

Министерство образования Республики Беларусь

Учреждение образования  
«Полоцкий государственный университет имени Евфросинии Полоцкой»



Н. Н. Попок  
В. С. Анисимов

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ТРЕНИЯ И ИЗНОСОСТОЙКОСТИ МАТЕРИАЛОВ

Методические указания  
к учебно-исследовательской лабораторной работе  
для студентов специальности 1-36 07 02  
«Производство изделий на основе трехмерных технологий»

*Текстовое электронное издание*

Новополоцк  
Полоцкий государственный университет  
имени Евфросинии Полоцкой  
2024

Об издании – 1, 2

1 – дополнительный титульный экран – сведения об издании

**УДК 621.1(075.8)**

Одобрено и рекомендовано к изданию  
советом механико-технологического факультета  
в качестве методических указаний (протокол № 3 от 25.09.2024 г.)

Кафедра технологии и оборудования машиностроительного производства

© Попок Н. Н., Анисимов В. С., 2024  
© Полоцкий государственный университет  
имени Евфросинии Полоцкой, 2024

2 – дополнительный титульный экран – производственно-технические сведения

Для создания текстового электронного издания «Определение коэффициента трения и износостойкости материалов» использованы текстовый процессор Microsoft Word и программа Adobe Acrobat XI Pro для создания и просмотра электронных публикаций в формате PDF.

**Технические требования:**

*1 оптический диск.*

**Системные требования:**

*PC с процессором не ниже Core 2 Duo;*

*2 Gb RAM; свободное место на HDD 2 Mb;*

*Windows XP/7/8/8.1/10*

*привод CD-ROM/DVD-ROM;*

*мышь*

Редактор *Т. А. Дарьянова*

---

Подписано к использованию 15.10.2024.

Объем издания 688 Кб. Заказ 347.

---

Издатель и полиграфическое исполнение:  
учреждение образования «Полоцкий государственный университет  
имени Евфросинии Полоцкой».

Свидетельство о государственной регистрации  
издателя, изготовителя, распространителя печатных изданий  
№ 1/305 от 22.04.2014, перерегистрация от 24.08.2022.

ЛП № 02330/278 от 27.05.2004.

211440, ул. Блохина, 29,  
г. Новополоцк,  
Тел. 8 (0214) 59-95-41, 59-95-44  
<http://www.psu.by>

## СОДЕРЖАНИЕ

1	Краткие теоретические сведения о трении и износе деталей машин и методах их определения .....	5
1.1	Описание машины для испытаний на трение и износ модели MMW-1A .....	7
2	Порядок выполнения работы.....	9
3	Содержание отчета .....	12
	Литература .....	13

**Цель работы:** ознакомиться с основными понятиями и определениями, относящимися к трению и износу деталей и рабочих органов машин. Ознакомиться с конструкцией, принципом действия испытательной машины на трение MMW-1A. Экспериментальным путем определить износ образцов, скорость и интенсивность изнашивания, коэффициент трения.

## 1 Краткие теоретические сведения о трении и износе деталей машин и методах их определения

Разберем основные понятия, относящиеся к износу деталей и рабочих органов машин.

**Пара трения** – совокупность двух подвижно сопрягающихся поверхностей деталей (образцов) в реальных условиях службы или испытаний.

Помимо материала, формы контактирующих поверхностей, относительного их перемещения пара трения характеризуется окружающей средой, в т.ч. видом смазочного материала. Пара трения образуется соприкасающимися поверхностями деталей, входящих в машинный узел. С такой точки зрения зубья ковша экскаватора и грунт в совокупности не образуют пару трения.

Под **изнашиванием** понимают процесс разрушения и отделения материала с поверхности твердого тела или накопления его остаточной деформации при трении, проявляющийся в постепенном изменении размеров и формы тела.

Изменение размеров и формы детали в результате изнашивания называют **износом**. Его выражают в единицах длины, объема или массы. Количество изнашивание характеризуется **скоростью изнашивания** – отношением износа детали к интервалу времени, в течение которого он возник, или **интенсивностью изнашивания** – отношением износа детали (или испытуемого образца) к пути трения или объему выполненной работы.

При определении интенсивности изнашивания может оказаться более целесообразным относить износ к другому показателю, общему для всех узлов и агрегатов данной машины. Так, для автомобилей в качестве такого показателя может быть принято число километров пробега, для тракторов – число гектаров пахоты или часов работы двигателя.

Под **износостойкостью** понимают свойство материала оказывать сопротивление изнашиванию в определенных условиях трения, оцениваемое величиной, обратной интенсивности или скорости изнашивания. Предельным

износом детали (узла) называют износ, при котором дальнейшая эксплуатация становится невозможной вследствие выхода детали (узла) из строя, неэкономичной или недопустимой ввиду снижения надежности механизма.

Износ деталей и узлов трения приводит к ухудшению фрикционных показателей машины и, как правило, регламентирует ее ресурс. В результате износа нарушается кинематическая точность механизмов, снижается производительность, уменьшается прочность деталей, увеличиваются расходы на ремонт машины, затраты энергии на производство конечной продукции, появляются не предусмотренные расчетом дополнительные нагрузки, вибрация, шум. В многочисленных научных и практических работах по вопросам износа описаны различные методы его измерения, например, взвешивание продуктов износа, взвешивание самого образца, измерение впадины, возникшей в результате износа, спектрально-аналитическое исследование продуктов износа, измерение радиоактивности.

Конкретный метод определения износа выбирают исходя из экспериментальных требований. Все чаще переходят к измерению износа непосредственно на промышленных установках. Так, например, методом вырезанных лунок можно определить величины износа цилиндров и поршневых колец, шеек коленчатых валов. В ряде случаев используется метод изотопов. Исследуемые поверхности активируются и подвергаются износу. По радиоактивности продуктов износа можно сделать количественные оценки износа, которые могут быть определены с помощью регистрирующих устройств. Таким образом, весь процесс измерения можно автоматизировать. Чувствительность этого метода очень высока, т.к. подбором соответствующих изотопов всегда можно достичь требуемого эффекта.

Среди традиционных методов испытаний первое место занимает спектральный анализ металлических продуктов износа в смазочном масле, т.к. в этом случае чувствительность может достигать значений  $1:10^5$ , а для некоторых элементов даже  $1:10^6$ . Этого достаточно, чтобы, например, при работе двигателя внутреннего сгорания уже через несколько часов работы обнаружить следы металла в масле. Одновременно можно определять износ различных деталей.

При выборе метода измерения износа большую роль играет вопрос о необходимости прерывания работы машины или механизма во время испытания. Поэтому непрерывно действующие методы, такие как радиоактивные и спектроскопические, имеют большие преимущества.

## 1.1 Описание машины для испытаний на трение и износ модели MMW-1A

Машина для испытаний на трение и износ MMW-1A (рисунок) разработана для моделирования (имитации), оценки и испытаний почти всех видов масел (высококачественных гидравлических масел, смазочных материалов, масел для ДВС и редукторов) и материалов (металлов, пластмасс, покрытий, резины, керамики и т.д.).



Рисунок. – Общий вид машины для испытаний на трение и износ модели MMW-1A

Эти машины широко используются в области трибологии, нефтяной и химической промышленности, механической и энергетической областях, металлургии, авиакосмической отрасли, технических колледжа и институтах, где проходят подготовку специалисты в области трибологии и т.д.

Данная машина трения соответствует требованиям международного стандарта SH/T 0189-1992 «Смазочные материалы. Метод оценки рабочих характеристик (Метод испытания с четырьмя шарами)», а также стандартам ASTM D4172-94 и ASTM D5183-95.

## **Технические характеристики машины**

### **1 Сила.**

1.1 Рабочий диапазон осевой силы испытания: 0 – 1000 Н;

1.2 Точность отображаемого значения при нагрузке менее 200 Н: не более  $\pm 2$  Н;

Точность отображаемого значения при нагрузке более 200 Н: не более  $\pm 2$  Н;

1.3 Различимость силы испытания: не более 1,5 Н;

1.4 Точность определения отображаемого значения: не более  $\pm 1\%$  FS (полной шкалы);

1.5 Погрешность цифрового индикатора силы: не более  $\pm 0,2\%$  FS (полной шкалы).

### **2 Момент трения.**

2.1 Максимальный момент трения: 2,5 Нм;

2.2 Точность отображаемого значения: не более  $\pm 2\%$ ;

2.3 Сила трения, определяемая датчиком: 50 Н;

2.4 Плечо силы трения: 50 мм;

2.5 Различимость момента трения: не более 25 Нмм;

2.6 Погрешность цифрового индикатора момента трения: не более  $\pm 0,2\%$  FS (полной шкалы).

### **3 Диапазон скоростей шпинделя.**

3.1 Частота вращения шпинделя: 1 – 2000 об/мин

3.2 Особая система понижения скорости: 0,05 – 20 об/мин

3.3 Точность значения скорости шпинделя при вращении более 100 об/мин: не более 5 об/мин;

Точность значения скорости шпинделя при вращении менее 100 об/мин: не более 1 об/мин.

**4 Исследуемая среда:** масло, вода, грязная вода, абразивный материал.

### **5 Система нагрева.**

5.1 Рабочий диапазон нагрева: +20 – +260 °С

5.2 Точность измерения температуры:  $\pm 2$  °С.

### **6 Конусность шпинделя машины 1:7**

**7 Максимальное расстояние между шпинделем и нижним диском:** 75 мм.

## **8 Режим управления шпинделя.**

8.1 Ручное управление.

8.2 Контроль времени.

8.3 Регулирование частоты вращения.

8.4 Управление моментом трения.

**9 Таймер и диапазон регулировки: 0 с – 9999 мин.**

**10 Частота вращения и диапазон регулировки: 0 – 9999999.**

**11 Максимальный момент главного двигателя: 4.8 Нм.**

**12 Размер каркаса 600x682x1560 мм.**

**13 Вес 450 кг.**

## **2 Порядок выполнения работы**

В ходе лабораторной работы исследуемые образцы (черные металлы, цветные металлы, пластмассы и т.д.), имеющие форму цилиндра с диаметральной размерами 8,5 мм и высотой 14 мм, предварительно взвешиваются на весах и устанавливаются в держатель и фиксируются в машине трения (см. рисунок).

Далее исследуемые образцы механически подводятся к контртелу, выполненному в виде диска из разных (в зависимости от испытаний) материалов (в основном из стали 40Х или 45, закаленной до твердости HRC 40-55).

Затем прикладывается испытываемая нагрузка на пару трения и проводятся испытания согласно ГОСТ 11629 или ГОСТ 17367. При этом снимаются показания с монитора машины, и необходимые заносятся в таблицу.

После снятия всех показаний рассчитать и записать в таблицу следующие значения:

### **1. Износ образцов**

$$I = m_0 - m,$$

где  $I$  – износ образца, г;

$m_0$  – масса образца до испытания, г;

$m$  – масса образца в процессе испытания, г.

### **2. Скорость изнашивания $V$**

$$V = \frac{\Delta m}{t},$$

где  $V$  – скорость изнашивания, г/ч;  
 $\Delta m$  – изменение массы трущегося образца, г;  
 $t$  – время одного испытания, ч.

3. Интенсивность изнашивания

$$I = \frac{\Delta m}{L},$$

где  $I$  – интенсивность изнашивания, г/м;  
 $\Delta m$  – изменение массы трущегося образца, г;  
 $L$  – путь трения, м.

Таблица. – Результаты испытания образцов на трение и износ

№ образца	Материал образца	Вес образца до испытаний, г	Вес образца после испытаний, г	Износ образца, г	Время испытания, ч	Путь трения, м	Скорость изнашивания, г/ч	Интенсивность изнашивания, г/м	Коэффициент трения
1									
2									
3									
4									

### 3 Содержание отчета

1. Название работы.
2. Цель работы.
3. Основные понятия о трении и износе деталей машин.
4. Краткие сведения о методах определения коэффициента трения согласно ГОСТ 11629-2017 и методах испытания на абразивное изнашивание при трении согласно ГОСТ 17367-71.
5. Результаты определения экспериментальным путем износа образцов, скорости и интенсивности изнашивания, коэффициента трения (таблица).
6. Выводы об определении коэффициента трения и износостойкости различных материалов.

## Литература

1. Пластмассы. Метод определения коэффициента трения : ГОСТ 11629-2017. – Введ. 01.07.2018. – М. : Стандартиформ, 2017. – 7 с.
2. Металлы. Метод испытания на абразивное изнашивание при трении о закрепленные абразивные частицы : ГОСТ 17367-71. – Введ. 31.12.1971. – М. : Гос. ком. стандартов Совета министров СССР, 1972. – 7 с.
3. Машиностроение. Энциклопедия в сорока томах / К. В. Фролов (гл. ред.). – М. : Машиностроение, 1995. – Раздел IV. Конструирование машин. Т IV-1. Детали машин. Конструкционная прочность. Трение, износ, смазка / ред.-сост. Д. Н. Решетов, А. П. Гусенков, Ю. Н. Дроздов. – 863 с.
4. Крагельский, И. В. Трение и износ / И.В. Крагельский. – М. : Машиностроение, 1968. – 480 с.
5. Михин, Н. М. Внешнее трение твердых тел / Н. М. Михин. – М. : Наука, 1977. – 221 с.
6. Михин, Н. М. Средства испытаний материалов на трение и износ / Н. М. Михин, М. А. Сляжнев // Испытательная техника. Справочник. В 2 кн. – М. : Машиностроение, 1982. – Кн. 1. – 528 с.
7. Трение, износ и смазка / А. В. Чичинадзе, Э. М. Берлинер, Э. Д. Браун [и др.]. – М. : Машиностроение, 2003. – 576 с.