

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Казанский государственный аграрный университет»

Институт механизации и технического сервиса

Кафедра общепрофессиональных дисциплин

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТОВ ТРЕНИЯ СКОЛЬЖЕНИЯ НА ПЛОСКОСТИ

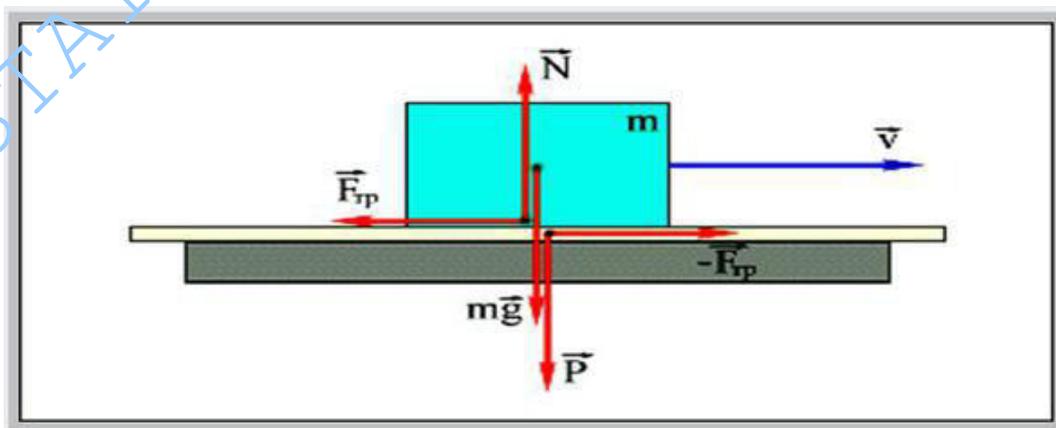
Лабораторный практикум для выполнения лабораторных и самостоятельных работ по теории механизмов и машин для студентов очной и заочной формы обучения по направлениям подготовки:

35.03.06 - «Агроинженерия»,

23.03.03 - «Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов»,

20.03.01 «Техносферная безопасность» и

23.05.01 – «Наземные транспортно-технологические средства»



Казань, 2018

УДК 621.01
ББК 31.365 я73

Составители: Яхин С.М., Пикмуллин Г.В., Гургенидзе З.Д.

Рецензенты:

Доктор технических наук, профессор кафедры «Тракторы, автомобили и энергетические установки» Казанского ГАУ Хафизов К.А.

Доктор технических наук, профессор кафедры «Энергообеспечение предприятий и энергоресурсосберегающих технологий» КГЭУ Ильин В.К.

Лабораторный практикум для выполнения лабораторных и самостоятельных работ по теории механизмов и машин обсужден и рекомендован к печати на заседании кафедры «Общеинженерные дисциплины» Казанского ГАУ (протокол № 8 от 12.02.2018г.) и заседании методической комиссии Института механизации и технического сервиса Казанского государственного аграрного университета (протокол №6 от 16.02.2018г.).

Яхин С.М. Определение коэффициентов трения скольжения на плоскости: Лабораторный практикум для выполнения лаб. и самост. работ /С.М. Яхин, Г.В. Пикмуллин, З.Д. Гургенидзе - Казань: Изд-во Казанского ГАУ, 2018. - 16 с.

Лабораторный практикум предназначен для выполнения лабораторных и самостоятельных работ по дисциплине «Теория механизмов и машин» и способствуют формированию общепрофессиональных компетенций для направлений подготовки: 35.03.06 «Агроинженерия», 23.03.03 «Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов», 20.03.01 «Техносферная безопасность» и 23.05.01 «Наземные транспортно-технологические средства».

УДК 621.01
ББК 31.365 я73

©Казанский государственный аграрный университет, 2018 г.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение.....	4
Лабораторная работа. Определение коэффициентов трения скольжения на плоскости.....	5
1. Основные сведения	5
2. Описание установки ТММ-32А.....	8
3. Порядок выполнения работы.....	10
4. Контрольные вопросы.....	13
Список литературы	15

Лабораторная работа

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТОВ ТРЕНИЯ СКОЛЬЖЕНИЯ НА ПЛОСКОСТИ

Цель работы: ознакомиться с методикой определения коэффициентов трения скольжения покоя и движения твердого тела по плоскости и с помощью экспериментальной установки ТММ-32А получить их значения.

Оборудование и приборы: установка ТММ-32А, набор сменных плит и образцов колец, груз, тарировочное устройство для индикатора.

1. ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ

При относительном движении тел на поверхности их соприкосновения возникает сила трения, препятствующая движению.

Трение в машинах и механизмах играет значительную роль. С одной стороны, на преодоление сил трения в кинематических парах механизма затрачивается дополнительная работа, ненужная для заданного технологического процесса и потому называемая работой сил вредных сопротивлений, с другой стороны, работа машин была бы невозможна, если бы трение отсутствовало.

В инженерных расчетах пользуются приближенным значением силы трения:

$$F_{T_0} = f \cdot N, \quad (1)$$

где F_{T_0} – сила трения, Н,

f – коэффициент трения скольжения;

N – сила нормального давления, Н.

От коэффициента трения зависит угол трения, который определяется по формуле:

$$\varphi = \arctg f. \quad (2)$$

Различают силу трения F_0 в начале движения (покое) и силу трения F_1 во время равномерного движения, а также коэффициент f_0 и угол трения φ_0 в начале движения (покое) и коэффициент f_1 и угол трения φ_1 во время равномерного движения. Коэффициент трения в начале движения (покое) называют иногда и коэффициентом статического трения. Установлено, что

$$F_0 > F_1, \varphi_0 > \varphi_1, f_0 > f_1.$$

Значения коэффициентов трения скольжения (движения) f и покоя (сцепления) f_0 вычисляются по формулам:

$$f_0 = F_{T_0} / N; \quad \varphi_0 = \operatorname{arctg} f_0. \quad (3)$$

$$f_1 = F_{T_1} / N, \quad \varphi_1 = \operatorname{arctg} f_1 \quad (4)$$

При этом всегда $f < f_0$.

Сила нормального давления N поверхности известна. По условию проведения эксперимента она равна силе тяжести G_T стальной плиты 11 (рисунок 2): $N = G_T = mg$, H (здесь m – кг - масса плиты; $g = 9,81 \text{ м/с}^2$ - ускорение силы тяжести).

Многочисленными исследованиями установлены основные закономерности трения скольжения.

1. Силу трения скольжения и силу сцепления можно считать прямо пропорциональными силе взаимного нормального давления звеньев:

$$F = f \cdot N; \quad F_0 = f_0 \cdot N, \quad (5)$$

где f и f_0 – коэффициенты трения скольжения и сцепления;

N – сила нормального давления, Н.

2. Вектор силы трения направлен в сторону, противоположную направлению вектора относительной скорости движения (рисунок 1,а).

3. Сила сцепления (покоя) F_0 для большинства твердых тел несколько больше силы трения скольжения, т. е. $F_0 > F$ и $f_0 > f$.

4. Коэффициент трения скольжения f зависит от рода материалов, состояния и качества обработки поверхностей трения звеньев, скорости

относительного скольжения, удельного давления взаимодействующих поверхностей.

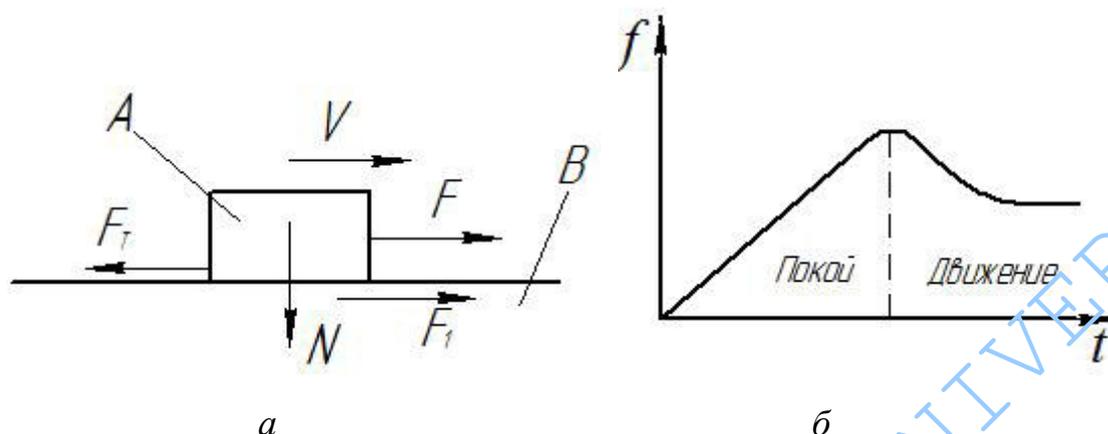


Рисунок 1 – Схема действующих сил (а), график изменения коэффициента трения (б)

Трение скольжения может быть *сухим, жидкостным, полусухим, полужидкостным* в зависимости от слоя смазки, разделяющего трущиеся поверхности.

Если на твердое тело *A*, лежащее на горизонтальной плоскости *B*, будет действовать сила *F* в направлении движения, то при небольших ее значениях тело *A* будет оставаться в покое. Это объясняется тем, что сила *F* будет уравниваться реактивной силой F_{T_0} , возникающей между испытываемым телом и плоскостью и называющейся *силой трения* (см. рисунок 1,а).

При дальнейшем увеличении силы *F* тело будет выведено из равновесия и начнет двигаться. Наибольшее значение сила трения будет иметь в момент трогания, а при движении несколько уменьшится (рисунок 1,б).

В данной лабораторной работе рассматривается вариант сухого трения, когда между соприкасающимися поверхностями нет какой-либо смазки.

2. Описание установки ТММ-32А

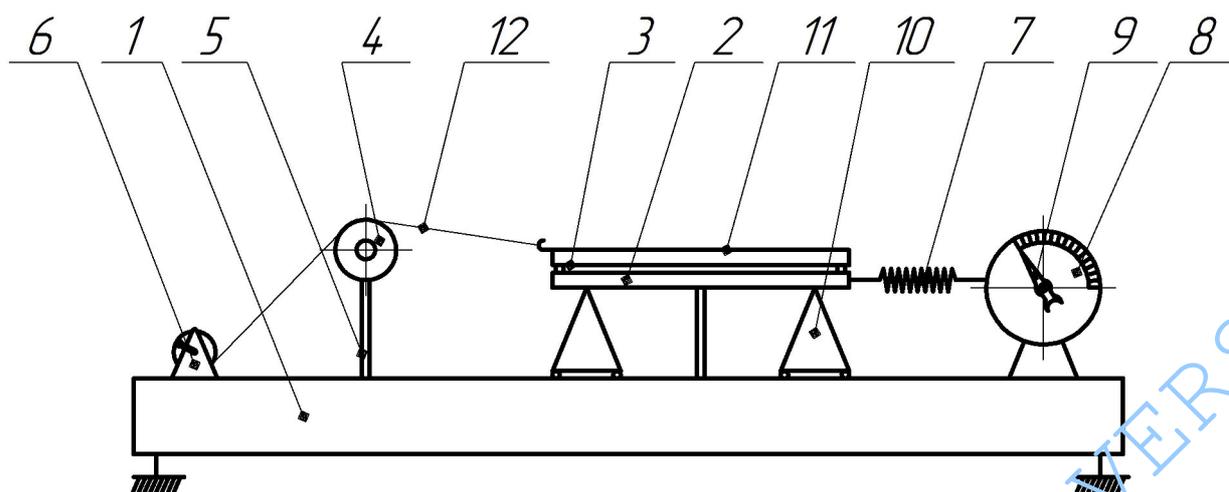
Эксперименты по определению коэффициента динамического трения скольжения, проводятся на лабораторной установке, разработанной и изготовленной на базе кафедры теории механизмов и машин Казанского государственного аграрного университета (рисунок 2).



Рисунок 2 – Лабораторная установка ТММ-32А

Установка (рисунок 3) также содержит станину 1, платформу 2, рабочий элемент (вариант древесины) 3, блок 4, который шарнирно закреплён на стойке 5; лебёдку 6; динамометрический прибор для измерения силы трения, содержащий пружину растяжения-сжатия 7, шкалу 8 со стрелкой 9.

Один конец пружины 7 закреплён к механизму динамометрического прибора, а другой конец - к платформе 2, которая в свою очередь шарнирно соединена со станиной 1 при помощи балансирных механизмов 10 параллельной структуры. Последние предназначены, как известно, для обеспечения параллельности платформы 2 и снижения инерционности, поскольку система измерения содержит пружину растяжения-сжатия 7, т. е. упругую связь.



1 – станина; 2 – платформа; 3 – рабочий элемент (вариант древесины);
 4 – блок; 5 – стойка; 6 – лебёдка; 7 – пружина; 8 – шкала; 9 – стрелка;
 10 – балансирующие механизмы; 11 – стальная плита; 12 – тяговый орган.
 Рисунок 3 – Схема установки для определения коэффициента

трения скольжения

Плита 11 стальная (ГОСТ 16523 – 70, Ra 6,3 мкм), а рабочие элементы 3 изготовлены из следующих материалов:

- сталь (ГОСТ 16523 - 70, Ra 3,2 мкм),
- бронза алюминиевая (ГОСТ 1628 – 78, Ra 6,3 мкм),
- древесина (ГОСТ 7016 – 82, Ra 12,5 мкм),
- стекло органическое конструкционное (ГОСТ 15809 – 70, Ra 1,6 мкм).

В ходе эксперимента на рабочую поверхность элемента 3 устанавливается стальная плита 11. Для перемещения плиты 11 по поверхности семян служит лебёдка 6, тяговый орган (нитка) 12 которой закреплён на конец плиты 11 и взаимодействует с блоком 4.

Задача эксперимента, таким образом, сводится к измерению при помощи динамометрического прибора соответствующих сил трения. Для этого медленно и без рывков вращают ручку лебёдки 6. До определённого момента времени плита 11 будет оставаться в покое, т. е. не будет перемещаться по поверхности. Далее она начинает скользить по указанной поверхности. Динамометрическим прибором измеряются силы трения в начале (покое) и во время равномерного движения стальной плиты 11 по поверхности.

3. Порядок выполнения работы

1) Изучить устройство экспериментальной установки.

2) Начертить схему установки (см. рисунок 3).

3) Записать условия проведения опытов:

трение – сухое;

скорость скольжения – постоянная, равная 0,027 м/с;

для *первого опыта* вес груза $G = \dots$, Н (см. на установке);

вес образца $G_1 = \dots$, Н (см. на установке);

сила нормального давления – $N_1 = G + G_1 = \dots$, Н;

для *второго опыта* вес груза прежний (G , Н);

вес образца $G_2 = \dots$, Н (см. на установке);

сила нормального давления – $N_2 = G + G_2 = \dots$, Н.

4) Произвести тарировку измерительной пружины 7:

а) на основание 1 установить тарировочный ролик 4 (рисунок 3) и перекинуть через него прикрепленную к крючку измерительного устройства тягу 12;

б) на плиту 11 последовательно устанавливаются грузы (0,5; 1,0; 1,5 кг, т. е. 4,91; 9,81 и 14,72 Н соответственно);

в) после каждой установки груза снять показания индикатора 8, занести в таблицу 1

Таблица 1 - Тарировка индикатора установки

Вес тарировочного груза G , Н	4,91	9,81	14,72
Показания C индикатора, мм			

5) Построить тарировочный график (рисунок 4).

6) По указанию преподавателя выбрать сменные плиты и два образца (сталь, силумин, латунь), протереть их салфеткой, смоченной в бензине.

7) После обсыхания поверхностей трущихся пар плита укладывается на каретку, на нее устанавливается образец с грузом и тягой 12 они соединяются с крючком измерительного устройства (см. рисунок 3).

8) Отодвинуть образец с грузом по плите на длину тяги 12 и во время движения каретки влево снять показания индикатора (не менее трех раз) и занести в таблице 2.

9) Определяются данные для получения коэффициента трения покоя. Для этого тяга 12 надставляется *витой цилиндрической пружиной*, подсоединяется к измерительному блоку 8 и снимаются показания индикатора при движении каретки с образцом и грузом влево. Так как жесткость пружины небольшая, то нарастание силы, приложенной к образцу, будет происходить плавно. Сначала образец будет двигаться вместе с кареткой, но когда пружина разовьет усилие, равное силе покоя (страгивания), начнется относительное перемещение трущихся пар. Необходимо снять показания индикатора в момент страгивания с места образца, т. е. максимальное значение. Спыт повторить не менее трех раз.

Таблица 2 - Результаты измерения силы трения

Материал трущихся пар		Показания индикатора C , мм				Сила трения F_{T_0} , Н	Коэффициент трения f	
		1	2	3	среднее			
плита	образец							Скольж.
								Покоя
								Скольж.
								Покоя

10) Аналогичные измерения производятся для другого сочетания трущихся пар.

11) Силы трения скольжения F_{T_0} и покоя F_{T_0} определяются по тарировочному графику в зависимости от показаний индикатора (среднее

значение) часового типа (рисунок 4). Коэффициенты трения f и f_0 определяются по формулам (3) и (4).

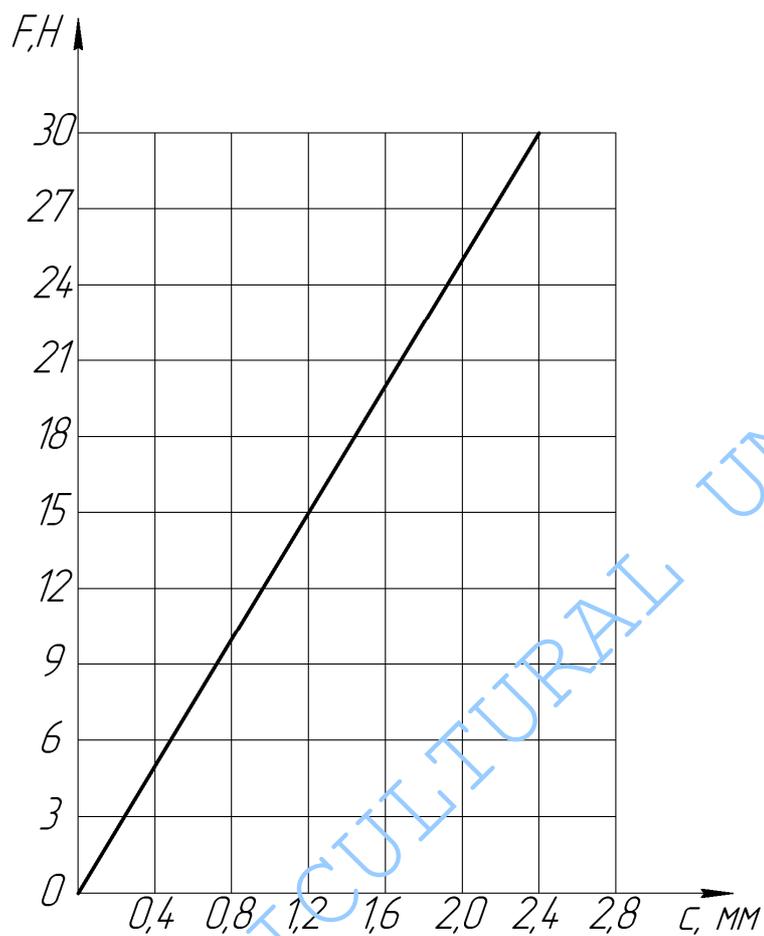


Рисунок 4 - Тарировочный график

4. Контрольные вопросы

- 1) Что такое коэффициент трения?

Приложение 1

Значения коэффициент трения скольжения для различных материалов

Трущиеся материалы	коэффициент трения	
	Покоя	При движении
Дерево по дереву	0,65	0,33
Дерево по камню	0,46-0,60	-
Железо по железу	0,15	0,14
Металл по дереву	0,60	0,4
Металл по камню	0,46-0,60	-
Резина по чугуна	0,83	0,8
Олово по свинцу	2,25	-
Полосья деревянные по льду	0,035	0.035
Полосья деревянные	0,02	0.02

(обитые железом) по льду		
-----------------------------	--	--

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лачуга Ю.Ф. Теория механизмов и машин, М.: Высшая школа, 2006. - 279 с.
3. Левитский Н.И. Теория механизмов и машин. — 4-е изд., перераб. и доп. - М.: Наука, 2009. - 592 с.
5. Коровин Ю.В. Теория механизмов и машин. Казань: Изд-во Фэн, 2003. - 396 с.
6. Машнев М.М., Красковский Е.Я., Лебедев П.А. Теория механизмов и машин и детали машин. – СПб.: Машиностроение, 2005. - 507 с.
7. Горев Э.А. Типовой лабораторный практикум по теории механизмов и машин. 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Машиностроение, 2002. – 155 с.
8. Теория механизмов и машин : учеб. пособие для вузов / А. И. Смелягин. – М.; Новосибирск: Инфра-М: НГТУ, 2007. – 262 с.

KAZAN STATE AGRICULTURAL UNIVERSITY