

Министерство образования и науки Российской Федерации  
ФГБОУ ВПО «Тамбовский государственный технический университет»

**Факультет «Магистратура»**

О.А. Киселева

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СТРОИТЕЛЬНЫХ КОМПОЗИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ**

Утверждено Методическим советом ТГТУ  
в качестве методических указаний для студентов магистратуры,  
обучающихся по направлению 270100.68 «Строительство»



Тамбов  
2013

## Рецензент

К.т.н., генеральный директор ООО «Экспертсервис» Воронков А.Г.

Определение физико-механических характеристик строительных композитных материалов: Метод. указ./Сост.: О.А. Киселева, Тамбов: ТГТУ, 2013. – 15 с.

Утверждено Методическим советом ТГТУ  
(протокол № \_\_\_\_ от \_\_\_\_\_)

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение .....	4
Лабораторная работа № 1. Определение гидрофизических свойств .....	4
Лабораторная работа № 2 Предела прочности строительных материалов.....	5
Лабораторная работа № 3 Определение модуля упругости .....	9
Лабораторная работа № 4 Построение кривой ползучести.....	10
Лабораторная работа № 5 Определение истираемости строительных материалов.....	11
Список литературы .....	15

## ВВЕДЕНИЕ

Большинство строительных материалов относятся к композитным, т.е. состоят как минимум из двух компонентов. Такие материалы имеют сложную структуру и неоднородное строение, что сказывается на их свойствах.

В данных методических указаниях как раз и приводятся лабораторные методы по определению основных физических и механических свойств композитных строительных материалов.

Приведенный в методических указаниях материал учитывает компетентностный подход. Рассмотренные лабораторные работы направлены на изучение следующих профессиональных компетенций:

– способностью и готовностью применять знания о современных методах исследования (ПК-8);

– способностью к профессиональной эксплуатации современного исследовательского оборудования и приборов (в соответствии с целями магистерской программы) (ПК-11).

### Лабораторная работа 1

#### ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГИДРОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ

**Цель работы:** научиться определять водопоглощение и набухание строительных материалов.

**Оборудование и приборы:** весы аналитические с погрешностью взвешивания не более 0,01 г; сушильный шкаф; эксикаторы; штангенциркуль.

**Конструкция образца.** Для испытаний древесных композитов используют образцы прямоугольной формы с основанием 20×20 мм и высотой вдоль волокон 10 мм, строительных растворов – стандартные образцы сечением 40×40×160 мм.

#### Порядок выполнения работы [1-5]:

1. Высушенные образцы древесных композитов помещают в эксикатор под вставку и заливают дистиллированной водой таким образом, чтобы одна из плоскостей поперечного разреза оставалась сухой. Образцы строительного раствора помещают в емкость, наполненную водой с таким расчетом, чтобы уровень воды в емкости был выше верхнего уровня уложенных образцов примерно на 50 мм. Закрывают крышкой и выдерживают при температуре  $20 \pm 2^\circ\text{C}$ .
2. Образцы периодически вынимают из воды и взвешивают в бюксах с погрешностью не более 0,01 г, предварительно осушив поверхность фильтровальной бумагой. Первое взвешивание производят после выдерживания образцов в воде в течение 2 ч, второе – через 24 ч. Параллельно штангенциркулем измеряют размеры образцов.
3. Рассчитывают водопоглощение и набухание по формулам

$$W = \frac{m_n - m_0}{m_0} \cdot 100,$$

$$H = \frac{h_n - h_0}{h_0} \cdot 100,$$

где  $m_0$  – масса образца в абсолютно сухом состоянии, г;  $m_n$  – масса образца через  $n$  времени с момента его погружения в воду, г;  $h_0$  – высота образца в абсолютно сухом состоянии, г;  $h_n$  – высота образца через  $n$  времени с момента его погружения в воду, г.

4. Полученные результаты заносятся в табл. 1, 2 и делают выводы.

Таблица 1

Номер образца	Первоначальная масса образца, г	Масса, г, после выдерживания в воде в течение		Водопоглощение, W, % после выдерживания в воде в течение	
		2 ч	24 ч	2 ч	24 ч

Таблица 2

Номер образца	Первоначальная высота образца, мм	Высота образца, мм, после выдерживания в воде в течение		Набухание, H, % после выдерживания в воде в течение	
		2 ч	24 ч	2 ч	24 ч

## Лабораторная работа 2

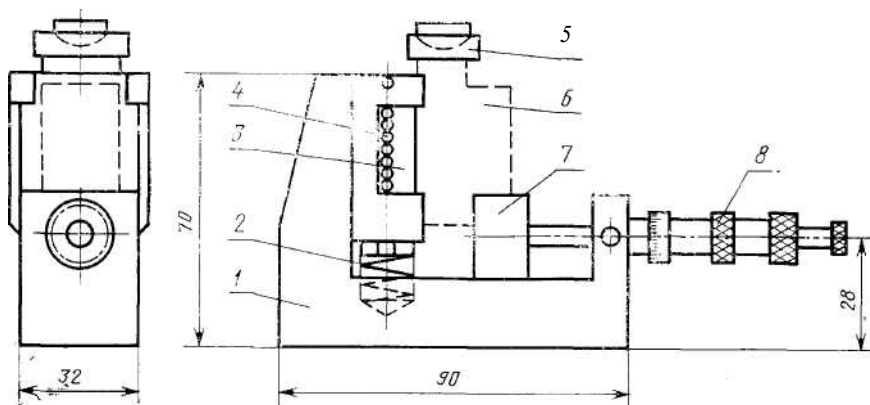
### ПРЕДЕЛ ПРОЧНОСТИ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

**Цель работы:** научиться определять для строительных материалов предел прочности при поперечном изгибе, сжатии и скалывании.

**Оборудование и приборы:** разрывная машина 2167 Р-50 или рычажная установка; шестипозиционный стенд для длительных испытаний на поперечный изгиб; приспособление для определения предела прочности при скалывании (рис. 1); штангенциркуль.

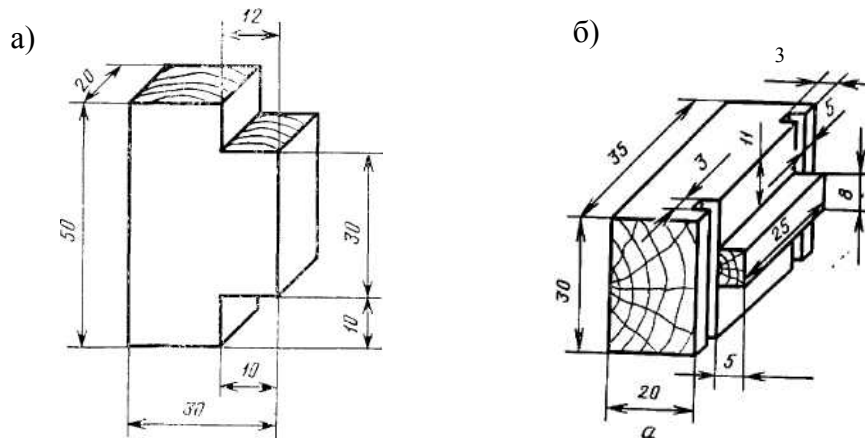
**Конструкция образца.** Для испытаний используют образцы прямоугольной формы длиной 120 мм (при поперечном изгибе) или кубики (на сжатие). Ширина и высота образцов зависит от материала (например, для древесностружечных плит 20×10 мм) и используемого оборудования. Для испы-

таний древесины на скалывание используются образцы представленные на рис. 2.



**Рис. 1. Приспособление для определения предела прочности при скалывании**

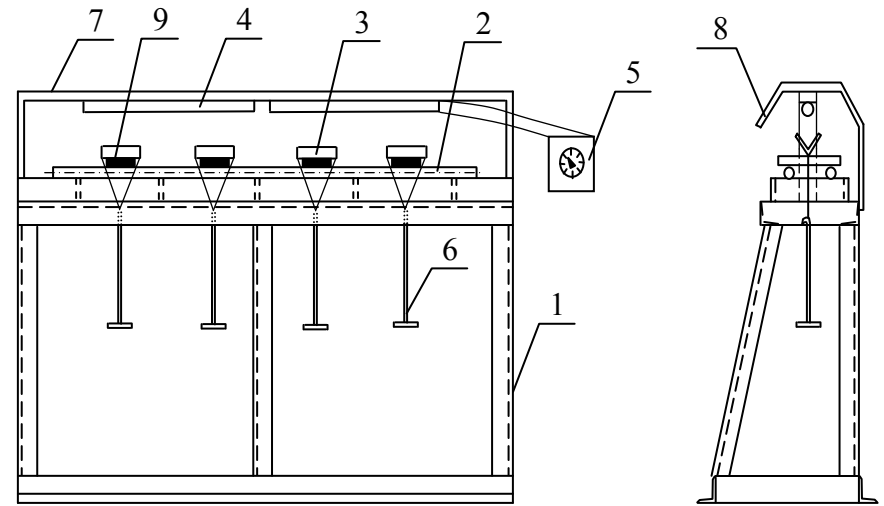
1 – корпус; 2 – пружина; 3 – подвижная планка; 4 – ролики; 5 – нажимная призма с шаровой опорой; 6 – образец; 7 – подвижная опора; 8 – устройство для прижима подвижной опоры



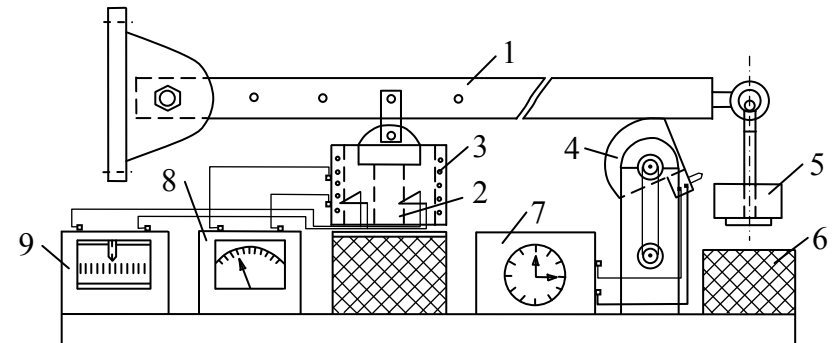
**Рис. 2. Образец для испытаний древесины на скалывание:**

а) вдоль волокон, б) поперек волокон

**Методические указания.** Шестипозиционный стенд для длительных испытаний на поперечный изгиб (рис. 3) состоит из рамы 1, выполненной из



**Рис. 3. Стенд для проведения испытаний на поперечный изгиб**



**Рис. 4. Рычажное устройство для проведения испытаний на сжатие:**  
 1 – рычаг; 2 – образец; 3 – крио-термокамера; 4 – приспособление для плавного нагружения; 5 – груз; 6 – демпфер; 7 – хронометр; 8 – ЛАТР; 9 – потенциометр с термопарами.

уголков. К ней сверху крепят два стержня 2 диаметром 6 мм. Образец 9 помещают на опоры 2 широкой стороной и нагружают посередине его рабочего участка с помощью уголка и нижней тяги 6, на которую навешиваются грузы. Повышенную температуру создают стержневыми тепло-электронагревателями 4 и кожухом 8 в виде полуцилиндра. ТЭНы крепят к

скобе 7, а кожух к П-образным стойкам, закрепленным на раме. Температура задается и регулируется ЛАТРОм 5, а измеряется при помощи термометра с точностью  $\pm 0.1^\circ\text{C}$ . Шарик термометра должен быть расположен в зоне разрушения рабочего участка образца. Для устранения влияния колебаний при разрушении образцов применяют демпфирующее устройство – емкость, заполненная песком [6].

Для проведения испытаний на сжатие можно использовать установку рычажного типа (рис. 4). Она состоит рычага, нагружающих устройств, измерительных приборов и съемной термокамеры. Образец 2 помещают на демпфер. К нему с помощью рычага 1 прикладывают необходимую нагрузку. Для проведения опытов при повышенных температурах используют съемную термокамеру 3, с автоматическим регулированием температуры. Температуру образца замеряют термопарой, а регулируют потенциометром 9. Можно также использовать конвекционный обогрев, расположив нагреватель на определенном расстоянии от образца и, замеряя температуру обычным ртутным термометром [6].

#### Порядок выполнения работы [7-9]:

1. Штангенциркулем измеряют размеры образца.
2. Образец помещают на установку и постепенно нагружают до его разрушения. Для определения предела прочности испытывают не менее 6 образцов.
3. Фиксируют разрушающую нагрузку.
4. Определяют разрушающее напряжение

при поперечном изгибе 
$$\sigma_u = \frac{3}{2} \cdot \frac{N_p \cdot l}{b \cdot h^2},$$

при сжатии 
$$\sigma_{сж} = \frac{N_p}{F},$$

при скалывании 
$$\sigma_{ск} = \frac{N_p}{F},$$

где  $N_p$  – разрушающая нагрузка, кН;  $l$  – расстояние между опорами, м;  $b$  – ширина образца, м;  $h$  – высота образца, м;  $F$  – площадь поперечного сечения,  $\text{м}^2$ .

5. Полученные данные заносят в табл. 3 и делают выводы.

Таблица 3

Номер образца	Размеры образца, мм		Площадь поперечного сечения, $F$ $\text{м}^2$	Разрушающая нагрузка, $N_p$ Н	Разрушающее напряжение, МПа		
	$b$	$h$			$\sigma_u$	$\sigma_{сж}$	$\sigma_{ск}$



**Лабораторная работа 3**  
**ОПРЕДЕЛЕНИЕ МОДУЛЯ УПРУГОСТИ**

**Цель работы:** научиться определять модуль упругости строительных материалов при сжатии.

**Оборудование и приборы:** разрывная машина 2167 Р-50 или рычажная установка; тензометры механические; штангенциркуль.

**Конструкция образца.** Для испытаний используют образцы прямоугольной формы сечением 20×20 мм. Высота образцов выбирается в зависимости от материала и используемого оборудования.

**Порядок выполнения работы [10]:**

1. На середине длины образца измеряют его ширину  $b$  и толщину  $a$  с точностью  $\pm 0,1$  мм.
2. На противоположных боковых сторонах образцов устанавливают два тензометра. На образцах предварительно проводят продольные осевые линии и делают на них отметки – одну по середине образца и две – в местах крепления ножек тензометров. Под ножками тензометров клеим БФ-2 наклеивают подкладки из латуни толщиной от 0,5 до 1,0 мм, размером 5×5 мм.
3. Каждый образец подвергают шестикратному нагружению от  $N_1$  до  $N_2$  (величина нагрузки зависит от вида материала). Первоначально образец нагружают до  $N_1$  и отсчитывают показания тензометров, затем нагружают до верхнего предела нагружения  $N_2$  и вновь отсчитывают показания тензометров. После этого образец плавно разгружают несколько ниже нижнего предела нагружения и вновь нагружают в той же последовательности.
4. В процессе испытаний фиксируют показания тензометров, т.е. величину деформации.
5. Определяют модуль упругости  $E$  по формуле.

$$E = \frac{N \cdot l}{a \cdot b \cdot \Delta l},$$

где  $N$  – нагрузка, равная разности между верхним и нижним пределами нагружения, Н;  $l$  – база тензометра;  $a$  и  $b$  – размеры поперечного сечения, мм;  $\Delta l$  – средняя величина перемещения, соответствующая нагрузке  $N$ , м.

6. Полученные данные заносят в табл. 4., делают выводы.

Таблица 4

Номер образца	Размеры поперечного сечения образца, мм		Отчет по тензOMETрам при нагрузке, Н				Модуль упругости, Е МПа
	a, мм	b, мм	$N_1$		$N_2$		
			ТензOMETры				
			№	№	№	№	

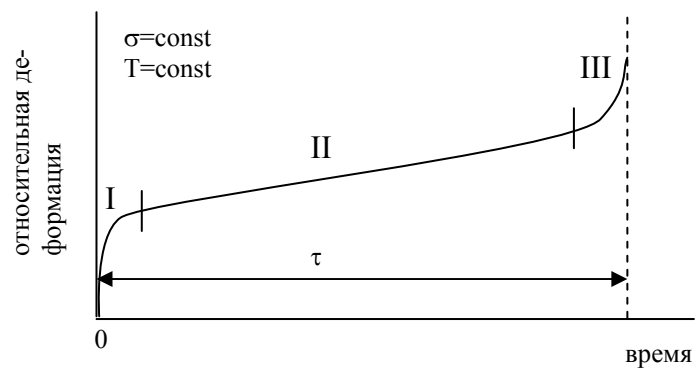
#### Лабораторная работа 4 ПОСТРОЕНИЕ КРИВОЙ ПОЛЗУЧЕСТИ

**Цель работы:** научиться определять ползучесть строительных материалов.

**Оборудование и приборы:** разрывная машина 2167 Р-50 или рычажная установка; индикатор часового типа ИЧ-10; штангенциркуль.

**Конструкция образца.** Для испытаний используют образцы прямоугольной формы сечением 20×20 мм. Высота образцов выбирается в зависимости от материала и используемого оборудования.

**Методические указания.** Кривой ползучести называется зависимость деформации образца от времени вплоть до его разрыва (рис. 5). Кривую строят при постоянном напряжении (нагрузке) и постоянных условиях эксплуатации (влажность, температура) [5].



**Рис. 5. Схематическая кривая ползучести**

I — переходный участок, II — участок стационарный (или кристаллической) ползучести, III — предразрывной участок.

#### Порядок выполнения работы:

1. Образец помещают на установку и постепенно нагружают (нагрузка выбирается в зависимости от вида материала).
2. Через определенные интервалы времени с помощью индикатора часового типа фиксируют деформацию образца (мм).
3. Рассчитывают относительную деформацию образца

$$\varepsilon = \frac{a_i - a_0}{h_0} \cdot 100\%,$$

где  $a_i$  – показания индикатора часового типа в данный момент времени, мм;  
 $a_0$  – начальное показание индикатора часового типа, мм,  $h_0$  – первоначальная высота образца, мм.

4. Строят кривую ползучести.
5. Делают вывод.

### Лабораторная работа 5 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ИСТИРАЕМОСТИ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

**Цель работы:** научиться определять скорость истирания строительных материалов.

**Оборудование и приборы:** машина для испытания на истирание МИ-2; весы; секундомер.

**Конструкция образца.** Для испытаний используют образцы прямоугольной формы сечением 10×10 мм и высотой 20 мм.

**Методические указания.** Общий вид установки представлен на рис. 6. На станине 1 укреплен электродвигатель 2, который через редуктор 3 приводит во вращение полый вал 4 с насаженным на нем диском 5. На диск 5 наложен круг с поверхностью истирающей образец, который закреплен при помощи шайбы и гайки. Диск 5 вращается в вертикальной плоскости со скоростью  $40 \pm 5$  об/мин. На коротком плече рычага 6 имеются две зажимные рамки 7, в которые помещают образцы 8. Расстояние между осями рамок составляет 135 мм.

При помощи винтов образцы в рамках зажимают на рычаге. Точно по середине между образцами на рычаге 6 укреплен грузовой стержень 9, который проходит через полый вал 4 и служит для прижима рычага 6 с образцами к диску. Прижим осуществляется постоянным грузом 10, подвешенным к стержню 9 при помощи троса, перекинутого через блок 11. Постоянный груз 10 может быть весом от 0,5 к до 20 кг, в зависимости от материала испытываемых образцов. Для удерживания рычага от вращения в среднем положении предусмотрен выступ.

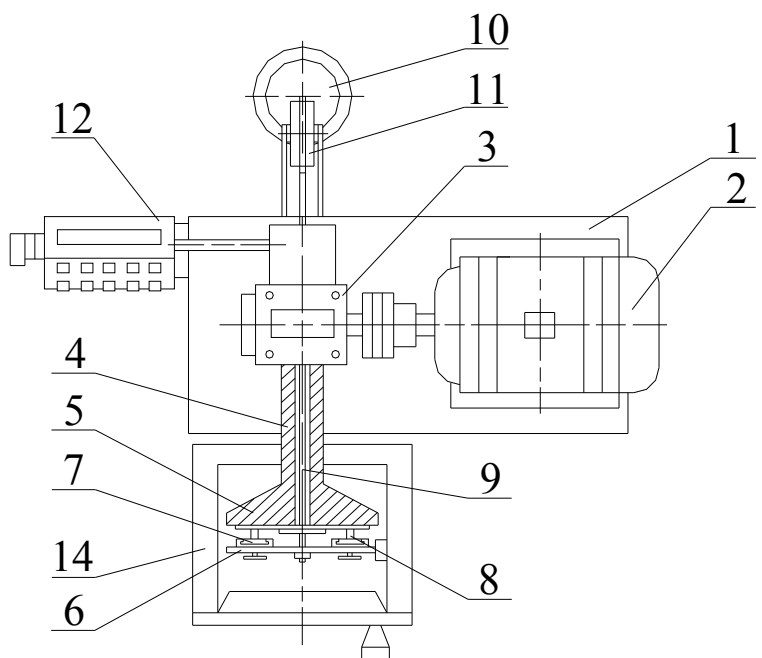
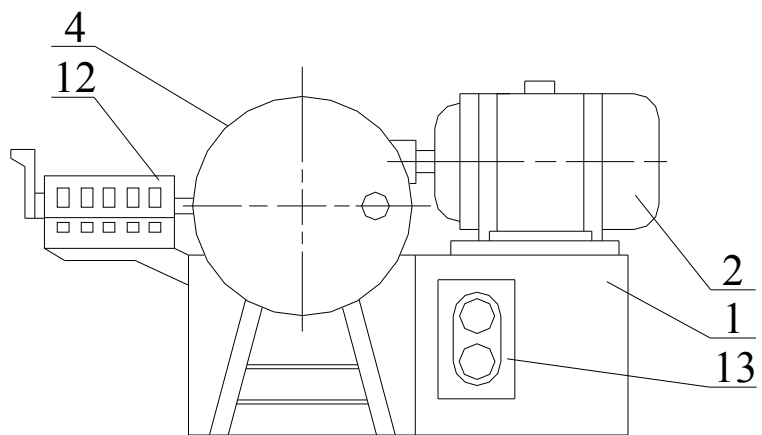


Рис. 6. Машина для испытаний на истирание МИ-2

Испытание образцов на истирание производят за определённое число оборотов диска либо за определенное время. Необходимое число оборотов диска заранее устанавливают на счетчике оборотов 12, который через коническую пару шестерён соединён с полым валом 4, на котором насажен диск 5.

Повышенную температуру создают термокамерой 14 и регулируют с помощью ЛАТРа, а её контроль осуществляют с помощью ртутного термометра, помещенного в термокамеру.

Пуск машины производится нажатием кнопки «пуск», встроенной в станину кнопочной станции 3.

К достоинствам этой машины можно отнести полное скольжение, обеспечивающее достаточную интенсивность износа и поэтому сокращающее длительность испытания, а также малую скорость при малых нагрузках. В результате малой мощности трения не происходит разогрева поверхности. Надёжность и простота конструкции машины МИ-2 позволяет: во-первых, легко менять вид истирающей поверхности (шкурка, сетка, гладкая сталь), а во-вторых, опыты можно проводить при широкой вариации нагрузок (0,1...20 кг) и температур.

В процессе испытания металлическая сетка может засориться. Ее очистку осуществляют следующим образом. Сетку выдерживают несколько часов в керосине для удаления масла, затем промывают последовательно в бензине, спирте, ацетоне и высушивают. После чего истирающую поверхность можно устанавливать на диске.

#### **Порядок выполнения работы:**

1. Установка истирающей поверхности: шлифовальная шкурка или металлическая сетка.
2. Притирка образца к истирающей поверхности. Образцы закрепляют в держатели, которые устанавливают в машине и нажимают кнопку пуск. Об окончании притирки судят по появлению следов износа на поверхности образца. Для ускорения процесса в начале производят его притирку по шлифовальной шкурке, а затем уже по сетке. Притёртые образцы, не вынимая из держателей, очищают волосяной щёткой от пыли и продуктов износа. Продукты износа, не отделившиеся от образца и образующие «бахромку» по краям срезают.
3. Держатель с образцом взвешивают на электронных весах с точностью до 0,001 г и устанавливают в машину в том же положении, что и до притирки.
4. Истирание образцов. При проведении испытаний при повышенных температурах образцы предварительно термостатируют в течении 10 мин.
5. Фиксирование времени износа при помощи счётчика оборотов или секундомера.

6. Определение потери веса после истирания. Образцы, не вынимая из держателей, очищают щёткой от продуктов износа, после чего взвешивают.
7. Определение скорости истирания по формуле

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

где  $\Delta m$  - потеря массы образца, мг;  $t$  - время истирания, мин.

8. Делают выводы.

Таблица 6

Вид поверхности истирания	Номер образца	Масса образца, г		Продолжительность истирания, мин	Скорость истирания, мг/мин
		первоначальная	после истирания		

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ 16483.20-72 Древесина. Метод определения водопоглощения. – М.: Госстандарт СССР, 1972
2. ГОСТ 16483.14-72 Древесина. Методы испытаний на разбухание. – М.: Госстандарт СССР, 1972
3. ГОСТ 12730.3-78 Бетоны. Метод определения водопоглощения. – М.: Госстандарт СССР, 1994
4. ГОСТ 5802-86 Растворы строительные. Методы испытаний – М.: Госстандарт СССР, 1989
5. Строительные материалы. Учебник/ Под общей ред. В.Г. Микульского. – М.: Изд-во АСВ, 1996. – 448 с.
6. Ярцев В.П., Физико-механические испытания строительных композитных материалов: Метод. указ. к лабор. работам./ В.П., Ярцев, О.А., Киселева – Тамбов: Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2003. – 24 с.
7. ГОСТ 8462-85 Материалы стеновые. Методы определения пределов прочности при сжатии и изгибе – М.: Госстандарт СССР, 1985
8. ГОСТ 16483.12-72 Древесина. Метод определения предела прочности при скалывании поперек волокон. – М.: Госстандарт СССР, 1972
9. ГОСТ 16483.5-73 Древесина. Метод определения предела прочности при скалывании вдоль волокон. – М.: Госстандарт СССР, 1973
10. ГОСТ 16483.9-73 Древесина. Методы определения модуля упругости при статическом изгибе. – М.: Госстандарт СССР, 1973