

**РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ОТКРЫТЫЙ  
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ПУТЕЙ СООБЩЕНИЯ**

---

**24/11/9**

**Одобрено кафедрой  
«Здания и сооружения  
на транспорте»**

**КОНСТРУКЦИИ ИЗ ДЕРЕВА  
И ПЛАСТМАСС**

**Журнал лабораторных работ  
для студентов VI курса**

**специальности**

**270102(290300) ПРОМЫШЛЕННОЕ И ГРАЖДАНСКОЕ  
СТРОИТЕЛЬСТВО (ПГС)**



**Москва – 2006**

Составитель — д-р техн. наук, доц. Н.Н. Трекин

**КОНСТРУКЦИИ ИЗ ДЕРЕВА  
И ПЛАСТМАСС**

Журнал  
лабораторных работ

Редактор *Н.Л.Липкина*  
Компьютерная верстка *Л.В.Орлова*

---

Тип. зак.	Изд. зак. 172	Тираж 500 экз.
Подписано в печать 22.05.06	Гарнитура NewtonC	Офсет
Усл. печ. л. 1,5		Формат 60x90 <sup>1</sup> / <sub>16</sub>

---

Издательский центр РГОТУПС,а,  
125993, Москва, Часовая ул., 22/2

Участок оперативной печати РГОТУПС,а,  
125993, Москва, Часовая ул., 22/2

© **Российский государственный открытый технический  
университет путей сообщения, 2006**

## ВВЕДЕНИЕ

Учебный курс «Конструкции из дерева и пластмасс» предусматривает проведение ряда лабораторных работ, заключающихся в силовых испытаниях древесины и пластмассы как конструкционного материала, некоторых составных конструкций или их соединений, наиболее часто встречающихся в строительстве. Эти практические занятия способствуют более глубокому пониманию поведения конструкций под нагрузкой и усвоению студентами теоретического материала, а также дают навыки в проведении экспериментальных исследований.

Лабораторные работы проводятся, как правило, на моделях небольших размеров, в которых соблюдены основные конструктивные требования существующих норм.

## ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ

К выполнению лабораторных работ студенты должны приступать после изучения соответствующих разделов теоретического курса.

Каждая лабораторная работа рассчитана на занятие продолжительностью в два академических часа и включает в себя следующие этапы:

- изучение цели лабораторной работы, ознакомление с опытным образцом и получение необходимых исходных данных;
- определение расчетных величин по прочности, деформативности и установление разрушающей нагрузки на образец;
- испытание моделей силовым нагружением;
- обработка результатов испытаний, анализ напряженно-деформированного состояния и характера разрушения образцов и сопоставление с теоретическими данными.

В начале каждой работы излагается цель исследования, затем приводится конструкция образца. Фактические размеры образцов устанавливаются на основе замеров в натуре при помощи штангенциркуля и линеек с точностью, которая указывается в каждой работе.

Определение теоретических значений несущей способности образца и его деформаций проводится до начала испытания по заданным исходным данным и результатам замеров. Для этого в каждой работе приводится алгоритм расчета и основные формулы.

Измерение деформаций образцов производится с помощью тензометров и индикаторов часового типа, либо датчиков омического сопротивления — тензорезисторов, которые устанавливаются в соответствии с приведенными в лабораторных работах схемами.

При определении удлинений или укорочений испытуемого элемента с помощью тензометра рычажного действия на базе 20 мм (точность деления 0,001 мм) стрелки тензометров при измерении деформаций растяжения и сжатия устанавливаются соответственно на начало и конец шкалы, так как при растяжении отсчеты по прибору увеличиваются, а при сжатии уменьшаются.

Напряжение  $\sigma$  в элементе вычисляются по формуле

$$\sigma = E\varepsilon = \frac{E(n_2 - n_1)}{bm},$$

где  $E$  — модуль упругости древесины, принимаемый равным  $E=10000 \text{ МПа}$ ;

$\varepsilon$  — относительное удлинение или укорочение;

$n_1$  — отсчет по прибору до загрузки;

$n_2$  — отсчет по прибору после загрузки;

$m$  — масштаб тензометра;

$b$  — база тензометра, равная 20 мм.

При точности тензометра, равной 1/1000, получим

$$\alpha = \left( \frac{10000}{20} 1000 \right) (n_2 - n_1) = 0,5n \text{ МПа},$$

где  $n = n_2 - n_1$  — разность отсчетов по шкале тензометра.

Индикаторы часового типа применяются как для измерения прогибов, так и для измерения деформаций, датчики со-

противления — для измерения деформаций (база датчиков 20 — 50 мм).

Индикатор с точностью измерения 1/100 имеет большую и малую стрелки и соответствующие им две шкалы на циферблате. Малая шкала разбита на десять делений, каждое из которых соответствует 2 мм. Большая шкала разбита на 100 делений, каждое деление соответствует 0,01 мм.

Нагружение образца производится ступенями. После каждой ступени нагружения снимаются отсчеты, что дает возможность построить кривые нарастания прогибов и деформаций смятия и сдвигов. Скорость загрузки указана в описании каждой лабораторной работы.

После окончания работы проводится анализ результатов испытания, в котором дается сравнение значений несущей способности и деформаций, определенных опытным путем, с их значениями, полученными теоретически, выясняются причины различий между этими величинами.

Все результаты испытаний заносятся в журнал, который заполняется студентом в процессе выполнения работ в лаборатории. Записи, вычисления и графики, полученные в лаборатории, должны вноситься в журнал аккуратно и четко.

Единицы измерения, принятые в лабораторных работах и их соотношения представлены в таблице.

### Единицы измерения

Т а б л и ц а

№ п/п	Наименование величины	Обозначение	Соотношение единиц
1	Длина, ширина и высота элемента	<i>мм</i>	
2	Внешняя нагрузка	<i>кН</i>	$1000Н \approx 100кгс$
3	Продольное усилие	<i>кН</i>	$1000Н \approx 100кгс$
4	Изгибающий момент	<i>кН×мм</i>	$1000Н×мм \approx 10кгс×см$
5	Нормальные и касательные напряжения	<i>МПа</i>	$\frac{Н}{мм^2} \approx 0,1 \frac{кгс}{см^2}$

Студенты, не выполнившие лабораторные работы по уважительной причине, обязаны выполнить их в день повторных занятий.

Журнал лабораторных работ находится у студента и предьявляется им при сдаче зачета и экзамена.

## **РАБОТА № 1**

### **ИСПЫТАНИЕ ЛОБОВОЙ ВРУБКИ**

#### **Цель работы:**

1. Рассмотреть характер распределения сжимающих, растягивающих, скалывающих и сминающих напряжений в элементах лобовой врубки и проработать методику их вычисления.
2. Определить опытную разрушающую нагрузку и сравнить ее с расчетными значениями.
3. Построить график зависимости деформации смятия врубки от нагрузки.
4. Определить деформацию смятия при расчетной нагрузке.

#### **I. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ И ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЛОБОВОЙ ВРУБКИ**

Конструкция лобовой врубки представлена на рис. 1.1. Фактические размеры образца устанавливаются непосредственным измерением перед испытанием и заносятся в табл. 1.1. Физико-механические характеристики древесины, принимаемые либо на основе данных испытаний эталонных образцов, либо по нормативным документам заносятся в табл. 1.2.

Материал врубки \_\_\_\_\_.

Влажность древесины \_\_\_\_\_ %.

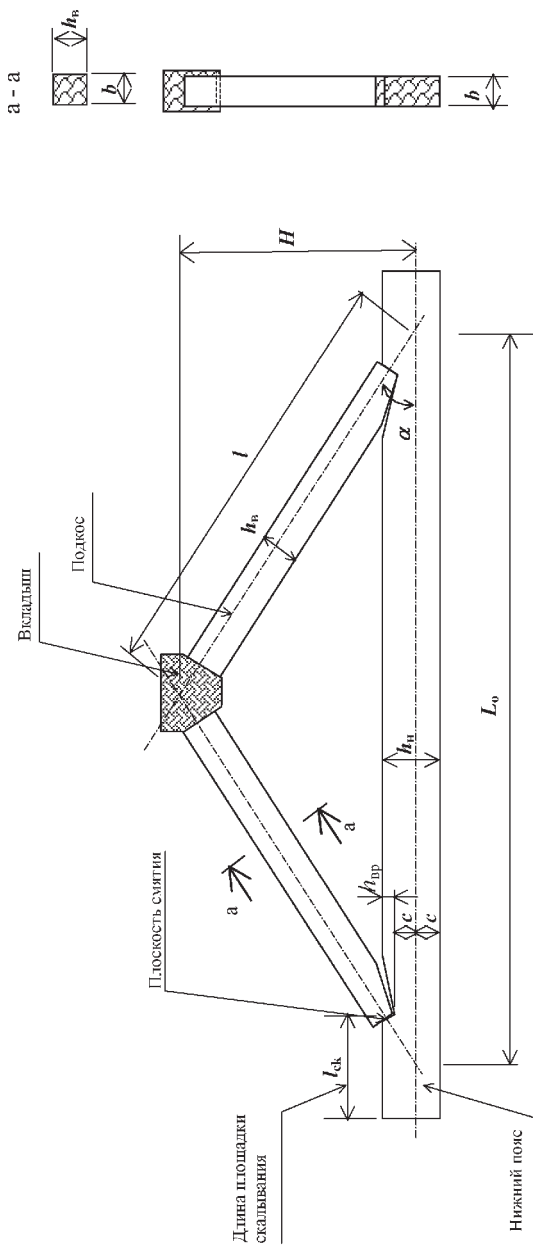


Рис.1.1. Конструкция лобовой врубки

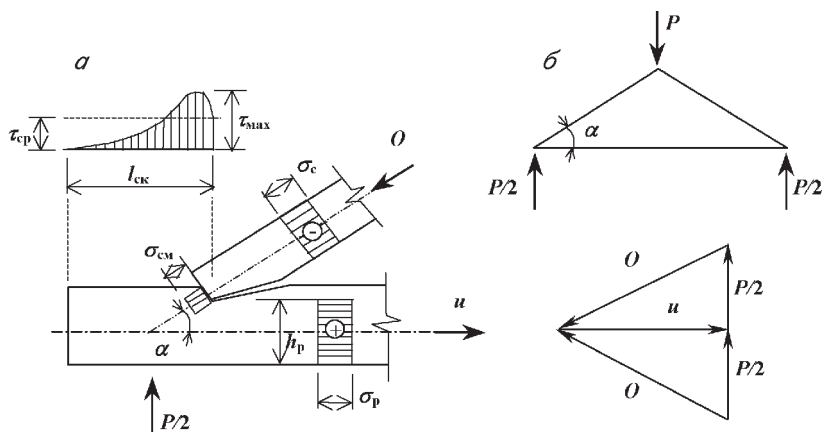


Рис. 1.2. Распределение напряжений в элементах лобовой врубки (а) и диаграмма усилий (б)

Таблица 1.1

**Геометрические характеристики**

№ п/п	Наименование величины	Обозначение	Единица измерения	Значение величины
1	Расчетный пролет	$L_o$	мм	
2	Расчетная высота	$H$	То же	
3	Высота нижнего пояса	$h_n$	- «-	
4	Глубина врубки	$h_{\text{вп}}$	- «-	
5	Высота верхнего пояса	$h_b$	- «-	
6	Ширина поясов: нижнего верхнего	$b_n$ $b_b$	- «-	
7	Длина площадки скалывания	$l_{\text{ск}}$	- «-	



Таблица 1.2

**Физико-механические характеристики**

№ п/п	Наименование характеристики	Обозначение	Единица измерения	Значение-характеристики
1	Расчетное сопротивление смятию вдоль волокон	$R_{см}$	МПа	
2	Расчетное сопротивление смятию поперек волокон	$R_{см, 90^\circ}$	то же	
3	Расчетное сопротивление сжатию вдоль волокон	$R_c$	- «-	
4	Расчетное сопротивление растяжению вдоль волокон	$R_p$	- «-	
5	Расчетное сопротивление скалыванию вдоль волокон	$R_{ск}$	- «-	

Угол наклона верхнего пояса (рис. 1.2)

$\arctg \alpha =$  \_\_\_\_\_,

$$\text{где } \operatorname{tg} \alpha = \frac{2H}{L} = \text{_____}.$$

Расчетное сопротивление смятию под углом  $\alpha$

$$R_{см, \alpha} = \frac{R_{см}}{\left( 1 + \left( \left( \frac{R_{см}}{R_{см, 90^\circ}} \right) - 1 \right) \sin^3 \alpha \right)} = \text{_____},$$

где  $\sin \alpha =$  \_\_\_\_\_.

Среднее расчетное сопротивление скалыванию вдоль волокон (рис. 1.2,а)

$$R_{\text{сл}}^{\text{сп}} = \frac{R_{\text{ск}}}{\left( \frac{1 + \beta l_{\text{ск}}}{e} \right)} = \text{_____},$$

где  $\beta = 0,25$  — коэффициент, учитывающий схему скальвания;

$e = 0,5 \cdot h_{\text{н}}$  — плечо сил скальвания (см. рис. 1.1).

## II. РАСЧЕТ НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ВРУБКИ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАЗРУШАЮЩЕЙ НАГРУЗКИ

Усилия в элементах врубки и нагрузка определяются согласно схеме рис. 1.2,а:

$$u = \frac{P}{2\text{tg}\alpha} \text{ тогда } P = 2 \cdot u \cdot \text{tg}\alpha;$$

$$O = \frac{P}{2\sin\alpha}, \text{ тогда } P = 2 \cdot O \cdot \sin\alpha$$

Схема распределения напряжений в элементах врубки представлена на рис. 1.2,а.

Расчетная несущая способность врубки:

из условия скальвания

$$u_{\text{ск}} = R_{\text{ск}}^{\text{сп}} l_{\text{ск}} b = \text{_____} \text{ Н};$$

из условия смятия

$$u_{\text{см}} = R_{\text{см}\alpha} h_{\text{вн}} b = \text{_____} \text{ Н}.$$

Расчетная нагрузка на опытный образец:

из условия скальвания

$$P_{\text{ск}} = 2\text{tg}\alpha u_{\text{ск}} = \text{_____} \text{ Н};$$

из условия смятия

$$P_{\text{см}} = 2\sin\alpha u_{\text{см}} = \text{_____} \text{ Н}.$$

Расчетная нагрузка, полученная из условия скальвания, определяет характер разрушения врубки. Объясняется это тем, что сопро-

тивление древесины смятию устанавливается не из условия предела прочности, а из условия ограничения деформации смятия.

Расчетное сопротивление древесины определяется с учетом длительного действия нагрузки и наличия пороков (сучки, косослой и др.). В лабораторных условиях испытание врубки производится при кратковременном нагружении, поэтому расчетное значение разрушающей нагрузки при скальвании определяется:

а) при наличии в древесине сучков и других пороков в пределах, удовлетворяющих требованиям норм по формуле

$$P_{\text{разр.кр.}} = \frac{P_{\text{ск}}}{K_{\text{дл}}} = \text{_____ Н},$$

где  $K_{\text{дл}}$  — коэффициент длительности, учитывающий уменьшение предела прочности при длительном действии нагрузки,  $K_{\text{дл}}=0,66$ ;

б) при наличии «чистой» древесины, т. е. при отсутствии сучков и других пороков, по формуле

$$P_{\text{разр.}} = \frac{P_{\text{разр.кр.}}}{K_{\text{ч.д.}}} = \text{_____ Н},$$

где  $K_{\text{ч.д.}}=0,7$ .

### III. МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ИСПЫТАНИЙ

В процессе испытаний образца определяются разрушающая нагрузка и измеряются деформации смятия врубки. Испытания проводятся на испытательных машинах гидравлического или механического действия типа МУП-50, Р-10.

Образец закрепляется в захватах испытательной машины. Загружение образца происходит по схеме рис. 1.3 ступенями. Величина ступени загрузки принимается не более  $0,1 P_{\text{разр.}}$ . На каждой ступени снимаются показания по двум индикаторам и заносятся в табл. 1.3. При нагрузке, близкой с  $P = 2 \cdot P_{\text{разр.}}$ , прекращается замер деформаций и индикаторы снимаются. Дальнейшее нагружение ведут плавно нарастающей нагрузкой вплоть до разрушения образца.

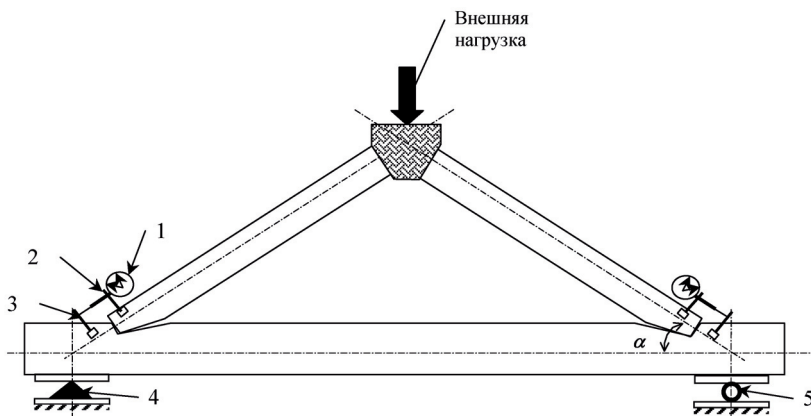


Рис. 1.3. Схема испытания лобовой врубки: 1 – индикатор часового типа; 2 – крепление индикатора на верхнем поясе; 3 – упор для индикатора, закрепленный на нижнем поясе; 4 и 5 – шарнирно неподвижная и подвижная опоры соответственно

Как правило, разрушение происходит мгновенно от скальвания врубки. Поэтому на последней стадии нагружения необходимо соблюдать осторожность: скальвающаяся часть врубки с большой силой отлетает от образца и может быть причиной травматизма. Несмотря на наличие предохранительного ограждения, находиться вблизи торцов испытываемой конструкции нельзя.

После разрушения образца фиксируется вид разрушения и нагрузка разрушения  $P_{\text{разр}}$  и заносится в табл. 1.3.

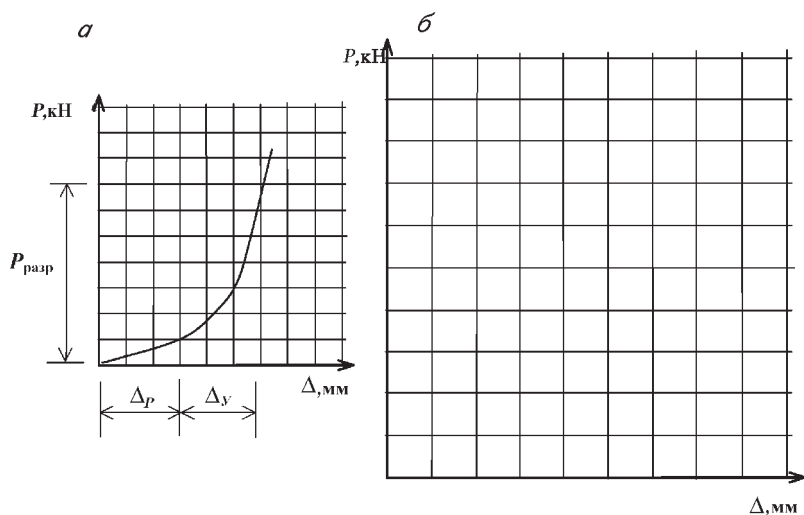
Определение приращения деформации врубки производится по данным отсчетов индикаторов, для чего из предыдущего отсчета нужно вычесть последующий отсчет, затем определить среднее значение приращений по двум индикаторам. Полную деформацию получают путем последовательного сложения приращений.

По данным, полученным по всем графам таблицы испытаний, строят график зависимости полной деформации смятия от нагрузки (рис. 1.4, а – пример). График  $\Delta - P$  имеет, как правило, два четко различаемых участка: начальный, где деформации растут быстрее, и последующий, на котором нарастание дефор-

магии протекает медленнее и равномернее. На начальном участке нарастание деформации врубки происходит в значительной мере за счет имеющихся первоначальных неплотностей. Это — рыхлые деформации. Лишь после того, как выбраны рыхлые деформации, индикаторы начинают фиксировать развивающиеся в элементах врубки упругие деформации смятия. По графику определяют величины

$$\Delta_p = \text{мм при } P = P_{\text{разр}} \text{ и } P = \text{ , при } \Delta = 1,5 \text{ мм.}$$

Рис. 1.4. График зависимости деформаций смятия от нагрузки:



*a*— пример; *б*— график для заполнения

#### IV. АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ИСПЫТАНИЯ И ОФОРМЛЕНИЕ ОТЧЕТА

Заключительным этапом работы являются сравнение фактических значений разрушающей нагрузки и деформаций смятия врубки, полученных в результате испытаний, с их теоретическими значениями:

# ЖУРНАЛ ИСПЫТАНИЙ

Таблица 1.3

## Определение деформации смятия лобовой врубки

№ этапа	Нагрузка $P$ , кН	Индикатор № 1		Индикатор № 2		Среднее значение	
		Отсчет по прибору	Приращение $\times 10^{-2}$ , мм	Отсчет по прибору	Приращение $\times 10^{-2}$ , мм	Приращенный $\times 10^{-2}$ , мм	Полной деформации $\times 10^{-2}$ , мм

1. Сравнение значений по разрушающей нагрузке

$$\frac{(P_{\text{разр}}^{\text{оп}} - P_{\text{разр}})}{P_{\text{разр}}^{\text{оп}}} \cdot 100\% = \quad \%$$

2. Сравнение значений деформации смятия при расчетной нагрузке

$$\frac{(\Delta_{\text{см.оп.}} - \Delta_{\text{см.теор.}}) \cdot 100\%}{\Delta_{\text{см.теор.}}} = \quad \%$$

**Заключение по результатам испытаний:**

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

Работа № 1 зачтена « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 200 г.  
Преподаватель \_\_\_\_\_

## РАБОТА № 2

### ИСПЫТАНИЕ СОЕДИНЕНИЯ НА ГВОЗДЯХ

#### Цель работы:

1. Уяснить характер работы гвоздевого соединения.
2. Определить расчетную несущую способность соединения.
3. Определить нагрузку, при которой резко возрастают остаточные деформации.
4. Определить полную деформацию соединения при расчетной нагрузке  $P_p$ .
5. Определить разрушающую нагрузку соединения.
6. Выявить зависимость изменений деформаций от нагрузки.

#### I. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СОЕДИНЕНИЯ

Конструкция опытного образца симметричного соединения на гвоздях показана на рис. 2.1. Фактические размеры элементов соединения определяются непосредственным замером образца перед испытанием и заносятся в табл. 2.1.

Таблица 2.1

№ п/п	Наименование величины	Обозначение	Единица измерения	Значение величины
1	Толщина крайних элементов	$a$	мм	
2	Толщина среднего элемента	$c$	мм	
3	Диаметр гвоздя	$d$	мм	
4	Длина гвоздя	$l$	мм	

В связи с тем, что гвоздь пробивает крайнюю доску насквозь и возможен отщип доски, расчетная толщина крайнего элемента соединения уменьшается на  $1,5d$ , тогда

$$a_p = a - 1,5d = \underline{\hspace{2cm}} \text{ мм.}$$

Расчетная толщина среднего элемента в данном случае принимается равной фактической, т. е.

$$c_p = c = \underline{\hspace{2cm}} \text{ мм.}$$



В соединении на гвоздях согласно требованиям СНиП II-25-80 должны быть соблюдены следующие конструктивные требования:

— расстояния между осями гвоздей вдоль волокон при толщине принимаемого элемента  $c \geq 10d$ ,

$$S_1' \geq 15d = \text{_____ мм, измеренное } S_{1ф} = \text{_____ мм;}$$

— расстояние вдоль волокон от гвоздя до торца элемента

$$S_1 \geq 15d = \text{_____ мм, } S_{1ф}' = \text{_____ мм;}$$

— расстояние между осями гвоздей поперек волокон

$$S_2 > 4d = \text{_____ мм, } S_{2сп} = \text{_____ мм;}$$

— расстояние от крайнего ряда гвоздей до продольной кромки

$$S_3 \geq 4d = \text{_____ мм, } S_{3сп} = \text{_____ мм.}$$

Конструктивные требования \_\_\_\_\_ (выполняются).

## II. РАСЧЕТ НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ СОЕДИНЕНИЯ

Расчетная несущая способность одного гвоздя на один шов сплачивания (один «срез») в соединениях элементов из сосны определяется из следующих условий:

а) из условия смятия крайнего элемента для шва со стороны забивания гвоздя

$$T_a' = 8 \cdot a \cdot d = \text{_____ Н;}$$

б) из условия смятия крайнего элемента для шва со стороны острия гвоздя

$$T_c'' = 8 \cdot a_p \cdot d = \text{_____ Н;}$$

в) из условия смятия среднего элемента

$$T_c = 5 \cdot c \cdot d = \text{_____ Н;}$$

г) из условия изгиба гвоздя для шва со стороны забивки гвоздя

$$T_u' = 25 \cdot d^2 + 0,01 \cdot a^2 = \text{_____ Н;}$$

д) из условия изгиба гвоздя для шва со стороны острия гвоздя

$$T_u'' = 25 \cdot d^2 + 0,01 \cdot a_p^2 = \text{_____ Н.}$$

Вычисленные значения несущей способности гвоздя по условиям «г» и «д» не должны превышать величину

$$T_u = 4 \cdot d^2 = \text{_____ Н.}$$

В настоящей лабораторной работе опытный образец представляет собой симметричное соединение, в котором количество срезов гвоздя составляет  $n_{\text{ср}} = \underline{\hspace{2cm}}$ , а общее количество гвоздей  $m = \underline{\hspace{2cm}}$ .

Окончательно за расчетную величину несущей способности одного двухсрезного гвоздя принимаем

$$T_{\text{ср}} = (T'_{\text{мин}} + T''_{\text{мин}}) \cdot \frac{2}{2} = T'_{\text{мин}} + T''_{\text{мин}} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ Н},$$

где  $T'_{\text{мин}}$  и  $T''_{\text{мин}}$  — соответственно минимальные значения несущей способности одного «среза» гвоздя со стороны забивки и со стороны острия гвоздя, определяемые по выражениям «а, б, г, д».

Несущая способность соединения

$$T_{\text{р}} = T_{\text{ср}} \cdot m = \underline{\hspace{2cm}} \text{ Н}.$$

Теоретическое значение нагрузки, при котором резко возрастают остаточные деформации, с учетом кратковременности ее действия при испытании

$$T_{\text{р.т}} = \frac{T_{\text{ср}}}{K_{\text{дл}}} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ Н},$$

где  $K_{\text{дл}} = 0,66$  — коэффициент, учитывающий снижение прочности древесины при длительном действии нагрузки.

### III. МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ИСПЫТАНИЙ

В процессе испытания образца определяются разрушающая нагрузка и измеряются деформации соединения. Испытания проводятся на испытательной машине — гидравлический либо механический пресс. Деформации соединения измеряются с помощью двух индикаторов часового типа и заносятся в журнал (табл. 2.2). Схема установки индикаторов показана на рис. 2.1. Для ликвидации рыхлых деформаций образец предварительно загружают нагрузкой равной  $0,1 \cdot T_{\text{р.т}}$ , которая принимается в дальнейшем за условный нуль.

Испытание ведется непрерывно с постоянной скоростью загрузки или разгрузки, равной примерно 30 кгс/с. Нагрузка увеличивается ступенями по  $0,1 \cdot T_{\text{р.т}}$  с разгрузкой после каждого цикла до установленного нуля (рис. 2.2).

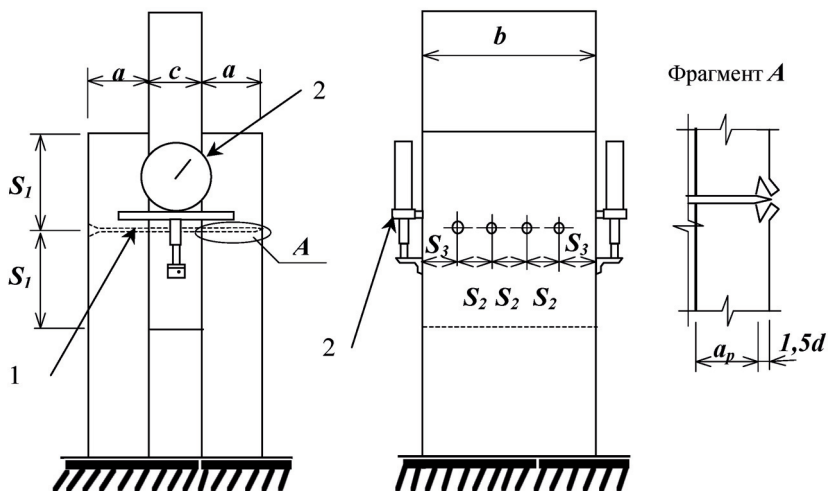


Рис. 2.1. Конструкция соединения на гвоздях:  
1 – гвоздь; 2 – индикатор часового типа

Отсчеты по индикаторам фиксируются в тот момент, когда нагрузка достигает соответствующей ступени, либо по условному нулю. Нагружение образца ведут до разрушения.

Значение разрушающей нагрузки устанавливается по силоизмерителю машины, когда при непрерывном росте деформаций нагрузка не увеличивается.

После разрушения образца обрабатывают ведомость испытания, строят и анализируют график зависимости деформаций от нагрузки (рис. 2.3,б).

По табл. 2.2. вычисляют средние (по двум индикаторам) значения полных, упругих и остаточных деформаций за цикл. Предварительно определяют полные и упругие деформации за цикл отдельно по каждому индикатору.

Для определения полной деформации за данный цикл следует из отсчета при нагрузке вычесть предыдущий отсчет при условном нуле. Для определения упругой деформации нужно из отсчета при нагрузке вычесть отсчет при последующем условном нуле. Разница между полной деформацией за цикл и упругой де-

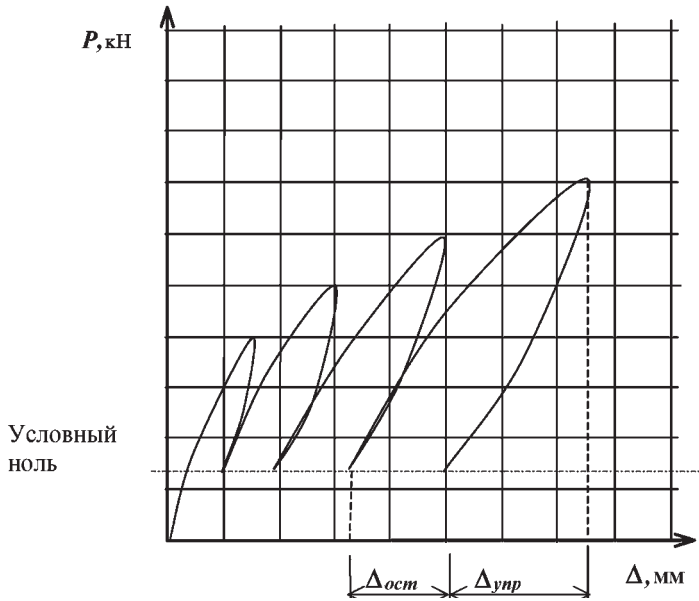


Рис. 2.2. График нагружения гвоздевого соединения

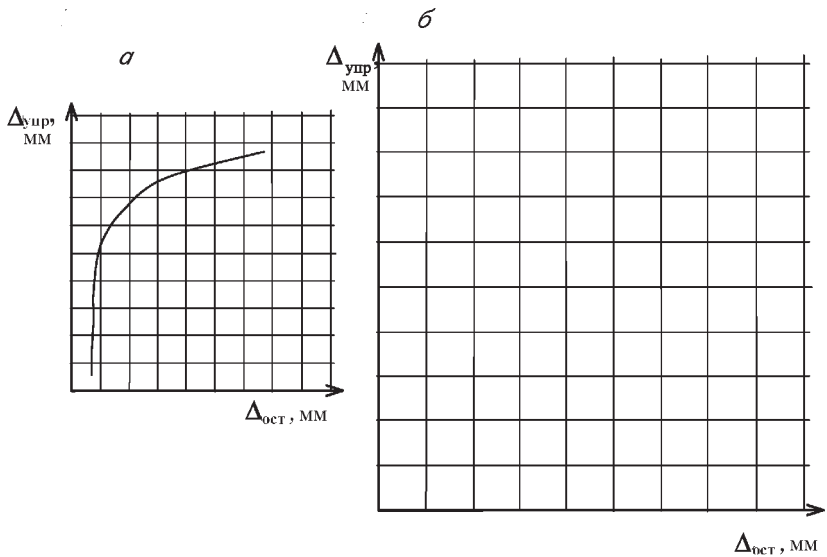


Рис. 2.3. График зависимости между упругой  $\Delta_{упр}$  и остаточной  $\Delta_{ост}$  деформациями: *а*— пример; *б*— график для заполнения

формацией за этот же цикл составляет остаточную деформацию. Для определения нагрузки, при которой резко возрастают остаточные деформации, строится график зависимости между упругими и остаточными деформациями, как показано на рис. 2.2, а. Каждая точка этого графика соответствует определенной степени нагрузки.

По данным испытания определяется полная деформация соединения при расчетной нагрузке. Полная деформация равна разности между отсчетами при расчетной нагрузке и до испытания.

#### **IV. АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ИСПЫТАНИЯ И ОФОРМЛЕНИЕ ОТЧЕТА ПО РАБОТЕ № 2**

1. Опытное значение несущей способности соединения

$$T_{\text{мах}} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ Н.}$$

2. Опытное значение нагрузки, при которой резко возрастают остаточные деформации

$$T_{\text{деф.}} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ Н.}$$

$$\left( \frac{(T_{\text{деф.}} - T_{\text{деф.теор.}})}{T_{\text{деф.теор.}}} \right) \cdot 100 = \underline{\hspace{2cm}} \%$$

3. Опытное значение полной деформации соединения при расчетной нагрузке

$$\Delta_{\text{опыт.}} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ мм.}$$

$$\left( \frac{(\Delta_{\text{опыт.}} - \Delta_{\text{теор.}})}{\Delta_{\text{теор.}}} \right) \cdot 100 = \underline{\hspace{2cm}} \%$$

где  $\Delta_{\text{теор.}}$  — деформация соединения на гвоздях при расчетной нагрузке, принимаемая согласно СНиП П-25-80 «Деревянные конструкции. Нормы проектирования» (п. 4.31, табл. 15) равной 2 мм.

## ЖУРНАЛ

### Определение деформации

№ этапа	Нагрузка $P$ , кН	Индикатор № 1				
		Отсчет по прибору	Полная деформация за цикл, $\times 10^{-2}$ , мм	Остаточная деформация $\times 10^{-2}$ , мм	Упругая деформация $\times 10^{-2}$ , мм	Полная деформация образца $\times 10^{-2}$ , мм
1	2	3	4	5	6	7

# ИСПЫТАНИЙ

Таблица 2.2

соединения на гвоздях

Индикатор № 2					Средние деформации за цикл $\times 10^{-2}$ , мм			
Отчет по прибору	Полная деформация за цикл $\times 10^{-2}$ , мм	Остаточная деформация $\times 10^{-2}$ , мм	Упругая деформация $\times 10^{-2}$ , мм	Полная деформация образца $\times 10^{-2}$ , мм	Полная за цикл	Остаточная	Упругая	Полная деформация образца
8	9	10	11	12	13	14	15	16

**Заключение по результатам испытаний:**

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

Работа № 2 зачтена « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 200 г.  
*Преподаватель* \_\_\_\_\_



**РАБОТА № 3**  
**ИСПЫТАНИЕ СОСТАВНОЙ БАЛКИ**  
**НА ПОДАТЛИВЫХ СВЯЗЯХ**

**Цель работы:**

1. Рассмотреть характер работы нагельного соединения.
2. Определить разрушающую нагрузку и характер разрушения.
3. Определить нормальные напряжения и характер их распределения по высоте поперечного сечения балки в средней части пролета.
4. Определить прогиб при расчетной нагрузке.
5. Определить сдвигающие усилия и характер их распределения по длине балки.

**I. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ И**  
**МЕХАНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК**  
**СОСТАВНОЙ БАЛКИ**

Конструкция составной балки из брусков на пластинчатых нагелях показана на рис. 3.1.

Материал брусков — \_\_\_\_\_.

Пластинчатые нагели выполнены — \_\_\_\_\_.

Влажность брусков балки — \_\_\_\_\_.

Основные геометрические и механические характеристики балки принимаются на основании непосредственных измерений и по нормативным документам (при отсутствии опытных данных) и заносятся в табл. 3.1.

Таблица 3.1

**Основные характеристики балки на податливых связях**

№ п/п	Наименование характеристики	Обозначение	Единица измерения	Значение характеристики
1	Высота балки	$h$	мм	
2	Ширина балки	$b$	мм	
3	Толщина пластинчатого нагеля	$\delta_{на}$	мм	

№ п/п	Наименование характеристики	Обозначение	Единица измерения	Значение характеристики
4	Длина пластинчатого нагеля	$l_{пл}$	мм	
5	Расстояние между нагелями	$c$	мм	
6	Количество нагелей	$n$	шт.	
7	Расчетное сопротивление древесины изгибу	$R_n$	МПа	
8	Расчетный пролет балки	$L_0$	мм	

## II. РАСЧЕТ СОСТАВНОЙ БАЛКИ ПО ПРОЧНОСТИ, ДЕФОРМАЦИЯМ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАЗРУШАЮЩЕЙ НАГРУЗКИ

Расчетный изгибающий момент из условия действия нормальных напряжений

$$M_n = R_u \cdot K_w \cdot W = \text{_____} \text{ Н}\cdot\text{мм (кгс}\cdot\text{см)},$$

где  $W$  — момент сопротивления составного сечения балки, равный

$$W = \frac{Bh^2}{6} = \text{_____} \text{ мм}^3,$$

$K_w = 0,7$  — коэффициент условия работы для брусьев при пролете  $L_0 < 2$  м.

Момент инерции составного сечения

$$J = \frac{bh^3}{12} = \text{_____} \text{ мм}^4.$$

Расчетная несущая способность пластинчатого нагеля

$$T_{пл} = 75 \cdot b = \text{_____} \text{ Н.}$$

Статический момент сечения

$$S = \frac{bh^2}{8} = \text{_____} \text{ мм}^3.$$

Расчетный изгибающий момент из условия несущей способности пластинчатых нагелей составит

$$M_T = \frac{nJT_{пл}}{1,2 \cdot S} = \text{_____} \text{ Н} \cdot \text{мм}.$$

Расчетная нагрузка определяется по минимальному значению расчетного момента по схеме загрузки балки (рис. 3.2,а)

$$M_{\min} = \frac{P_{\text{расч.}} \cdot l_p}{23} = \frac{P_{\text{расч.}} \cdot l_p}{6},$$

откуда  $P_{\text{расч.}} = \frac{6M_{\min}}{l_p} = \text{_____} \text{ Н}.$

Прогиб в середине пролета балки при расчетной нагрузке для выбранной схемы нагружения определяется по формуле

$$f_{\text{теор.}} = \frac{0,852P_{\text{расч.}}L_0^3}{48EJK_{\text{ж}}} = \text{_____} \text{ мм},$$

где  $E$  — расчетный модуль упругости древесины (см. общие данные)

$K_{\text{ж}}=0,75$  — коэффициент, учитывающий податливость связей для составной балки из двух брусьев.

Для определения разрушающей нагрузки при ее кратковременном действии, необходимо значение расчетной нагрузки увеличить на коэффициент безопасности по материалу при поперечном изгибе  $K_{\text{бм}} = 3,8$ , учитывающий снижение прочности древесины при длительном действии нагрузки, масштабный фактор и наличие пороков в древесине балки

$$P_{\text{разр. теор.}} = P_{\text{расч.}} \cdot K_{\text{бм}} = \text{_____} \text{ Н}.$$

Фактическая разрушающая нагрузка может оказаться ниже теоретической, если применяемая в образцах древесина будет иметь пороки или ее предел прочности при статическом изгибе окажется ниже нормативного сопротивления.

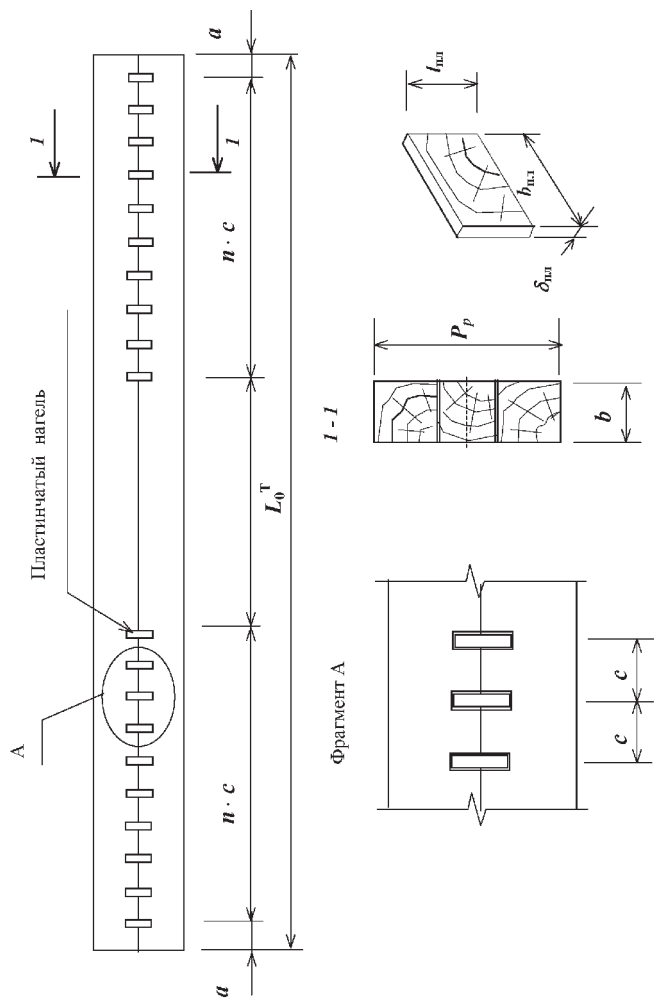


Рис.3.1. Конструкция составной балки из брусков на пластинчатых нагелях.

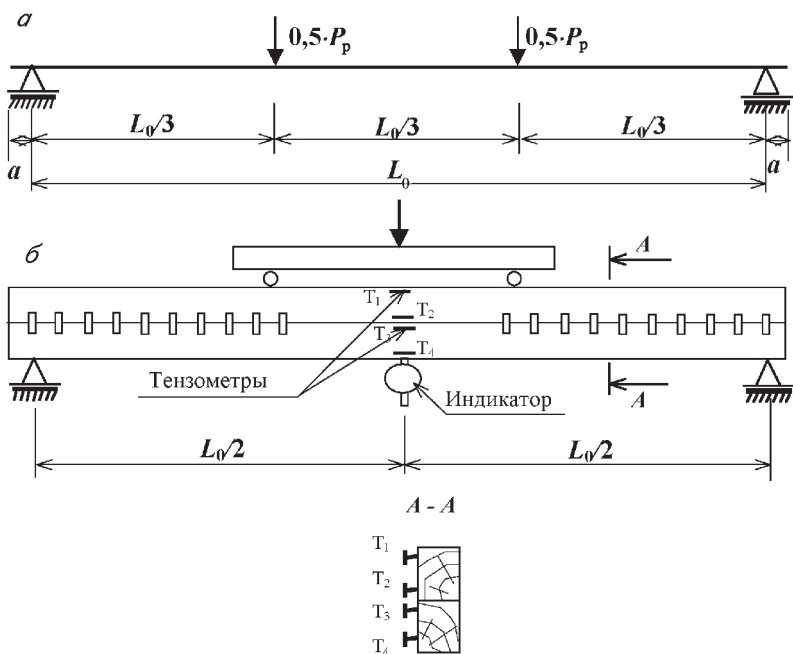


Рис.3.2. Схема загрузки балки (а) и расположения измерительных приборов (б)

### III. МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ИСПЫТАНИЙ

В процессе испытаний определяются:

- разрушающая нагрузка —  $P_{\text{разр}}$ ;
- прогиб при расчетной нагрузке —  $f_p$ ;
- напряжения и характер их распределения по высоте поперечного сечения балки в середине пролета;
- сдвиг при расчетной нагрузке.

Для подготовки и проведения испытаний необходимы:

- штангенциркуль для измерения поперечного сечения балки;
- тензометры для измерения фибровых деформаций сжатия и растяжения брусков;
- прогибомер или индикатор для измерения прогиба балки.

Сдвиг по плоскости сплачивания брусков можно измерить с помощью наклеенной на боковую поверхность балки и разрезанной в местах соприкосновения брусков миллиметровой бумаги штангенциркулем или линейкой по расстоянию между установленными до испытания меркам или нанесенным вертикальным рискам.

До начала нагружения балки при нулевой нагрузке измеряются и записываются в журнал показания тензометров и индикатора. Загружение образца производится ступенями. Величина ступени  $0,1 \cdot P_{\text{расч}}$ . Показания тензометров записываются дважды — при нулевой и при расчетной нагрузках. После снятия отсчетов при расчетной нагрузке тензометры снимаются.

Показания индикатора записываются после каждой ступени нагрузки до разрушения.

Сдвиг, в простейшем варианте, измеряется при расчетной нагрузке по нанесенным на балку рискам по краям балки, на  $1/3$  ее длины и в середине.

По данным испытания определяются напряжения, прогибы и сдвиги, строится эпюра напряжений по поперечному сечению балки (рис. 3.3) и график зависимости прогибов от нагрузки (рис. 3.4). Вычерчивается кривая распределения сдвигающих усилий по длине.

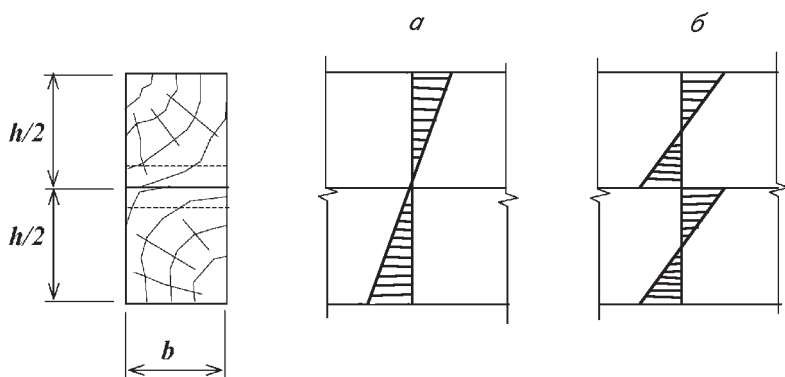


Рис. 3.3. Эпюра нормальных напряжений в сечении составной балки: а) без учета податливости связей; б) с учетом податливости связей

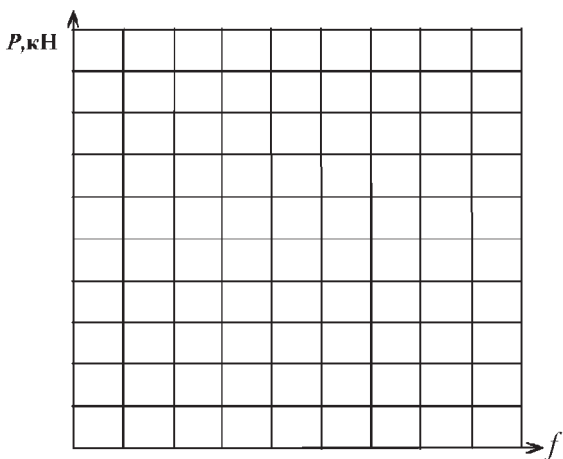


Рис.3.4. График зависимости прогиба балки  $f$  от нагрузки  $P$  (для заполнения)

### ЖУРНАЛ ИСПЫТАНИЙ

Таблица 3.2

#### Определение прогибов

Нагрузка		Отсчет по индикатору	Приращение $\times 10^{-2}$ , мм	Прогиб $\times 10^{-2}$ , мм
В ДОЛЯХ от $P_{васч.}$	$P$ , кН			
0				
0,25				
0,50				
0,75				
1,0				
1,25				
1,50				
1,75				
2,0				
2,25				
2,50				

Таблица 3.3

**Определение напряжений**

Наименование	Тензометры (база =20 мм, $m^*=1000$ )			
	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4
Начальные отсчеты $p=0$				
Конечные отсчеты $p$				
Разность отсчетов				
Средняя разность отсчетов $p$				
Напряжения $\sigma_n^{**}$ , МПа				

\*  $m$  — масштаб тензометра;

\*\*  $\sigma_n = (5000/m) \cdot n = 5n$ .

#### IV. АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ИСПЫТАНИЙ И ОФОРМЛЕНИЕ ОТЧЕТА

Данные по испытанию балки записываются в табл. 3.2 и 3.3.

Заключительным этапом работы является сравнение фактических значений разрушающей нагрузки и прогиба, полученных в результате испытания, с их теоретическими значениями, определенными по вышеприведенным формулам.

1. Опытное значение разрушающей нагрузки

$$P_{\text{разр.}} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ Н.}$$

$$\left( \frac{(P_{\text{разр. оп.}} - P_{\text{разр. теор.}})}{P_{\text{разр. теор.}}} \right) 100 = \underline{\hspace{2cm}} \%$$

2. Опытное значение прогиба при расчетной нагрузке определяем по графику

$$f_{\text{оп.}} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ мм.}$$

$$\left( \frac{(f_{\text{оп.}} - f_{\text{теор.}})}{f_{\text{теор.}}} \right) 100 = \underline{\hspace{2cm}} \%$$



3. Опытное значение нормальных напряжений при расчетной нагрузке

$$\sigma_{\text{теор.}} = \varepsilon E = \underline{\hspace{2cm}} \text{ МПа,}$$

$$\left( \frac{(\sigma_{\text{оп.}} - \sigma_{\text{теор.}})}{\sigma_{\text{теор.}}} \right) 100 = \underline{\hspace{2cm}} \%$$

**Заключение по результатам испытаний:**

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

Работа № 3 зачтена « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 200 г.  
Преподаватель \_\_\_\_\_

## РАБОТА № 4

### ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРЕДЕЛОВ ПРОЧНОСТИ СТЕКЛОПЛАСТИКА НА РАСТЯЖЕНИЕ, СЖАТИЕ И ИЗГИБ

#### Цель работы:

1. Определить пределы прочности стеклопластика на растяжение, сжатие и изгиб.
2. Сравнить полученные результаты с данными справочников.

#### I. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОЧНОСТИ СТЕКЛОПЛАСТИКА НА РАСТЯЖЕНИЕ

##### 1. Геометрические характеристики образца

Проектные размеры образца (рис. 4.1,а):

длина  $l =$  мм;  
ширина  $b =$  мм;  
толщина  $c =$  мм.

Фактические размеры образца:

длина  $l_{\phi} =$  мм;  
ширина  $b_{\phi} =$  мм;  
толщина  $c_{\phi} =$  мм,

где  $b_{\phi}$  и  $c_{\phi}$  — расчетные значения, принимаемые как среднее арифметическое значение по двум точкам соответственно.

##### 2. Указания к выполнению работы

При испытании образец устанавливается в зажимы, как это показано на рис. 4.1, б. Рабочая длина образца между зажимами составляет — \_\_\_\_ мм, а длина в каждом из зажимов — \_\_\_\_ мм. Испытание производится непрерывным нагружением до разрушения образца. Скорость нагружения при испытании принимается равной 40 кН в минуту на образец (0,67 кН/с).

Все результаты испытаний записываются в журнал испытаний табл. 4.1.

## II. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРЕДЕЛА ПРОЧНОСТИ СТЕКЛОПЛАСТИКА НА СЖАТИЕ

### 1. Геометрические характеристики образца

Проектные размеры образца (рис. 4.2, *a*):

ширина  $b =$  мм;

толщина  $c =$  мм;

высота  $h =$  мм.

Фактические размеры образца:

ширина  $b_{\phi} =$  мм;

высота  $h_{\phi} =$  мм;

толщина  $c_{\phi} =$  мм.

### 2. Указания к выполнению работы

Испытание производится непрерывным нагружением до разрушения образца. Скорость нагружения при испытании принимается 40,0 кН в минуту на образец (0,67 кН/с). Результаты испытаний записываются в журнал (табл. 4.2).

## III. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРЕДЕЛА ПРОЧНОСТИ СТЕКЛОПЛАСТИКА НА ИЗГИБ

### 1. Геометрические характеристики образца

Проектные размеры образца (рис. 4.3, *a*):

ширина  $b =$  мм;

высота  $h =$  мм.

длина  $\alpha =$  мм;

Фактические размеры образца:

ширина  $b_{\phi} =$  мм;

высота  $h_{\phi} =$  мм;

длина  $\alpha_p =$  мм;

### 2. Указания к выполнению работы

При испытании образец устанавливается на опоры, имеющие на концах закругления радиусом  $r = 15$  мм. Испытание производится двумя грузами, приложенными в третях пролета образца (см. рис. 4.3, *б*) непрерывным нагружением до раз-

рушения. Скорость нагружения при испытании принимается равной 6,00 кН в минуту на образец (0,10 кН/с).

Все результаты испытаний записываются в журнал испытаний табл. 4.3, там же зарисовывается характер разрушения образцов.

### ЖУРНАЛ ИСПЫТАНИЯ

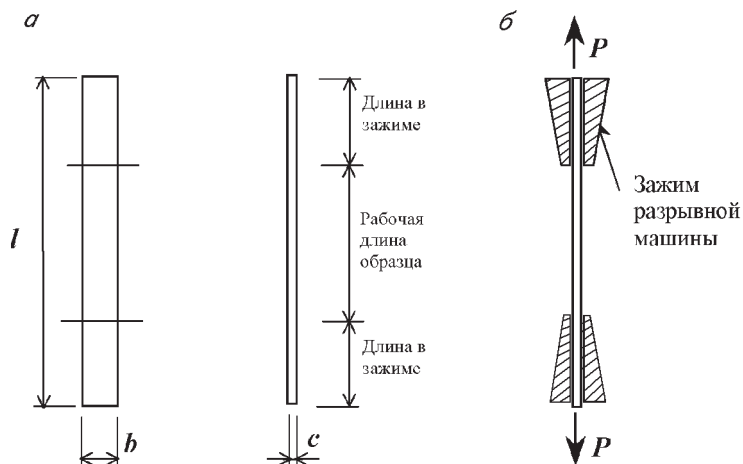


Рис. 4.1. Образец для испытания на растяжение (а) и схема испытания (б)

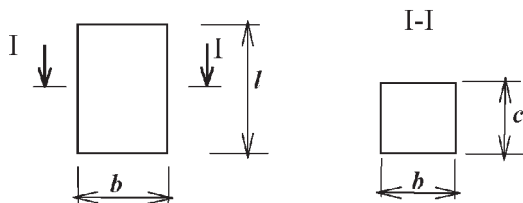


Рис. 4.2. Образец для испытания на сжатие

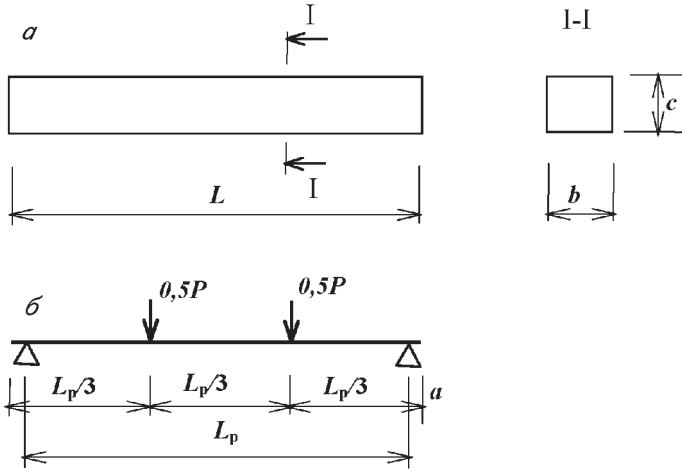


Рис. 4.3. Образец для испытания на изгиб (а) и схема испытания (б)

Таблица 4.1

### Испытания стеклопластика на растяжение

Чертеж образца	Размеры образца, см			Площадь поперечного сечения, см <sup>2</sup>	Разрушающее усилие $P_{\text{разр.}}$ , кН	Предел прочности на растяжение, МПа	Схема разрушения образца
	$l_{\phi}$	$b_{\phi}$	$c_{\phi}$				

Таблица 4.2

### Испытания стеклопластика на сжатие

Чертеж образца	Размеры образца, см			Площадь поперечного сечения, см <sup>2</sup>	Разрушающее усилие $R_{\text{разр.}}$ , кН	Предел прочности на сжатие, МПа	Схема разрушения образца
	$l_{\phi}$	$b_{\phi}$	$c_{\phi}$				

Таблица 4.3

**Испытание стеклопластика на изгиб**

Чертеж образца	Размер образца, см			Пролет, см	Разрушающая нагрузка, кН	$M$ , кН·см	$W$ , см <sup>3</sup>	$R_{и}$ , МПа	Характер разрушения образца
	$L_{рф}$	$b_{\phi}$	$c_{\phi}$						

**IV. АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ИСПЫТАНИЙ И  
ОФОРМЛЕНИЕ ОТЧЕТА**

1. Предел прочности  $R_p$  на растяжение

$$R_p = \frac{P_{\text{разр.}}}{F} = \quad \text{Н/мм}^2,$$

где  $P_{\text{разр.}}$  — разрушающая нагрузка, кН (кгс);

$F$  — расчетное значение площади поперечного сечения образца, мм<sup>2</sup>

$$F = b_{\phi} \cdot c_{\phi} = \quad \text{мм}^2.$$

2. Предел прочности на сжатие  $R_c$  определяется по формуле

$$R_c = \frac{P_{\text{разр.}}}{F} = \quad \text{Н/мм}^2,$$

где  $P_{\text{разр.}}$  — разрушающая нагрузка, кН (кгс);

$F$  — площадь поперечного сечения образца, мм<sup>2</sup>:

$$F = b_{\phi} \cdot c_{\phi} = \quad \text{мм}^2.$$

3. Предел прочности на изгиб

$$R_{и} = \frac{M_{\text{max}}}{W} = \quad \text{Н/мм}^2,$$

где  $M_{\text{max}}$  — разрушающий изгибающий момент

$$M_{\text{max}} \frac{(P_{\text{разр.}} \cdot \alpha_p)}{6} = \quad \text{Н·мм.}$$

Здесь  $P_{\text{разр.}}$  — разрушающая нагрузка, кН;

$\alpha_p$  — расчетный пролет образца, мм;

$W$  — момент сопротивления сечения

$$W = \frac{(b_{\phi} c_{\phi}^2)}{6} = \text{мм}^3 (\text{см}^3).$$

Полученные значения пределов прочности на растяжение, сжатие и изгиб сопоставляются с их средними значениями из справочников по формулам:

$$K_p = \left( \frac{R_p}{R_{\text{рсп}}} \right) 100\% = \quad \%;$$

$$K_c = \left( \frac{R_c}{R_{\text{ссп}}} \right) 100\% = \quad \%;$$

$$K_i = \left( \frac{R_i}{R_{\text{иср}}} \right) 100\% = \quad \%,$$

где  $R_{\text{рсп}}$ ,  $R_{\text{ссп}}$ ,  $R_{\text{иср}}$  — справочные данные соответствующих величин.

Сопоставление полученных пределов прочности на растяжение, сжатие и изгиб с данными справочников имеют разброс. Это объясняется незначительным числом испытываемых образцов, что не позволяет получать точную картину прочностных характеристик материала.

