

## МЕХАНИЧЕСКИЕ ИСПЫТАНИЯ МАТЕРИАЛОВ



Министерство науки и высшего образования  
Республики Казахстан

Торайгыров университет

С. Р. Гирнис, А. А. Ткачук

# **МЕХАНИЧЕСКИЕ ИСПЫТАНИЯ МАТЕРИАЛОВ**

Учебное пособие

Павлодар  
Toraighyrov University  
2023

УДК 539.3 (075.8)  
ББК 30.121 я73  
Г51

**Рекомендовано к изданию Учёным советом  
Торайгыров университета**

**Рецензенты:**

А. Ж. Жусупбеков – доктор технических наук, профессор,  
В. Н. Украинец – доктор технических наук, профессор.

**Гирнис С. Р. Ткачук А. А.**

Г51 Механические испытания материалов: учебное пособие /  
С. Р. Гирнис, А. А. Ткачук. – Павлодар : Toraighyrov University,  
2023. – 39 с.

ISBN 978-601-345-431-3

Учебное пособие подготовлено в соответствии с рабочими учебными программами курса «Сопротивление материалов» для студентов строительных и машиностроительных специальностей и служит дополнением к основным учебникам. Пособие содержит лабораторные работы по определению механических характеристик материалов при статических испытаниях. В каждой лабораторной работе сформулирована её цель, приведены необходимые теоретические сведения, дано краткое описание лабораторной установки и указан порядок выполнения работы.

УДК 539.3 (075.8)  
ББК 30.121 я73

ISBN 978-601-345-431-3

© Гирнис С. Р., Ткачук А. А., 2023  
© Торайгыров университет, 2023

За достоверность материалов, грамматические и орфографические ошибки  
ответственность несут авторы и составители

## Введение

Механическими характеристиками материалов называют свойства материалов, которые выявляются испытаниями при воздействии внешних нагрузок. В результате таких испытаний определяют количественные характеристики механических свойств материалов. Эти характеристики необходимы для выбора материалов при изготовлении элементов конструкций, расчетов их на прочность, жесткость и устойчивость, контроля и диагностики состояния конструкций в процессе эксплуатации.

При проведении механических испытаний стремятся воспроизвести такие условия воздействия на материал, которые имеют место при эксплуатации изделия, изготовленного из этого материала, в реальных условиях работы конструкции. Многообразие условий обуславливает проведение большого числа механических испытаний. Но вместе с тем основными признаками, позволяющими классифицировать виды механических испытаний, являются:

- способ нагружения (растяжение, сжатие, изгиб, кручение, срез, циклическое нагружение и др.);
- скорость нагружения (статическая, динамическая);
- протяженность процесса испытания во времени (кратковременная, длительная).

Существуют и другие признаки классификации.

В результате механических испытаний материалов определяют следующие характеристики их свойств: упругость, пластичность, прочность, твердость, вязкость, усталость и др.

В данном учебном пособии приведены лабораторные работы по определению механических характеристик материалов при статических испытаниях, т. е. при статическом нагружении испытываемых образцов. Рассмотрены простые виды деформации.

Лабораторные работы по определению механических характеристик материалов являются очень важной частью учебного процесса при изучении студентами курса «Соппротивление материалов». Они развивают навыки самостоятельной работы, закрепляют в сознании связь между теорией и опытом, способствуют более глубокому раскрытию физической сути вопросов механики и их усвоению.

При выполнении лабораторных работ студенты изучают работу лабораторного оборудования, знакомятся с методами опытного исследования и техникой экспериментирования, учатся работать с

приборами, производить замеры и расчеты, анализировать полученные результаты и делать необходимые выводы.

Правильное проведение лабораторных работ требует, прежде всего, осуществление максимально возможной самостоятельности их выполнения. Для этого, во-первых, студентам надо готовиться к каждому лабораторному занятию и, во-вторых, необходима надлежащая организация самих лабораторных работ.

Перед каждым лабораторным занятием студентам выдается бланк протокола лабораторной работы (см. Приложение). При проведении испытаний результаты наблюдений вносят в протокол. В процессе выполнения работы и обработки её результатов студенту необходимо:

- точно соблюдать требования безопасности и правила использования машин и приборов;

- внимательно относиться к проведению работы, в точном соответствии с методическими указаниями;

- тщательно и аккуратно производить необходимые наблюдения, замеры, записи, расчеты, эскизы и чертежи;

- уметь анализировать и критически оценивать полученные экспериментальные и теоретические результаты.

Оформление работы и зачет по каждой отдельной работе (прием работы) осуществляется в отведенное на выполнение этой работы время.

## **Правила по технике безопасности для студентов при проведении лабораторных работ по испытанию материалов**

### **1 Следуйте инструкциям:**

Лабораторные работы проводятся под наблюдением преподавателя или лаборанта. Перед началом работы пройдите инструктаж по технике безопасности и противопожарным мерам. Тщательно ознакомьтесь с инструкциями по выполнению лабораторной работы и соблюдайте их на протяжении всего процесса. Если у вас возникли вопросы, обратитесь к преподавателю или лаборанту.

### **2 Используйте личную защиту:**

Всегда надевайте специальную защитную экипировку, это поможет защитить вас от возможных опасностей и травм.

### **3 Будьте внимательны при обращении с оборудованием:**

Правильно используйте и обращайтесь с лабораторным оборудованием, следуя инструкциям и указаниям. Работать на испытательных машинах можно только с разрешения и под руководством преподавателя. Не проводите эксперименты, для которых у вас нет соответствующих навыков или разрешения. Перед проведением испытаний все измерения образцов производите до их установки в устройства испытательных машин. После окончания испытаний измерения образцов могут быть выполнены только после их снятия с устройства.

### **4 Берегите себя и окружающих:**

Будьте осторожны и предельно аккуратны при работе с острыми или ломающимися предметами, а также при использовании инструментов и оборудования, которые могут представлять опасность для окружающих. Не находитесь поблизости от движущихся частей машины во время проведения лабораторных испытаний. Если тестируются хрупкие или закаленные образцы, используйте защитный экран из органического стекла или металлическую заслонку.

### **5 Будьте готовы к возможным аварийным ситуациям:**

Знайте расположение и использование средств пожаротушения и экстренного освещения в лаборатории. В случае аварии или неожиданного инцидента немедленно сообщите преподавателю или лаборанту.

Помните, что эти правила по технике безопасности являются основными рекомендациями и могут варьироваться в зависимости от конкретных условий и требований вашей лаборатории.

## Лабораторная работа № 1. Испытание стали на растяжение

Цель работы: определить опытным путем механические характеристики прочности и пластичности стали.

### 1.1 Краткие теоретические сведения

Испытание на растяжение является одним из основных видов испытания материалов, целью которого является получение их механических характеристик прочности и пластичности.

Результаты испытаний на растяжение зависят не только от свойств материала, но и от формы и размеров испытываемых образцов, а также от условий их нагружения. Для получения сравнимых результатов испытания металлов на растяжение испытаниям подвергают образцы, форма, размеры и условия нагружения которых определяются стандартом ГОСТ 1497–84 [1]. Для образцов круглого поперечного сечения (рисунок 1) отношение расчетной длины  $l_0$  к диаметру  $d_0$  нормируется (для нормальных образцов  $l_0/d_0 = 10$ , для укороченных  $l_0/d_0 = 5$ ).

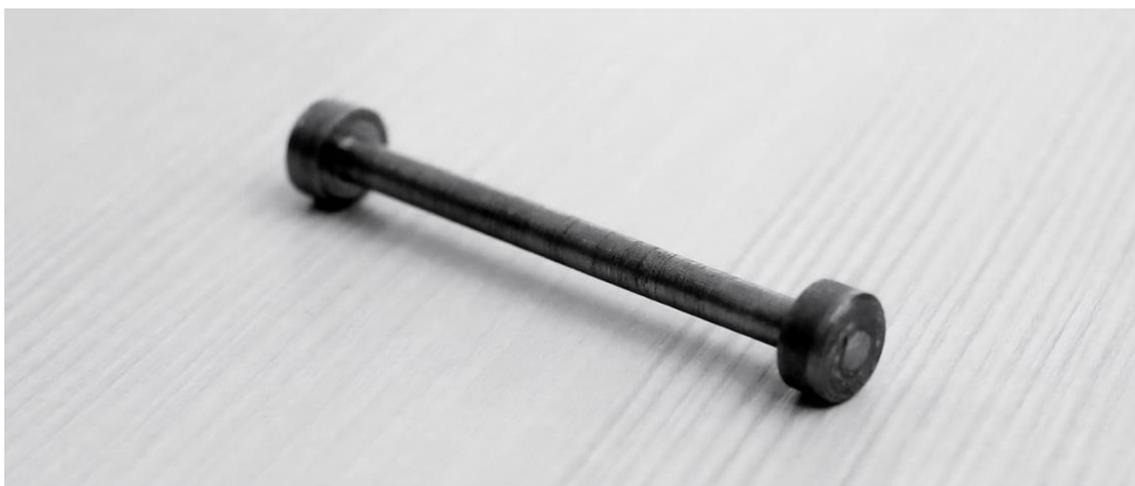


Рисунок 1 – Образец для испытания стали на растяжение

Применение стандартных образцов с таким отношением практически исключает влияние размеров образца на результаты испытаний.

При статическом испытании стали на растяжение могут быть определены следующие основные механические характеристики прочности:

- предел пропорциональности  $\sigma_{\text{пц}}$  – наибольшее напряжение, до достижения которого справедлив закон Гука;

- предел упругости  $\sigma_y$  – наибольшее напряжение, до достижения которого в материале не появляются остаточные деформации;

- предел текучести  $\sigma_T$  – напряжение, при котором происходит рост деформаций без увеличения нагрузки, т.е. «текучесть» материала;

- предел прочности или временное сопротивление  $\sigma_B$  – напряжение, соответствующее наибольшей нагрузке, которую может выдержать образец до разрушения;

Кроме того, могут быть получены следующие механические характеристики пластичности:

- относительное остаточное удлинение после разрыва

$$\delta = \frac{l_p - l_0}{l_0} \times 100\% , \quad (1.1)$$

где  $l_0$  – расчетная длина образца до испытания, мм;

$l_p$  – длина образца при разрыве, мм;

- относительное остаточное сужение площади поперечного сечения после разрыва

$$\Psi = \frac{F_0 - F_{ш}}{F_0} \times 100\% , \quad (1.2)$$

где  $F_0$  – площадь поперечного сечения образца до испытания, мм<sup>2</sup>;

$F_{ш}$  – площадь поперечного сечения шейки, образующейся при разрыве, мм<sup>2</sup>.

Основной механической характеристикой при практических расчетах на прочность элементов конструкции из пластичных материалов является предел текучести. Различают условный предел текучести  $\sigma_T$  и фактический предел текучести  $\sigma_T^\phi$ :

$$\sigma_T = \frac{P_T}{F_0} , \quad (1.3)$$

$$\sigma_T^\phi = \frac{P_T}{F} ,$$

где  $P_T$  – нагрузка, при которой происходит текучесть материала, Н;

$F_0$  – площадь поперечного сечения образца до испытания, м<sup>2</sup>;

$F$  – фактическая площадь поперечного сечения образца при данной нагрузке, м<sup>2</sup>.

Многочисленные экспериментальные данные показывают, что различие между  $\sigma_T$  и  $\sigma_T^\Phi$  несущественно, поэтому для практических целей определяют условный предел текучести, получить который значительно проще, чем фактический.

Аналогично определяют предел прочности (временное сопротивление):

$$\sigma_B = \frac{P_B}{F_0}, \quad (1.4)$$

где  $P_B$  – наибольшая нагрузка, которую может выдержать образец, Н.

Некоторый теоретический интерес представляет фактическое напряжение в момент разрыва

$$\sigma_P^\Phi = \frac{P_P}{F_{ш}}, \quad (1.5)$$

которое значительно превышает условное

$$\sigma_P^y = \frac{P_P}{F_0}, \quad (1.6)$$

при существенном отличии  $F_{ш}$  от  $F_0$ . Здесь  $P_P$  – нагрузка, при которой происходит разрушение образца (разрушающая нагрузка), Н.

## 1.2 Лабораторная установка

Испытание проводится на специальной испытательной машине (прессе МС-1000, или подобному ему) с использованием специального приспособления – реверсивного устройства (реверсора), в захваты которого вертикально устанавливается испытываемый образец круглого поперечного сечения (рисунок 2).



Рисунок 2 – Образец, установленный в реверсор

Реверсор устанавливается на центр нижней плиты прессы в вертикальном положении. При действии на реверсор сжимающей силы происходит растяжение образца, вплоть до его разрушения.

В процессе проведения испытания должны соблюдаться следующие основные условия:

- надёжное центрирование образца в захватах реверсора;
- плавность нагружения;
- скорость передвижения подвижного захвата при испытании: до предела текучести – не более 0,1, за пределом текучести – не более 0,4 от длины образца, выраженная в мм/мин;
- возможность приостановить нагружение с точностью до цены деления шкалы силоизмерителя;
- плавность разгрузки.

### **1.3 Указания к выполнению лабораторной работы**

- нанести на испытываемый образец две риски, определяющие его расчетную длину  $l_0$ ;

- измерить штангенциркулем с точностью до 0,1 мм диаметр образца в трех разных местах в пределах расчетной длины, определить его среднюю величину  $d_0$  и вычислить площадь поперечного сечения  $F_0$ ;

- установить образец в захваты реверсора, а сам реверсор – на центр нижней плиты испытательной машины;

- включить машину, установить необходимую скорость нагружения и наблюдать за процессом растяжения образца;

- по шкале силоизмерителя определить значения нагрузок  $P_T$ ,  $P_B$ ,  $P_p$ ;

- после завершения испытания установить ручку “режим работы” на панели управления пульта машины в положение “сброс” и опустить подвижные части машины;

- выключить насосную установку и отключить машину от электрической сети;

- снять образец, произвести необходимые для расчетов замеры  $l_p$ ,  $d_{ш}$  и вычислить  $F_{ш}$ . Обратить внимание на характер разрушения;

- используя формулы (1.1) – (1.6), обработать результаты испытания;

- оформить отчет о проделанной работе, заполнив бланк протокола лабораторной работы (см. Приложение А).

## Лабораторная работа № 2. Испытание стали на сжатие

Цель лабораторной работы: определить опытным путем предел текучести стали.

### 2.1 Краткие теоретические сведения

Для проведения статического испытания стали на сжатие, согласно 25.503–97 [2], используются образцы цилиндрической формы (рисунок 3) диаметром  $d$  и высотой  $h$  с отношением  $1 \leq h/d \leq 2$ .



Рисунок 3 – Образец для испытания стали на сжатие

Испытание на сжатие пластичных материалов (меди, алюминия, сталей и др.) менее распространено, чем испытание на растяжение. Объясняется это, прежде всего тем, что в упругой стадии и при малом развитии пластических деформаций диаграмма сжатия таких материалов, как, например, низкоуглеродистая сталь, почти полностью повторяет диаграмму растяжения и не дает никаких новых механических характеристик прочности. Пределы пропорциональности, упругости и текучести имеют те же значения. Углы наклона прямолинейных участков на обеих диаграммах одинаковы, следовательно, одинаковы и модули упругости. Различия начинаются после наступления текучести, т. е. за пределом

эксплуатационной способности большинства конструкций. Площадка текучести при сжатии менее ярко выражена, чем в случае растяжения. При больших деформациях различие становится особенно ощутимым, в первую очередь из-за того, что сжатие сопровождается увеличением площади поперечного сечения образца, вследствие чего испытание требует постоянно возрастающей нагрузки. Следовательно, при сжатии пластичного материала получить такую характеристику, как предел прочности, не представляется возможным.

Испытываемый образец устанавливается на плиту пресса и подвергается сжатию. При постепенном увеличении сжимающей силы, образец, деформируясь, сначала принимает бочкообразную форму (возникающие между плитами пресса и основаниями образца силы трения препятствуют увеличению площади поперечного сечения у его торцов), а затем, не претерпевая разрушения, расплющивается, и дальнейшее испытание ограничивается возможностями пресса. В расчетной практике предел прочности при сжатии условно принимают таким же, как и при растяжении.

Предел текучести  $\sigma_T$  стали определяется по формуле

$$\sigma_T = \frac{P_T}{F}, \quad (2.1)$$

где  $P_T$  – нагрузка, при которой происходит текучесть материала, Н;

$F$  – площадь поперечного сечения образца до испытания, м<sup>2</sup>.

## 2.2 Лабораторная установка

Испытание проводится на специальной испытательной машине (прессе МС-1000, или подобному ему) путем сжатия образца до принятия им бочкообразной формы при установленной скорости нагружения.

## 2.3 Указания к выполнению лабораторной работы

- измерить штангенциркулем диаметр и высоту образца с точностью до 0,1 мм и вычислить площадь его поперечного сечения;
- установить образец на центр нижней плиты испытательной машины;
- включить машину, установить необходимую скорость нагружения и наблюдать за процессом сжатия образца;
- зафиксировать по шкале силоизмерителя величину нагрузки, соответствующую пределу текучести (при этом стрелка

силоизмерителя либо останавливается, либо заметно замедляет свой ход);

- после завершения испытания установить ручку “режим работы” на панели управления пульта машины в положение “сброс” и опустить подвижные части машины;

- выключить насосную установку и отключить машину от электрической сети;

- снять образец и рассмотреть характер его деформации;

- используя формулу (2.1) определить искомый предел текучести;

- оформить отчет о проделанной работе, заполнив бланк протокола лабораторной работы (см. Приложение Б).

### Лабораторная работа № 3. Испытание чугуна на сжатие

Цель работы: определить опытным путем предел прочности чугуна при сжатии.

#### 3.1 Краткие теоретические сведения

Для хрупких материалов (чугун, кирпич, бетон и др.) испытание на сжатие является основным. Хрупкие материалы, разрушаясь при сжатии, выдерживают значительно большие напряжения, чем при растяжении. Для этих материалов определение предела прочности при сжатии имеет большое практическое значение, так как обычно детали из хрупких материалов в различных конструкциях работают на сжатие.

При проведении статического испытания чугуна на сжатие, согласно ГОСТ 25.503–97 [2], используются образцы цилиндрической формы (рисунок 4) диаметром  $d$  и высотой  $h$  с отношением  $1 \leq h/d \leq 2$ .



Рисунок 4 – Образец для испытания чугуна на сжатие

Испытываемый образец устанавливают на плиту прессы и подвергают сжатию. Вначале, при постепенном увеличении

сжимающей силы, образец, деформируясь, принимает бочкообразную форму. Это связано с тем, что при уменьшении высоты  $h$  образца и перемещении его частиц в радиальном направлении между торцами образца и плитами пресса возникают силы трения, направленные в сторону, противоположную направлению увеличения поперечной деформации, т. е. радиально, от периферии к центру. Эти силы трения нарушают одноосный характер деформации образца. При достижении сжимающей силы определенной величины происходит разрушение образца.

Предел прочности  $\sigma_c$  чугуна при сжатии определяется по формуле

$$\sigma_c = \frac{P_p}{F}, \quad (3.1)$$

где  $P_p$  – нагрузка, при которой происходит разрушение образца (разрушающая нагрузка), Н;

$F$  – площадь поперечного сечения образца до испытания,  $m^2$ .

**3.2 Лабораторная установка** Испытание проводится на специальной испытательной машине (прессе МС-1000, или подобному ему) путем сжатия образца до разрушения при установленной скорости нагружения.

### **3.3 Указания к выполнению лабораторной работы**

- измерить штангенциркулем диаметр и высоту образца с точностью до 0,1 мм и вычислить площадь его поперечного сечения;
- установить образец на центр нижней плиты испытательной машины;
- включить машину, установить необходимую скорость нагружения и наблюдать за процессом сжатия образца;
- зафиксировать по шкале силоизмерителя величину нагрузки, при которой образец разрушится;
- после завершения испытания установить ручку “режим работы” на панели управления пульта машины в положение “сброс” и опустить подвижные части машины;
- выключить насосную установку и отключить машину от электрической сети;
- снять образец и рассмотреть характер его разрушения;
- используя формулу (3.1) определить искомый предел прочности;
- оформить отчет о проделанной работе, заполнив бланк протокола лабораторной работы (см. Приложение В).

## Работа № 4. Испытание дерева на сжатие.

Цель работы: определить опытным путем пределы прочности дерева при сжатии.

### 4.1 Краткие теоретические сведения

Деревянные образцы, как представители неоднородных и анизотропных материалов, при испытании на сжатие подвергаются нагружению как вдоль волокон, так и поперек волокон в радиальном и тангенциальном направлениях. Анизотропию древесины приходится учитывать при применении дерева в различных конструкциях путём соответствующего назначения допускаемых напряжений или расчетных сопротивлений.

Для проведения статического испытания дерева на сжатие, согласно ГОСТ 16483.21–72 [3], используются образцы в форме прямоугольного параллелепипеда (рисунок 5).

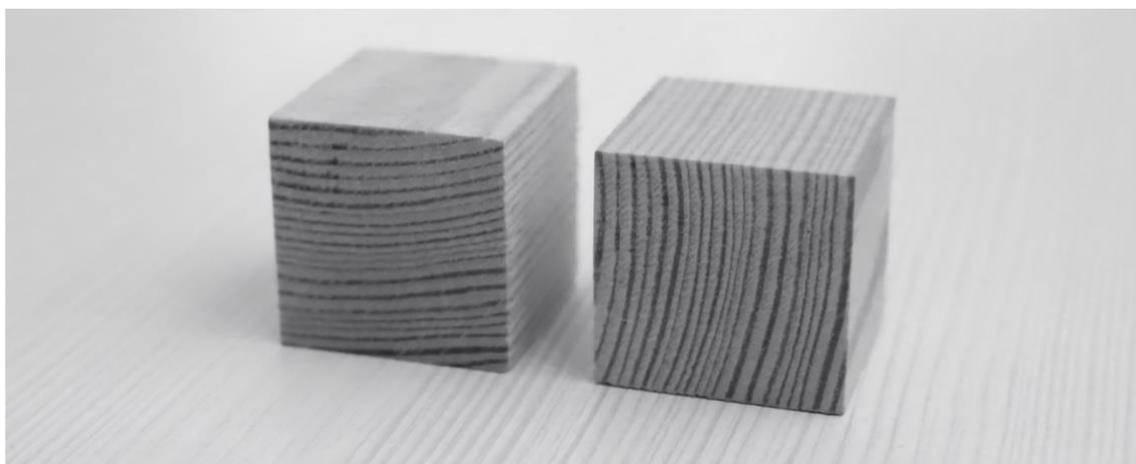


Рисунок 5 – Образцы для испытания дерева на сжатие

При испытании образца вдоль волокон, почти до самого разрушения, наблюдается прямая пропорциональная зависимость между нагрузкой и изменением его линейных размеров. Разрушение происходит путем сдвига одной части образца относительно другой в результате упругопластической работы материала с образованием поперечных складок и обмятием торцов.

При сжатии образца поперек волокон, как в радиальном, так и в тангенциальном направлениях древесина сильно прессуется и зачастую определить начало разрушения затруднительно.

Предел прочности  $\sigma_c$  дерева при сжатии вдоль и поперек волокон определяется по формуле

$$\sigma_c = \frac{P_p}{F}, \quad (4.1)$$

где  $P_p$  – нагрузка, при которой происходит разрушение образца (разрушающая нагрузка), Н;

$F$  – площадь поперечного сечения образца до испытания (рабочая площадь), м<sup>2</sup>.

#### **4.2 Лабораторная установка**

Испытание проводится на специальной испытательной машине (прессе МС-1000, или подобному ему) путем сжатия образцов до разрушения при установленной скорости нагружения.

#### **4.3 Указания к выполнению лабораторной работы**

Подготовить три одинаковых образца для испытаний на сжатие: вдоль волокон, поперек волокон в радиальном направлении, поперек волокон в тангенциальном направлении. Произвести замеры образцов штангенциркулем с точностью до 0,1 мм и вычислить их рабочую площадь. При испытании каждого образца выполнить последовательно перечисленные ниже указания для получения механических характеристик дерева (предела прочности при сжатии вдоль волокон, предела прочности при сжатии поперек волокон в радиальном направлении, предела прочности при сжатии поперек волокон в тангенциальном направлении):

- установить образец на центр нижней плиты испытательной машины;
- включить машину, установить необходимую скорость нагружения и наблюдать за процессом сжатия образца;
- зафиксировать по шкале силоизмерителя величину нагрузки, при которой образец разрушится;
- после завершения испытания установить ручку “режим работы” на панели управления пульта машины в положение “сброс” и опустить подвижные части машины;
- выключить насосную установку и отключить машину от электрической сети;
- снять образец и рассмотреть характер его разрушения;
- используя формулу (4.1) определить искомый предел прочности.

Оформить отчет о проделанной работе, заполнив бланк протокола лабораторной работы (см. Приложение Г).

## Лабораторная работа № 5. Испытание стали на срез

Цель работы: определить опытным путем предел прочности стали при срезе.

### 5.1 Краткие теоретические сведения

Детали, работающие на срез (например, болтовые и заклепочные соединения), находятся в более сложных условиях, чем элементы, испытывающие чистый сдвиг, т. к. срез при сдвиге сопровождается изгибом и смятием. При расчете на прочность таких деталей на первый план выступают действующие в площади среза касательные напряжения. Полагают, что эти напряжения равномерно распределены по всей площади среза. При выполнении расчета на срез нужно знать предел прочности материала при срезе. Для получения данной характеристики прочности стали, согласно ОСТ 1.90148–74 [4], проводятся статические испытания стальных образцов круглого поперечного сечения диаметром 2 – 25 мм.

Предел прочности  $\tau_{\text{ср}}$  материала при срезе определяется по формуле

$$\tau_{\text{ср}} = \frac{P_p}{F_{\text{ср}}}, \quad (5.1)$$

где  $P_p$  – нагрузка, при которой происходит разрушение образца (разрушающая нагрузка), Н;

$F_{\text{ср}}$  – площадь среза образца, м<sup>2</sup>.

Если срез происходит одновременно по двум плоскостям, то площадь среза равна удвоенной площади поперечного сечения образца:

$$F_{\text{ср}} = 2F,$$

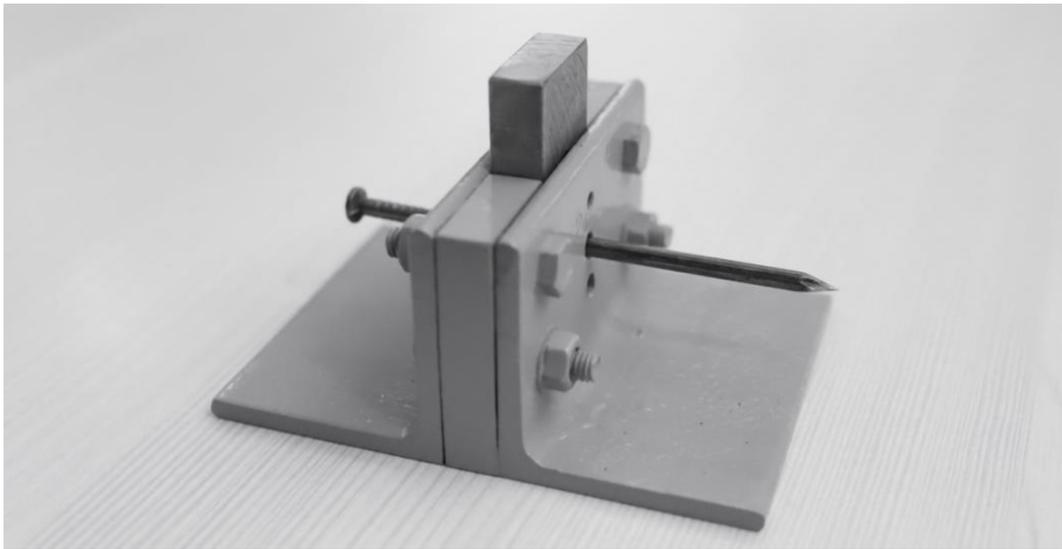
где  $F$  – площадь поперечного сечения образца.

### 5.2 Лабораторная установка

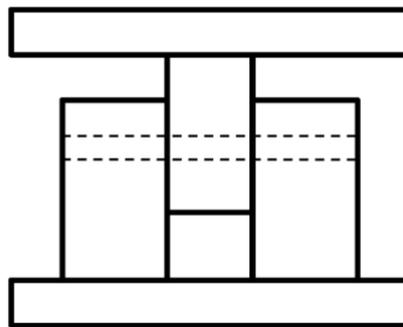
Испытание проводится на специальной испытательной машине (прессе МС-1000, или подобному ему) с использованием приспособления, состоящего из вилки с проушинами, в которые вставляется образец (рисунок 6).

### 5.3 Указания к выполнению лабораторной работы

- измерить диаметр образца штангенциркулем с точностью до 0,1 мм и вычислить площадь его поперечного сечения;



*a*



*б*

Рисунок 6 – Приспособление для испытания стали на срез (*a*) и его эскиз (*б*)

- установить образец в специальное приспособление, а последнее – на центр нижней плиты испытательной машины;
- включить машину, установить необходимую скорость нагружения и наблюдать за процессом деформирования образца;
- зафиксировать по шкале силоизмерителя величину нагрузки, при которой образец разрушится;
- после завершения испытания установить ручку “режим работы” на панели управления пульта машины в положение “сброс” и опустить подвижные части машины;
- выключить насосную установку и отключить машину от электрической сети;
- снять образец и рассмотреть характер его разрушения;
- используя формулу (5.1) определить искомый предел прочности;
- оформить отчет о проделанной работе, заполнив бланк протокола лабораторной работы (см. Приложение Д).

## Лабораторная работа № 6. Испытание дерева на скалывание

Цель работы: определить опытным путем предел прочности дерева при скалывании (вдоль волокон).

### 6.1 Краткие теоретические сведения

В строительстве используется множество конструкций из дерева. Деревянные элементы могут соединяться между собой с помощью различных врубок. Такой вид соединения рассчитывают на прочность, в частности, производят расчет на скалывание дерева вдоль волокон. Полагают, что при скалывании возникают только касательные напряжения, которые равномерно распределены по всей площади скалывания дерева вдоль его волокон. При выполнении расчета на скалывание нужно знать предел прочности применяемой древесины при скалывании вдоль волокон. Для получения данной характеристики прочности, согласно ОСТ НК Лес 250 [5], проводятся механические испытания деревянного образца, изображенного на рисунке 7.

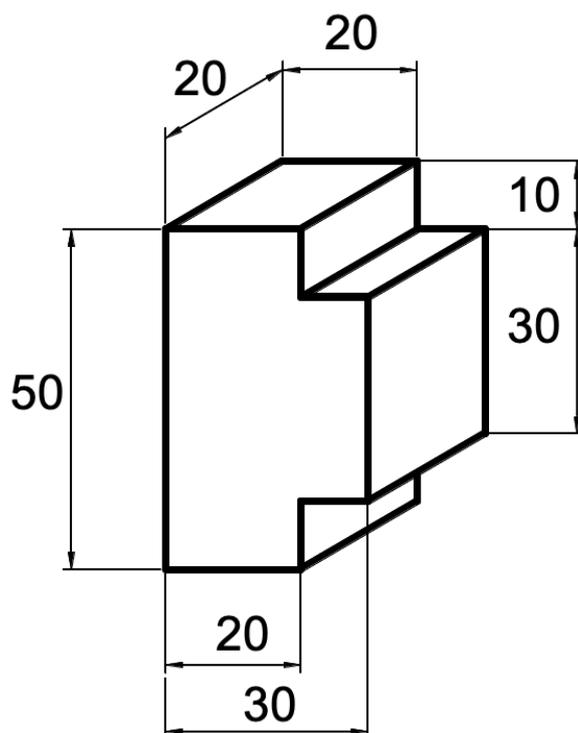


Рисунок 7 – Образец для испытания дерева на скалывание

Предел прочности  $\tau_{ск}$  дерева при скалывании определяется по формуле

$$\tau_{ск} = \frac{P_p}{F}, \quad (6.1)$$

где  $P_p$  – нагрузка, при которой происходит разрушение образца (разрушающая нагрузка), Н;  
 $F$  – площадь скалывания образца, м<sup>2</sup>.

### 6.2 Лабораторная установка

Испытание проводится на специальной испытательной машине (прессе МС-1000, или подобному ему) с использованием специального приспособления (рисунок 8), в которое вертикально устанавливается испытываемый образец, опирающийся по горизонтальной поверхности нижней врубки на упор.

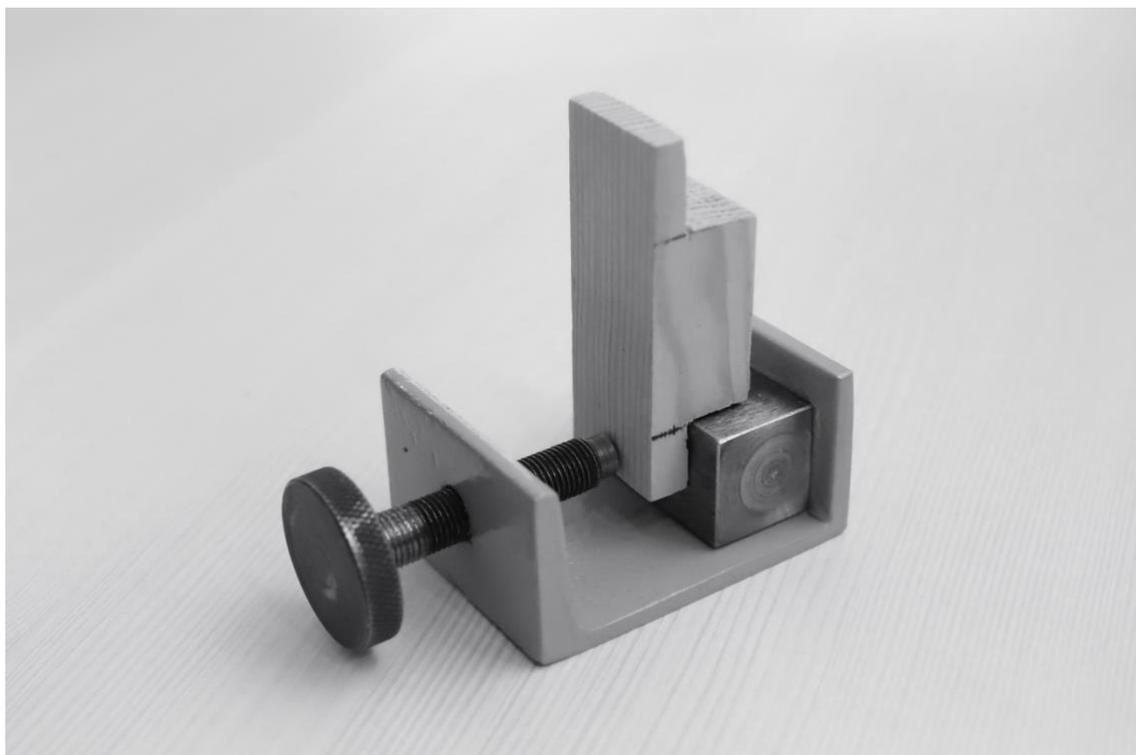


Рисунок 8 – Приспособление для испытания дерева на скалывание

Приспособление устанавливается на центр нижней плиты прессы в вертикальном положении. При нагружении образца происходит сдвиг его частей по вертикальной плоскости врубки, вплоть до разрушения (скалывания) образца.

### **6.3 Указания к выполнению лабораторной работы**

- проверить качество испытываемого образца (в плоскости скалывания не должно быть сучков и прочих дефектов);
- произвести замеры образца штангенциркулем с точностью до 0,1 мм и вычислить площадь скалывания;
- установить образец в специальное приспособление, а последнее – на центр нижней плиты испытательной машины;
- включить машину, установить необходимую скорость нагружения и наблюдать за процессом деформирования образца;
- зафиксировать по шкале силоизмерителя величину нагрузки, при которой образец разрушится;
- после завершения испытания установить ручку “режим работы” на панели управления пульта машины в положение “сброс” и опустить подвижные части машины;
- выключить насосную установку и отключить машину от электрической сети;
- снять образец и рассмотреть характер его разрушения;
- используя формулу (6.1) определить искомый предел прочности;
- оформить отчет о проделанной работе, заполнив бланк протокола лабораторной работы (см. Приложение Е).

## Лабораторная работа № 7. Испытание чугуна на изгиб

Цель работы: определить опытным путём предел прочности чугуна при изгибе.

### 7.1 Краткие теоретические сведения

Испытание серого литейного чугуна на изгиб является одним из основных видов испытаний ГОСТ 27208–87 [6]. Это объясняется тем, что разрушение чугунных деталей в процессе эксплуатации конструкции происходит главным образом при изгибе.

Испытание чугунного образца на прямой (плоский) изгиб можно производить по схеме, показанной на рисунке 9.

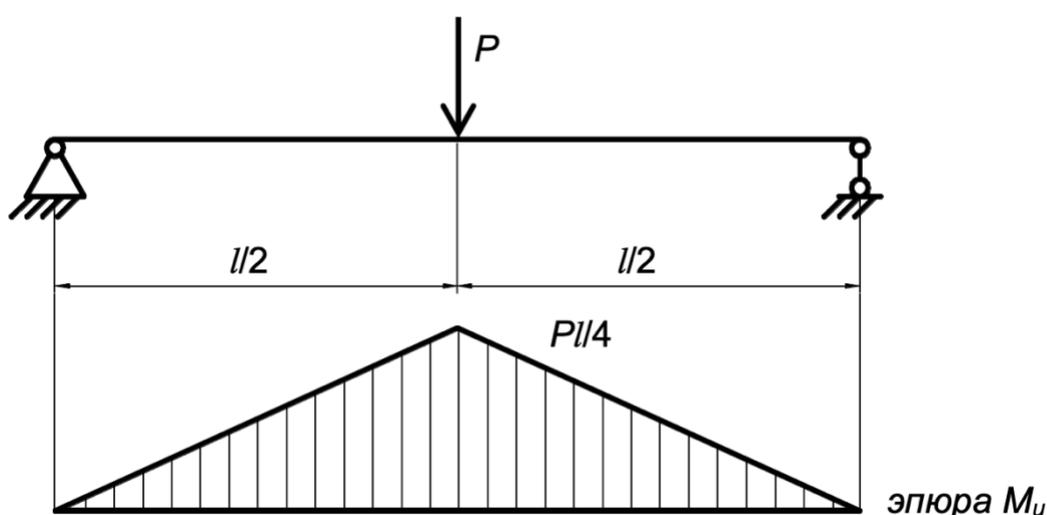


Рисунок 9 – Схема испытания чугунного образца на прямой изгиб

Тогда, предел прочности  $\sigma_{и}$  чугуна при изгибе, с известным приближением, определяется по формуле

$$\sigma_{и} = \frac{M_{и}}{W}, \quad (7.1)$$

где  $M_{и} = \frac{P_p l}{4}$  – разрушающий изгибающий момент, Н·м;

$P_p$  – нагрузка, при которой происходит разрушение образца (разрушающая нагрузка), Н;

$W$  – осевой момент сопротивления поперечного сечения образца, м<sup>3</sup>.

Для испытания могут применяться цилиндрические образцы круглого поперечного сечения диаметром 30 мм и длиной 340 или 650 мм. Расстояние между опорами должно быть соответственно 300 или 600 мм, что соответствует рабочей длине  $l$  образца. Образцы изготавливаются отливкой и испытываются в необработанном виде.

## 7.2 Лабораторная установка

Испытание проводится на специальной испытательной машине (прессе МС-1000, или подобному ему) с использованием специального приспособления, состоящего из жесткой балки, которая крепится к нижней плите машины. Поперек верхней поверхности балки крепятся две цилиндрические опоры, на которые устанавливается испытываемый образец. На верхнюю плиту машины устанавливается цилиндрический пуансон, для создания сосредоточенного нагружения образца.

## 7.3 Указания к выполнению лабораторной работы

- тщательно произвести все необходимые замеры и вычислить осевой момент сопротивления  $W = \frac{\pi d^3}{32}$  поперечного сечения образца,

где  $d$  – диаметр сечения;

- установить образец на испытательную машину со специальным приспособлением, согласно схеме нагружения;

- включить машину, установить необходимую скорость нагружения и наблюдать за процессом деформирования образца;

- зафиксировать по шкале силоизмерителя величину нагрузки, при которой образец разрушится;

- после завершения испытания установить ручку “режим работы” на панели управления пульта машины в положение “сброс” и опустить подвижные части машины;

- выключить насосную установку и отключить машину от электрической сети;

- снять образец и рассмотреть характер его разрушения;

- используя формулу (7.1) определить искомый предел прочности;

- оформить отчет о проделанной работе, заполнив бланк протокола лабораторной работы (см. Приложение Ж).

## Лабораторная работа № 8. Испытание дерева на изгиб

Цель работы: определить опытным путём предел прочности дерева при изгибе.

### 8.1 Краткие теоретические сведения

Испытание деревянного образца на прямой (плоский) изгиб ГОСТ 16483.3–84 [7] можно производить по схеме, показанной на рисунке 9.

Тогда, предел прочности  $\sigma_{и}$  дерева при изгибе, с известным приближением, определяется по формуле

$$\sigma_{и} = \frac{M_{и}}{W}, \quad (8.1)$$

где  $M_{и} = \frac{P_l}{4}$  – разрушающий изгибающий момент, Н·м;

$P_p$  – нагрузка, при которой происходит разрушение образца (разрушающая нагрузка), Н;

$W$  – осевой момент сопротивления поперечного сечения образца, м<sup>3</sup>.

Для испытания могут применяться образцы квадратного поперечного сечения 20×20 мм и длиной 300 мм. Расстояние между опорами должно быть 240 мм, что соответствует рабочей длине  $l$  образца.

### 8.2 Лабораторная установка

Испытание проводится на специальной испытательной машине (прессе МС-1000, или подобному ему) с использованием специального приспособления, состоящего из жесткой балки, которая крепится к нижней плите машины. Поперек верхней поверхности балки крепятся две цилиндрические опоры, на которые устанавливается испытываемый образец. На верхнюю плиту машины устанавливается цилиндрический пуансон, для создания сосредоточенного нагружения образца.

### 8.3 Указания к выполнению лабораторной работы

- тщательно произвести все необходимые замеры и вычислить осевой момент сопротивления  $W = \frac{bh^2}{6}$  поперечного сечения образца,

где  $b$  – ширина сечения,  $h$  – высота сечения;

- установить образец на испытательную машину со специальным приспособлением, согласно схеме нагружения;

- включить машину, установить необходимую скорость нагружения и наблюдать за процессом деформирования образца;

- зафиксировать по шкале силоизмерителя величину нагрузки, при которой образец разрушится;

- после завершения испытания установить ручку “режим работы” на панели управления пульта машины в положение “сброс” и опустить подвижные части машины;

- выключить насосную установку и отключить машину от электрической сети;

- снять образец и рассмотреть характер его разрушения;

- используя формулу (8.1) определить искомый предел прочности;

- оформить отчет о проделанной работе, заполнив бланк протокола лабораторной работы (см. Приложение И).

## Список литературы

- 1 ГОСТ 1497-84 (ИСО 6892-84). Металлы. Методы испытаний на растяжение: Сб. стандартов. – М. : ФГУП «Стандартинформ», 2008. – 24 с.
- 2 ГОСТ 25.503-97. Расчеты и испытания на прочность. Методы механических испытаний металлов. Метод испытания на сжатие: Сб. стандартов. – М. : ФГУП «Стандартинформ», 2005. – 27 с.
- 3 ГОСТ 16483.21-72. Древесина. Методы отбора образцов для определения физико-механических свойств после технологической обработки: Международный стандарт. – М. : ИПК «Издательство стандартов», 1999. – 4 с.
- 4 ОСТ 1.90148-74. Металлы. Метод испытания на срез: Отраслевой стандарт. – М. : МАП, 1975. – 7 с.
- 5 ОСТ НКЛес 250. Методы физико-механических испытаний древесины: Сб. стандартов «Пиломатериалы». – М. : СтандартГИЗ, 1951. – 65 с.
- 6 ГОСТ 27208-87. Отливки из чугуна. Методы механических испытаний: Сб. стандартов. – М. : ИПК «Издательство стандартов», 2002. – 8 с.
- 7 ГОСТ 16483.3-84. Древесина. Метод определения предела прочности при статическом изгибе: Международный стандарт. – М. : ИПК «Издательство стандартов», 1990. – 8 с.
- 8 ГОСТ 16483.10-73. Древесина. Методы определения предела прочности при сжатии вдоль волокон: Международный стандарт. – М. : ИПК «Издательство стандартов», 1999. – 8 с.
- 9 ГОСТ 16483.11-72. Древесина. Методы определения предела прочности при сжатии поперек волокон: Международный стандарт. – М. : ИПК «Издательство стандартов», 1999. – 6 с.

**Приложение А**  
(обязательное)

**Протокол лабораторной работы № 1**

**Тема:** Испытание стали на растяжение.

**Цель работы:** определить опытным путем механические характеристики прочности и пластичности стали.

**Исходные данные:**

Рисунок 1 – Эскиз образца

Расчетная длина образца  $l_0 =$

Диаметр поперечного сечения образца  $d_0 =$

Площадь поперечного сечения образца  $F_0 = \frac{\pi d_0^2}{4} =$

**Результаты испытания:**

Рисунок 2 – Эскиз образца

Длина образца при разрыве  $l_p =$

Диаметр поперечного сечения шейки  $d_{ш} =$

Площадь поперечного сечения шейки  $F_{ш} = \frac{\pi d_{ш}^2}{4} =$

Нагрузка, соответствующая пределу текучести  $P_T =$

Нагрузка, соответствующая пределу прочности  $P_B =$

Разрушающая нагрузка  $P_p =$

## Продолжение приложения А

### Обработка результатов испытания:

#### 1. Характеристики прочности

Предел текучести  $\sigma_{\tau} = \frac{P_{\tau}}{F_0} =$

Предел прочности  $\sigma_{\text{в}} = \frac{P_{\text{в}}}{F_0} =$

Напряжение в момент разрыва: условное  $\sigma_{\text{п}}^{\text{у}} = \frac{P_{\text{п}}}{F_0} =$

фактическое  $\sigma_{\text{п}}^{\text{ф}} = \frac{P_{\text{п}}}{F_{\text{ш}}} =$

#### 2. Характеристики пластичности

Относительное остаточное удлинение

после разрыва  $\delta = \frac{l_{\text{п}} - l_0}{l_0} \times 100\% =$

Относительное остаточное сужение  
площади поперечного сечения

после разрыва  $\Psi = \frac{F_0 - F_{\text{ш}}}{F_0} \times 100\% =$

**Приложение Б**  
(обязательное)

**Протокол лабораторной работы № 2**

**Тема:** Испытание стали на сжатие

**Цель работы:** определить опытным путем предел текучести стали.

**Исходные данные:**

Рисунок 1 – Эскиз образца

Высота образца  $h =$

Диаметр поперечного сечения образца  $d =$

Площадь поперечного сечения образца  $F = \frac{\pi d^2}{4} =$

**Результаты испытания:**

Рисунок 2 – Эскиз образца

Нагрузка, соответствующая пределу текучести  $P_T =$

**Обработка результатов испытания:**

Предел текучести  $\sigma_T = \frac{P_T}{F} =$

**Приложение В**  
(обязательное)

**Протокол лабораторной работы № 3**

**Тема:** Испытание чугуна на сжатие

**Цель работы:** определить опытным путем предел прочности чугуна при сжатии.

**Исходные данные:**

Рисунок 1 – Эскиз образца

Высота образца  $h =$

Диаметр поперечного сечения образца  $d =$

Площадь поперечного сечения образца  $F = \frac{\pi d^2}{4} =$

**Результаты испытания:**

Рисунок 2 – Эскиз образца

Разрушающая нагрузка  $P_p =$

**Обработка результатов испытания:**

Предел прочности при сжатии  $\sigma_c = \frac{P_p}{F} =$

**Приложение Г**  
(обязательное)

**Протокол лабораторной работы № 4**

**Тема:** Испытание дерева на сжатие

**Цель работы:** определить опытным путем пределы прочности дерева при сжатии.

**Исходные данные:**

Рисунок 1 – Эскизы образцов

Размеры образцов:

вдоль волокон –

поперек волокон в радиальном направлении –

поперек волокон в тангенциальном направлении –

**Результаты исследования:**

| Геометрические и механические характеристики           | Вдоль волокон | Поперек волокон          |                              |
|--|---------------|--------------------------|------------------------------|
|  |               | в радиальном направлении | в тангенциальном направлении |
| Рабочая площадь $F$ , м <sup>2</sup>                   |               |                          |                              |
| Разрушающая нагрузка $P_p$ , Н                         |               |                          |                              |
| Предел прочности при сжатии $\sigma_c = P_p / F$ , МПа |               |                          |                              |

Рисунок 2 – Эскизы образцов

**Приложение Д**  
(обязательное)

**Протокол лабораторной работы № 5**

**Тема:** Испытание стали на срез

**Цель работы:** определить опытным путем предел прочности стали при срезе.

**Исходные данные:**

Рисунок 1 – Эскиз образца

Диаметр поперечного сечения образца  $d =$

Площадь поперечного сечения образца  $F = \frac{\pi d^2}{4} =$

**Результаты испытания:**

Рисунок 2 – Эскиз образца

Разрушающая нагрузка  $P_p =$

**Обработка результатов испытания:**

Предел прочности при срезе  $\tau_{ср} = \frac{P_p}{F_{ср}} = \frac{P_p}{2F} =$

**Приложение Е**  
(обязательное)

**Протокол лабораторной работы № 6**

**Тема:** Испытание дерева на скалывание

**Цель работы:** определить опытным путем предел прочности дерева при скалывании (вдоль волокон).

**Исходные данные:**

Рисунок 1 – Эскиз образца

Размеры площади скалывания: ширина  $b =$   
высота  $h =$

Площадь скалывания  $F = bh =$

**Результаты испытания:**

Рисунок 2 – Эскиз образца

Разрушающая нагрузка  $P_p =$

**Обработка результатов испытания:**

Предел прочности при скалывании  $\tau_{ск} = \frac{P_p}{F} =$

**Приложение Ж**  
(обязательное)

**Протокол лабораторной работы № 7**

**Тема:** Испытание чугуна на изгиб

**Цель работы:** определить опытным путем предел прочности чугуна при изгибе.

**Исходные данные:**

Рисунок 1 – Эскиз образца

Рабочая длина образца  $l =$

Диаметр поперечного сечения образца  $d =$

Осей момент сопротивления поперечного

сечения образца  $W = \frac{\pi d^3}{32} =$

Рисунок 2 – Схема нагружения образца

**Результаты испытания:**

Рисунок 2 – Эскиз образца

Разрушающая нагрузка  $P_p =$

**Обработка результатов испытания:**

Разрушающий изгибающий момент  $M_{и} = \frac{P_p l}{4} =$

Предел прочности при изгибе  $\sigma_{и} = \frac{M_{и}}{W} =$

**Приложение И**  
(обязательное)

**Протокол лабораторной работы № 8**

**Тема:** Испытание дерева на изгиб

**Цель работы:** определить опытным путем предел прочности дерева при изгибе.

**Исходные данные:**

Рисунок 1 – Эскиз образца

Рабочая длина образца  $l =$

Ширина поперечного сечения образца  $b =$

Высота поперечного сечения образца  $h =$

Осевой момент сопротивления поперечного

сечения образца  $W = \frac{bh^2}{6} =$

Рисунок 2 – Схема нагружения образца

**Результаты испытания:**

Рисунок 2 – Эскиз образца

Разрушающая нагрузка  $P_p =$

**Обработка результатов испытания:**

Разрушающий изгибающий момент  $M_{и} = \frac{P_p l}{4} =$

Предел прочности при изгибе  $\sigma_{и} = \frac{M_{и}}{W} =$

**Приложение К**  
(обязательное)

**Пример оформления титульного листа лабораторной работы**

**Министерство науки и высшего образования  
Республики Казахстан**

**Торайгыров университет**

**Факультет \_\_\_\_\_**

**Кафедра \_\_\_\_\_**

# **ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА**

По дисциплине \_\_\_\_\_

Тема \_\_\_\_\_

## **Руководитель**

\_\_\_\_\_  
(должность, ученая степень)

\_\_\_\_\_  
(инициалы, фамилия)

## **Обучающиеся**

\_\_\_\_\_  
(инициалы, фамилия)

\_\_\_\_\_  
(инициалы, фамилия)

\_\_\_\_\_  
(инициалы, фамилия)

\_\_\_\_\_  
(инициалы, фамилия)

\_\_\_\_\_  
(группа)

20\_\_\_\_

37

## Содержание

|   |    |
|---|----|
| Введение  | 3  |
| Правила по технике безопасности для студентов при проведении лабораторных работ по испытанию материалов | 5  |
| Лабораторная работа № 1. Испытание стали на растяжение  | 6  |
| Лабораторная работа № 2. Испытание стали на сжатие  | 11 |
| Лабораторная работа № 3. Испытание чугуна на сжатие   | 14 |
| Лабораторная работа № 4. Испытание дерева на сжатие   | 16 |
| Лабораторная работа № 5. Испытание стали на срез  | 18 |
| Лабораторная работа № 6. Испытание дерева на скалывание   | 20 |
| Лабораторная работа № 7. Испытание чугуна на изгиб  | 23 |
| Лабораторная работа № 8. Испытание дерева на изгиб  | 25 |
| Список литературы   | 27 |
| Приложение А. Протокол лабораторной работы № 1  | 28 |
| Приложение Б. Протокол лабораторной работы № 2  | 30 |
| Приложение В. Протокол лабораторной работы № 3  | 31 |
| Приложение Г. Протокол лабораторной работы № 4  | 32 |
| Приложение Д. Протокол лабораторной работы № 5  | 33 |
| Приложение Е. Протокол лабораторной работы № 6  | 34 |
| Приложение Ж. Протокол лабораторной работы № 7  | 35 |
| Приложение И. Протокол лабораторной работы № 8  | 36 |
| Приложение К. Пример оформления титульного листа лабораторной работы                                    | 37 |

С. Р. Гирнис, А. А. Ткачук

## **МЕХАНИЧЕСКИЕ ИСПЫТАНИЯ МАТЕРИАЛОВ**

Учебное пособие

Технический редактор А. Р. Омарова  
Ответственный секретарь Ж. К. Сапенова  
Подписано в печать 24.06.2023 г.

Гарнитура Times.  
Формат 29,7x42<sup>1</sup>/<sub>4</sub>. Бумага офсетная.  
Усл. печ. л. 2,2. Тираж 300 экз.  
Заказ № 4101

Toraighyrov University  
140008, г. Павлодар, ул. Ломова, 64