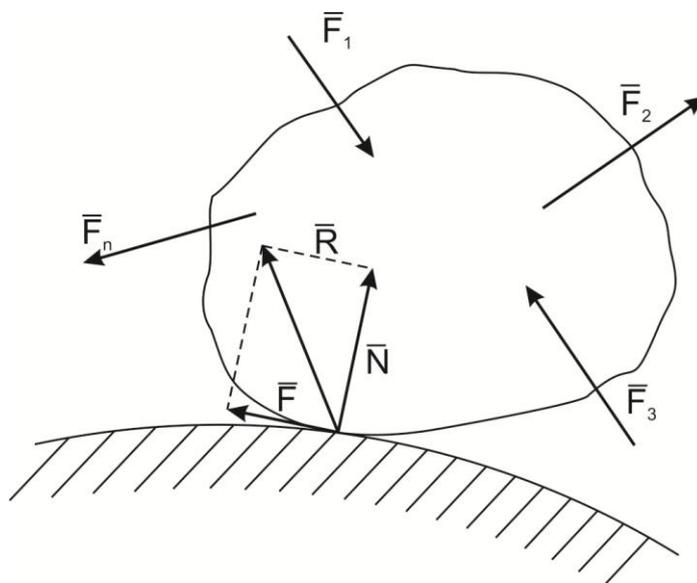


Рисунок 3 Схема сил для контактирующих тел

Силу реакции \vec{R} шероховатой поверхности можно разложить на составляющие, одна из которых (\vec{N}) направлена по общей нормали к поверхности соприкосновения, а другая (\vec{F}) действует в касательной плоскости к этим поверхностям. Составляющая \vec{F} является *силой трения скольжения*, а составляющая \vec{N} – *нормальной реакцией*.

В теоретической механике рассматривается только сухое трение между поверхностями соприкосновения тел, т.е. такое трение, когда между ними полностью отсутствует смазывающее вещество. Для сухого трения различают трение скольжения *при покое* или *равновесии* тела и трение скольжения *при движении* одного тела по поверхности другого с некоторой относительной скоростью. При покое сила трения зависит только от активных сил и вычисляется по формуле

$$F = \sum_{i=0}^n F_{ir} \quad (1)$$

В 1781 г. Кулон установил основные приближенные законы для сухого трения скольжения. Законы Кулона заключаются в следующем:

- сила трения скольжения находится в общей касательной плоскости соприкасающихся поверхностей тел и направлена в сторону, противоположную направлению возможного и реального скольжения тела под действием приложенных сил. Сила трения при покое зависит от активных сил, и ее модуль заключен между нулем и максимальным значением, которое достигается в момент выхода тела из положения равновесия, т.е.

$$0 < F < F_{max} \quad (2)$$

- максимальная сила трения скольжения не зависит от площади соприкосновения трущихся поверхностей;
- максимальная сила трения скольжения пропорциональна нормальному давлению (нормальной реакции \vec{N}), т.е.

$$F_{max} = fN, \quad (3)$$

где f — безразмерный коэффициент, называемый *коэффициентом трения скольжения*; он не зависит от нормального давления,

- Коэффициентом трения скольжения f зависит от материала и физического состояния трущихся поверхностей, т.е. от величины и характера шероховатости, влажности, температуры и других условий. Коэффициент трения скольжения в зависимости от различных условий устанавливается экспериментально.

Порядок выполнения работы

1. Произведите внешний осмотр установки и убедитесь в надежности крепления направляющей 1 к стойке 2 и скобе 8, а также в надежности сборки всех элементов установки.

2. Установите установку на горизонтальной поверхности стола и выставьте направляющую так, чтобы нулевое значение шкалы 5 совпало с острым концом стрелки 10.

3. На основание платформы 4 установите малую пластину одного из исследуемых в работе материалов (сталь, алюминиевый сплав, текстолит, лента тормозная), закрепив ее винтами 9.

4. Закрепите на поверхности направляющей 1 большие пластины из материалов, исследуемых в лабораторной работе.

5. Установите платформу 4 на участок направляющей 1 с пластиной из исследуемого материала.

6. Перекиньте нить от платформы 4 к подвесу 7 для грузов через блок 11 и отрегулируйте фиксатором 12 длину нити.

7. Установите на платформу 4 требуемый груз (при необходимости увеличения ее веса).

6. Установите требуемый угол наклона направляющей 1.

7. Нагружайте подвес 7 грузами до тех пор, пока платформа не начнет перемещаться вверх по направляющей 1. Запишите значение веса грузов на подвесе 7, при котором это произошло.

8. Повторите опыт при другом сочетании трущихся поверхностей, другой нагрузке на платформу и другом угле наклона направляющей 1.

9. Вычислите для каждого опыта значение коэффициента трения скольжения (коэффициента сцепления) по формуле. Запишите результаты вычислений

Приведенные ниже расчеты соответствуют схеме на рисунке 4.

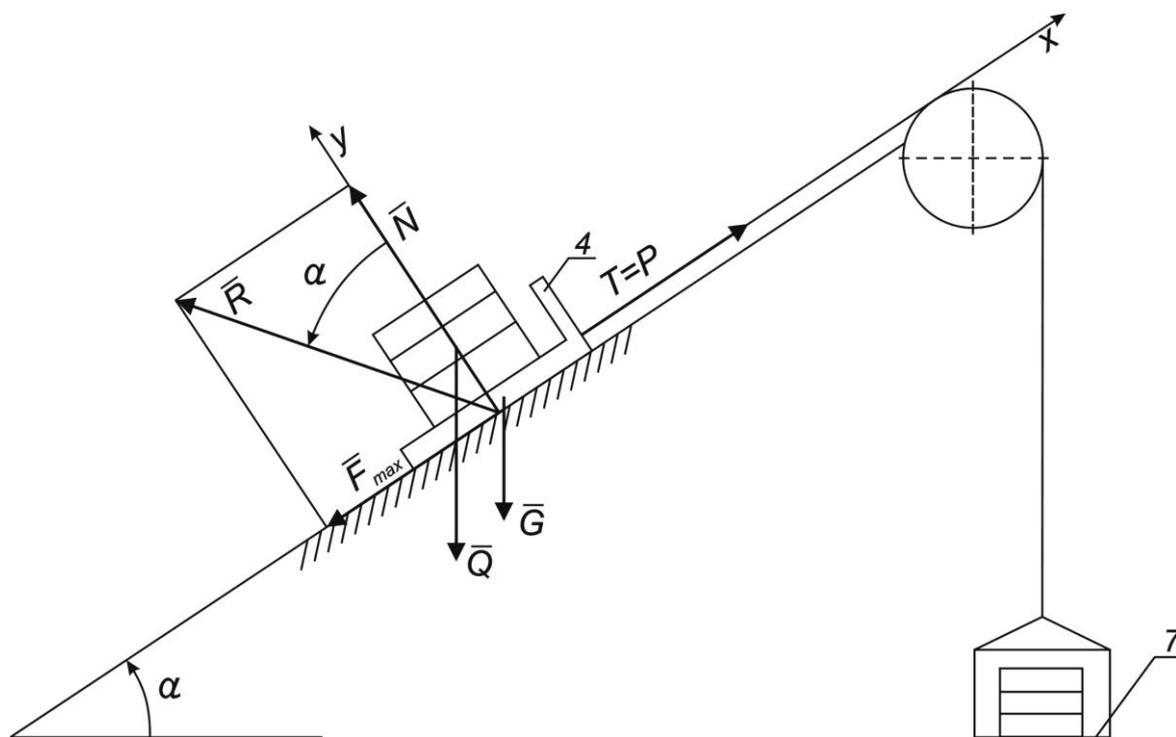


Рисунок 4 Расчетная схема эксперимента

$$f = \frac{F_{\max}}{N}, \quad (4)$$

где $F_{\max} = P - (G + Q) \sin \alpha$, (следует из уравнения суммы проекций сил на ось Ox (см. рисунок 4);

P – суммарный вес грузов на подвесе 7;

G – вес платформы 4;

Q – суммарный вес грузов на платформе 4;

α – угол наклона направляющей;

$$N = (G+Q) \cos \alpha \quad (5)$$

Отчет по результатам лабораторной работы должен быть представлен по прилагаемой форме:

Исходные данные					Результаты расчетов		
Вес платформы G , Н	Вес грузов на платформе Q , Н	Вес грузов подвеса P , Н	Угол наклона α , град	Пара пов-стей трения П1/П2	$F = F_{\max}$, Н	N , Н	Коэффициент трения, $f = \operatorname{tg} \varphi$

Пару поверхностей трения обозначайте П1/П2, где П1 и П2 – материал поверхностей (С – сталь, А – алюминий, Т – текстолит, ЛТ – лента тормозная). Например С/Т – сталь по текстолиту.

Контрольные вопросы

1. Дайте определение трению.
2. Какие виды трения вам известны?
3. К каким силам относятся силы трения покоя (силы сцепления): активным или силам реакций связей?
4. От каких факторов зависит сила трения?
5. Какие законы трения вам известны?
6. Какая сила называется силой трения покоя и силой трения скольжения?

7. Как связаны между собой трение покоя и трение скольжения?
8. Что такое коэффициент трения?
9. В каком случае тело находится в равновесии на наклонной плоскости?

Отчет к лабораторной работе

1. Тема:
2. Цель работы:
3. Схема приборов (или инструментов) и установок:
4. Результаты измерений и исследований:
5. Выводы