

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Тульский государственный университет»

Институт горного дела и строительства  
Кафедра «Строительство, строительные материалы и конструкции»

Утверждено на заседании кафедры  
«Строительство, строительные материалы и  
конструкции»  
« 18 » января 2023 г., протокол № 5

Заведующий кафедрой

\_\_\_\_\_  А.А. Трещев

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ**  
**по выполнению лабораторных работ**  
**по дисциплине (модулю)**  
**«Конструкции из дерева и пластмасс»**

**основной профессиональной образовательной программы**  
**высшего образования – программы бакалавриата**

по направлению подготовки  
**08.03.01 Строительство**

с направленностью (профилем)  
**Промышленное и гражданское строительство**

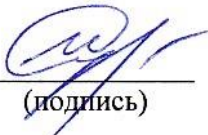
Формы обучения: очная, заочная

Идентификационный номер образовательной программы: 080301-05-23

Тула 2023 год

## Разработчик методических указаний

Судакова И.А., доцент, к.т.н.  
(ФИО, должность, ученая степень, ученое звание)

  
(подпись)

## Содержание

1. Испытание двухсрезного соединения на стальных цилиндрических нагелях .....	4
2. Испытание двухсрезного соединения на гвоздях .....	12
3. Испытание треугольной брусчатой фермы на лобовых врубках .....	18

## **1. Испытание двухсрезного соединения на стальных цилиндрических нагелях**

### Цель и задачи работы

Определить прочность и деформативность соединений на стальных цилиндрических нагелях.

### Общие положения (теоретические сведения)

Нагелем называется гибкий стержень, который соединяет элементы деревянных конструкций, препятствует их взаимному сдвигу, а сам при этом работает на изгиб. Нагели изготавливают из стали, древесины твердых пород и пластмасс, в виде стержней круглого сечения. Их устанавливают в предварительно просверленные отверстия. Диаметр отверстий для нагеля делают равным диаметру самого нагеля, чем обеспечивается плотность соединения и уменьшается опасность раскалывания.

Считается, что нагели работают на срез, хотя на самом деле среза по телу нагеля не происходит. Древесина мягче нагеля и происходит ее смятие, а сами нагели — изгибаются, тем не менее, по аналогии с заклепочными соединениями металла, нагели рассчитываются на срез, а место среза (которого фактически нет) называют «условным срезом».

Расчетную несущую способность одного цилиндрического нагеля на один шов сплачивания в соединениях элементов из сосны и ели при направлении усилий, передаваемых нагелями вдоль волокон и гвоздями под любым углом, следует определять по таблице 18 СП 64.13330.2017 СНиП II-25-80 «Деревянные конструкции».

### Объекты исследования, оборудование, материалы и наглядные пособия

- 1) Двухсрезное соединение на стальных цилиндрических нагелях
- 2) Разрывная машина Р-5
- 3) Индикаторы часового типа с ценой деления 0.01 мм
- 4) Миллиметровая бумага. Электронный влагомер ЭВ-2К.

### Задание на работу (рабочее задание)

Установить разрушающую нагрузку и сравнить ее с расчетной несущей способностью соединения; построить зависимость деформаций сдвига в соеди-

нении от нагрузки и определить деформацию соединения, отвечающую расчетной несущей способности; установить нагрузку, соответствующую величине предельно допустимого сдвига.

#### Ход работы (порядок выполнения работы)

Испытание соединений проводится возрастающей нагрузкой с доведением образцов до разрушения на разрывной машине Р-5. Образцы соединений испытывают на сжатие по схеме, представленной на рис. 1.1. Нагрузка прикладывается ступенчато, на каждой ступени загрузки записываются отсчёты по приборам в журнале-отчёте. Перед испытанием к образцам прикрепляют индикаторы часового типа для измерения перемещения (взаимных смещений соединяемых элементов). Два индикатора с ценой деления 0.01 мм устанавливаются с противоположных сторон образца. Прикрепляются индикаторы к крайним доскам, упоры для штифтов к средней доске, таким образом, чтобы под нагрузкой штифты выдвигались из корпусов индикаторов. При этом отсчёты по индикаторам идут по мере нагружения в сторону уменьшения, что должно учитываться при вычислении перемещения соединения. После исчерпания рабочего хода штифтов деформации определяются по смещению разрезанных полос предварительно наклеенной миллиметровой бумаги. Во время испытаний также фиксируются различные изменения в образце (треск, трещины, перекося), которые фиксируются в отчёте для соответствующей ступени нагружения. Если в конце испытания не отмечено разрушения с нарушением сплошности древесины элементов (разрыв, раскалывание и т.д.), то моментом разрушения является резкое падение усилия на рабочем табло силоизмерителя или непрерывный рост деформации без изменения прилагаемого усилия. Для анализа характера разрушения (остаточные изменения формы гнезда, выгиб нагеля) образец раскалывается вдоль волокон по оси нагелей. После испытания определяется влажность древесины образца с помощью электронного влагомера ЭВ-2К.

#### Содержание отчета

##### **1.1. Установление фактических размеров образца**

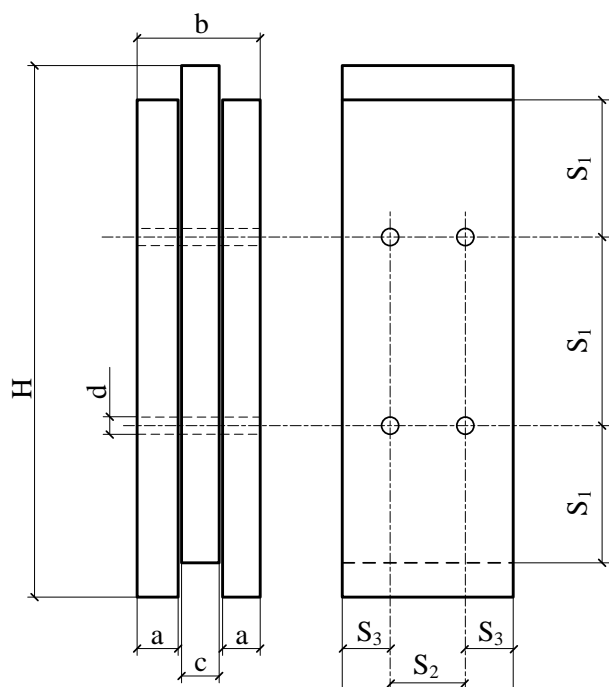


Рисунок 1.1. Конструкция соединения на цилиндрических нагелях

Согласно п. 8.20 СП 64.13330.2017 СНИП II-25-80 «Деревянные конструкции» для стальных нагелей необходимо соблюдать следующие условия:

$$S_1 \geq 7d; S_2 \geq 3.5d; S_3 \geq 3d.$$

$$S_1 \geq$$

$$S_2 \geq$$

$$S_3 \geq$$

Исходные данные:

$H=350\text{ мм}$ ;  $a=24\text{ мм}$ ;  $c=24\text{ мм}$ ;  $b=75\text{ мм}$ ;  $d=10\text{ мм}$ ;

$S_{1\text{min}}=80\text{ мм}$ ;  $S_2=55\text{ мм}$ ;  $S_3=35\text{ мм}$ .

## 1.2. Схема загрузки образца и расстановка приборов

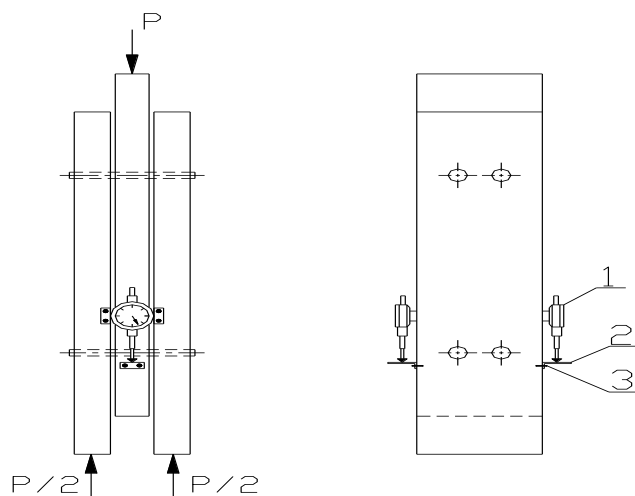


Рисунок 1.2. Схема загрузки образца и расстановки приборов:

1 – индикаторы; 2 – уголки; 3 – шурупы

Для измерения деформаций сдвига в швах на образце устанавливают два индикатора которые закрепляют на крайних досках таким образом, чтобы штифт индикатора упирался в уголок, прикрепленный к средней доске.

### 1.3. Определение расчетной несущей способности образца

Расчетную несущую способность нагельного соединения определяют по формуле:

$$T_p = m \cdot n_{cp} \cdot T_{мин},$$

где  $m$  - количество нагелей;

$n_{cp}$  - количество "срезов" одного нагеля;  $n_{cp} = 2$ ;

$T_{мин}$  - наименьшая несущая способность одного "среза" нагеля, определяемая из трех условий:

а) из условия смятия древесины крайнего элемента ( $a$ ,  $d$ , подставить в формулы в см)

$$T_a = 1,2 \cdot a \cdot d \cdot m_{дл} =$$

б) из условия смятия древесины среднего элемента

$$T_c = 0,75 \cdot c \cdot d \cdot m_{дл} =$$

в) из условия изгиба нагеля

$$T_n = (2,2 \cdot d^2 + 0,025 \cdot a^2) \cdot \sqrt{m_{дл}} =$$

$$\text{Но не более } 3,1 \cdot d^2 \cdot \sqrt{m_{дл}} =$$

$$T_{мин} =$$

Расчетная несущая способность нагельного соединения равна:

$$T_p = m \cdot n_{cp} \cdot T_{мин} =$$

Поскольку испытание нагельного соединения проводят кратковременной нагрузкой, то фактическую несущую способность образца необходимо определять с учетом коэффициента  $m_{дл}$ :

$m_{дл} = 0,67$ - усредненное значение коэффициента, учитывающего снижение прочности древесины при длительном действии нагрузки.

$$T_{рфакт} = T_p / 0,67 =$$

Для выполнения лабораторной работы необходимо заполнить таблицу.

$$\Delta C1_1 = C1_2 - C1_1;$$

$$\Delta C1_i = \Delta C1_{i-1} + (C1_{i+1} - C1_i);$$

$$\Delta C2_1 = C2_2 - C2_1;$$

$$\Delta C2_i = C2_{i-1} + (C2_{i+1} - C2_i);$$

например,

$$\Delta C1_1 = C1_2 - C1_1 = 99 - 100 = -1;$$

$$\Delta C1_2 = \Delta C1_1 + (C1_3 - C1_2) = -1 + (101 - 99) = -1 + 2 = 1;$$

$$\Delta C1_3 = \Delta C1_2 + (C1_4 - C1_3) = 1 + (103 - 101) = 3;$$

$$\Delta C1_4 = \Delta C1_3 + (C1_5 - C1_4) = 3 + (105 - 103) = 5;$$

$$\Delta C2_1 = C2_2 - C2_1 = 105 - 100 = 5;$$

$$\Delta C2_2 = \Delta C2_1 + (C2_3 - C2_2) = 5 + (112 - 105) = 5 + 7 = 12;$$

$$\Delta C2_3 = \Delta C2_2 + (C2_4 - C2_3) = 12 + (121 - 112) = 21;$$

$$\Delta C2_4 = \Delta C2_3 + (C2_5 - C2_4) = 21 + (128 - 121) = 28;$$

$$\Delta c_{рi} = \frac{\Delta C1_i + \Delta C2_i}{2} = \frac{-1+5}{2} = 2; \quad \Delta c_{р1} = \frac{\Delta C1_1 + \Delta C2_1}{2} = \frac{1+12}{2} = 6,5;$$

$$\Delta c_{р2} = \frac{\Delta C1_2 + \Delta C2_2}{2} = \frac{3+21}{2} = 12; \quad \Delta c_{р3} = \frac{\Delta C1_3 + \Delta C2_3}{2} = \frac{5+28}{2} = 16,5;$$

$$\Delta c_{р4} = \frac{\Delta C1_4 + \Delta C2_4}{2} = \frac{7+35}{2} = 21;$$

Эти значения получились в  $мм \cdot 10^{-3}$ , поэтому в следующем столбце записываем те же значения, но уже в мм (см. таблицу 1.1).



## 1.4. Испытание образца

Таблица 1.1.

Журнал испытаний нагельного соединения

№ этапа загрузки	Нагрузка Р,кН	Индикаторы				Δср=(ΔC1+ ΔC2)/2	перемещение соединения, мм	Примечание
		И1		И2				
		C1	ΔC1	C2	ΔC2			
1	0	100		100			0,000	
2	3	99	-1	105	5	2,0	0,020	
3	6	101	1	112	12	6,5	0,065	
4	9	103	3	121	21	12,0	0,120	
5	12	105	5	128	28	16,5	0,165	
6	15	107		135				
7	18	111		142				
8	21	115		148				
9	24	120		155				
10	27	142		180				
11	30	144		183				
12	33	146		186				
13	36	150		191				
14	39	166		213				
15	42	187		225				
16	45	200		250				
17	48	230		280				
18	51	299		377				
19	54	340		425				
20	57	780		820				

### 1.5. Обработка результатов испытаний

После окончания испытания по данным табл. 1.1. строят зависимость перемещений нагельного соединения от нагрузки



Рисунок 1.3. График зависимости деформаций сдвига нагельного соединения от нагрузки

Результаты испытаний сопоставляют с теоретическими значениями.

### 1.6. Выводы

$$P_{max}/T_{расч} =$$

где  $P_{max} = 57$  кН

$$P_{\Delta 2мм}/T_{расч} =$$

где  $P_{\Delta 2мм}$  определяется по графику то значение  $P$ , которое соответствует допустимому перемещению соединения, равному 2 мм.

Предельная нагрузка превышает расчетную в \_\_\_\_\_ раз.

В соединении наблюдается запас прочности, равный \_\_\_\_\_.

(Сюда подставляются значения, вычисленные выше в разделе Выводы).

### 1.7. Контрольные вопросы

1. Что называется нагелем? Из каких материалов и какой формы могут изготавливаться нагели?
2. Какими приборами измеряется деформация сдвига в соединении?
3. Из каких условий определяют расчетную несущую способность соединения?
4. Почему рекомендуется размещать цилиндрические нагели в четное количество рядов?
5. Чем объясняется расхождение между опытными и теоретическими величинами?
6. Почему термин «срез» нагеля является условным?

## 2. Испытание двухсрезного соединения на гвоздях

### Цель и задачи работы

Определить прочность и деформативность соединений на гвоздях.

### Общие положения (теоретические сведения)

Гвозди в соединениях работают как нагели. Однако тот факт, что они забиваются в древесину, обуславливает некоторые особенности их работы: при диаметре гвоздей менее 6 мм их несущая способность на сдвиг не зависит от угла, образованного направлениями силы и волокон; заостренный конец гвоздя перерезает и раздвигает волокна, увеличивая опасность раскалывания. Эту опасность уменьшают более редкой расстановкой гвоздей, по сравнению с нагелями; при расчете учитываются только те гвозди, глубина заделки которых в древесине составляет не менее  $4d_{гв}$  ( $d_{гв}$  — диаметр гвоздя в см); при этом заостренный конец длиной  $1,5d_{гв}$  не учитывается в работе. Недостатком гвоздевых соединений является их ползучесть.

Длина гвоздей для крепления растянутых элементов применяется такой, чтобы гвоздь пробивал все сплавляемые элементы, но при этом не выходил наружу. Заостренный конец не засчитывается в длину гвоздя. Например, для одностороннего прибивания схватки толщиной 50 мм к стропиле толщиной тоже 50 мм нужны гвозди длиной 100 мм, а для прибивания двусторонней схватки — 150 мм.

При сшивании всех элементов концы гвоздей должны остаться в дереве. Вбитые таким образом гвозди работают на срез (изгиб), то есть гвоздей должно быть установлено такое количество, чтобы они не были срезаны (изогнуты) растягивающими или сжимающими усилиями. Выход гвоздя наружу хотя ошибкой и не считается, но все же крайне нежелателен, концы ржавеют и заражают ржавчиной весь стержень гвоздя. При свободном выходе гвоздя из пакета расчетную толщину последнего элемента следует уменьшать на  $1,5d$ .

### Объекты исследования, оборудование, материалы и наглядные пособия

Двухсрезное соединение на гвоздях. Разрывная машина Р-5. Индикаторы часового типа с ценой деления 0.01 мм. Миллиметровая бумага. Электронный влагомер ЭВ-2К.

### Задание на работу

Установить разрушающую нагрузку и сравнить ее с расчетной несущей способностью соединения; построить зависимость деформаций сдвига в соединении от нагрузки и определить деформацию соединения, отвечающую расчетной несущей способности; установить нагрузку, соответствующую величине предельно допустимого сдвига.

### Ход работы (порядок выполнения работы)

Испытание соединений проводится возрастающей нагрузкой с доведением образцов до разрушения на разрывной машине Р-5. Образцы соединений испытывают на сжатие по схеме, представленной на рис. 1. Нагрузка прикладывается ступенчато, на каждой ступени загрузки записываются отсчеты по приборам в журнале-отчете. Перед испытанием к образцам прикрепляют индикаторы часового типа для измерения деформаций (взаимных смещений соединяемых элементов). Два индикатора с ценой деления 0.01 мм устанавливаются с противоположных сторон образца. Прикрепляются индикаторы к крайним доскам, упоры для штифтов к средней доске, таким образом, чтобы под нагрузкой штифты выдвигались из корпусов индикаторов. При этом отсчеты по индикаторам идут по мере нагружения в сторону уменьшения, что должно учитываться при вычислении деформаций соединения. После исчерпания рабочего хода штифтов деформации определяются по смещению разрезанных полос предварительно наклеенной миллиметровой бумаги.

Во время испытаний также фиксируются различные изменения в образце (треск, трещины, перекося), которые фиксируются в отчете для соответствующей ступени нагружения. Если в конце испытания не отмечено разрушения с нарушением сплошности древесины элементов (разрыв, раскалывание и т.д.), то моментом разрушения является резкое падение усилия на рабочем табло силоизмерителя или непрерывный рост деформации без изменения прилагаемого усилия. Для анализа характера разрушения (остаточные изменения формы гнезда, выгиб нагеля) образец раскалывается вдоль волокон по оси нагелей. После испытания определяется влажность древесины образца с помощью электронного влагомера ЭВ-2К.

### **Содержание отчета**

#### **2.1. Установление фактических размеров образца.**

Согласно СП 64.13330.2017 для гвоздей необходимо соблюдать следующие условия:

Расстояние между осями гвоздей вдоль волокон древесины следует принимать не менее:

$S_1 = 15d$  – при толщине пробиваемого элемента  $c \geq 10d$ ;

$S_1 = 25d$  – при толщине пробиваемого элемента  $c = 4d$ ;

Расстояние от гвоздя до торца элемента вдоль волокон древесины следует принимать не менее  $S_1 = 15d$ .

Расстояние между осями гвоздей поперек волокон древесины при прямой расстановке гвоздей следует принимать не менее  $S_2 = S_3 = 4d$ .

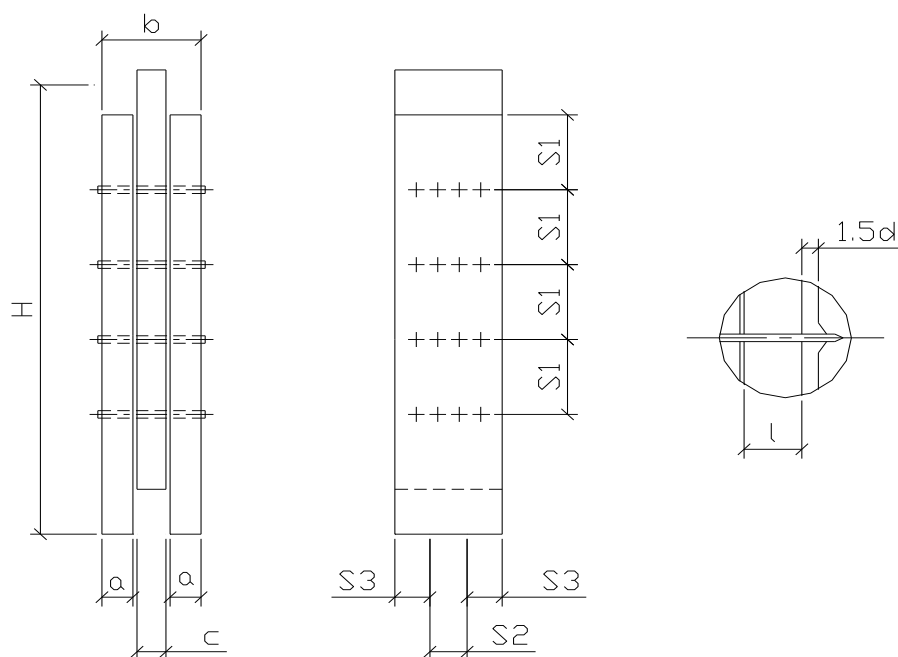
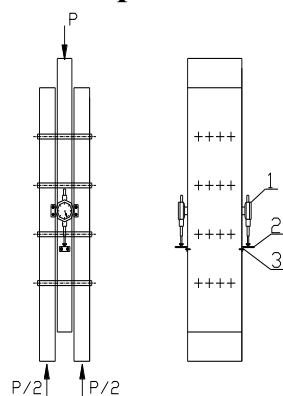


Рис. 1. Конструкция соединения на гвоздях

Рис. 2. Схема загрузки образца и расстановки приборов.  
1 – индикаторы; 2 – уголки; 3 – шурупы

Исходные данные:  $H=375\text{мм}$ ;  
 $a=20\text{мм}$ ;  $S_1=60\text{мм}$ ;  
 $c=26\text{мм}$ ;  $S_2=16\text{мм}$ ;  
 $b=65\text{мм}$ ;  $S_3=16\text{мм}$ ;  
 диаметр гвоздя 2,5мм.

## 2.2. Схема загрузки образца и расстановка приборов



Для измерения деформаций сдвига в швах на образце устанавливают два индикатора которые закрепляют на крайних досках таким образом, чтобы индикатор упирался в уголок, прикрепленный к средней доске.

### 2.3. Определение расчетной несущей способности образца

Расчетную несущую способность гвоздевого соединения определяют по формуле:

$$T_p = m \cdot n_{\text{ср}} \cdot T_{\text{мин}},$$

где  $m$  - количество нагелей (гвоздей);

$n_{\text{ср}}$  - количество "срезов" одного нагеля;

$T_{\text{мин}}$  - наименьшая несущая способность одного "среза" нагеля, определяемая из трех условий

а) из условия смятия древесины крайнего элемента

$$a = a - 1,5d =$$

$$T_a = 1,2 \cdot a \cdot d \cdot m_{\text{дл}} =$$

б) из условия смятия древесины среднего элемента

$$T_c = 0,75 \cdot c \cdot d \cdot m_{\text{дл}} =$$

в) из условия изгиба гвоздя

$$T_{\text{и}} = (3,1d^2 + 0,012a^2) \cdot \sqrt{m_{\text{дл}}} =$$

$$5d^2 \cdot \sqrt{m_{\text{дл}}} =$$

$$T = T_{\text{мин}} =$$

$$T_p = m \cdot n_{\text{ср}} \cdot T_{\text{мин}} =$$

фактическую несущую способность образца необходимо определять с учетом коэффициента  $m_{\text{дл}}$

$m_{\text{дл}} = 0,67$  – усредненное значение коэффициента, учитывающего снижение прочности древесины при длительном действии нагрузки:

$$T_{\phi} = \frac{T_p}{\sqrt{0,67}} =$$

## 2.4 Обработка результатов испытаний

Журнал испытаний соединения на гвоздях								
№ этапа загрузки	Нагрузка Р, кН	Индикаторы				ΔC <sub>ср</sub>	перемещ ение соединен ия, мм	Примеча ние
		И1		И2				
		C1	ΔC1	C2	ΔC2			
1	0	100		100			0,000	
2	5	102	2	109	9	5,5	0,055	
3	10	110	10	133	33	21,5	0,022	
4	15	125		169				
5	20	155		220				
6	25	220		305				
7	30	290		410				
8	35	390		530				
	51							

После окончания испытания по данным табл. 2 строят зависимости перемещений гвоздевого соединения от нагрузки.

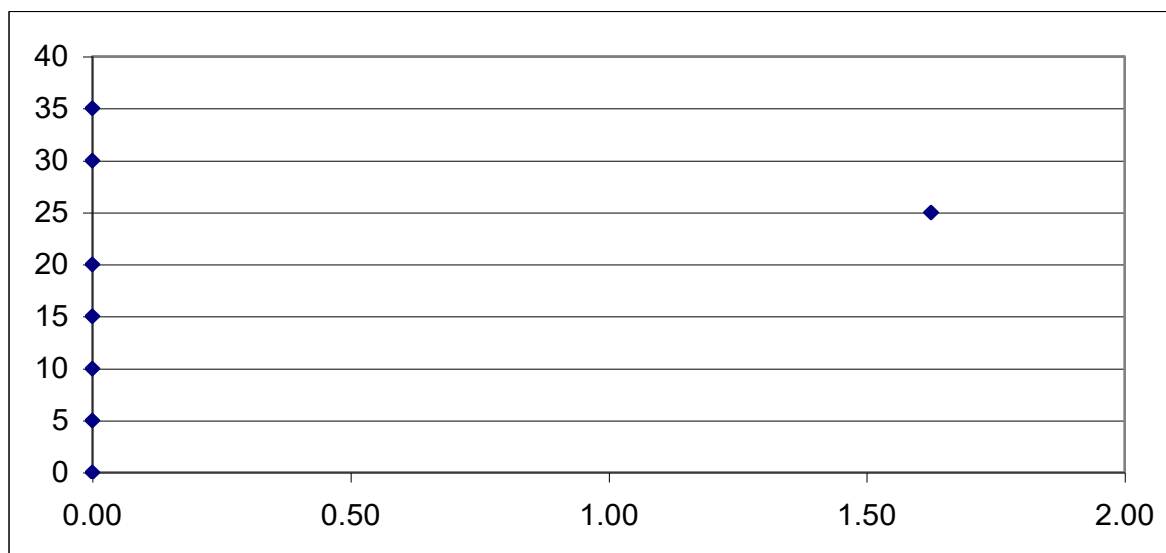


Рис. 8. График зависимости деформаций сдвига соединения на гвоздях от нагрузки.

## 2.5. Сравнение теоретических и экспериментальных величин и анализ результатов испытания.

Результаты испытаний сопоставляют с теоретическими значениями.



$$P_{\max} / T_{\phi} = 51 /$$

$$P_{\Delta 2.мм} / T_{\phi} =$$

$$\Delta_{\text{расч}} / \Delta_{2.мм} = / 2$$

$$\Delta_{2.мм} = 2мм$$

## 2.6. ВЫВОД:

## 2.7. Контрольные вопросы

1. Какие существуют способы размещения гвоздей?
2. Как определяется минимальное расстояние между гвоздями вдоль волокон древесины?
3. Из каких условий определяют расчетную несущую способность соединения на гвоздях?
4. Как определить минимальную длину гвоздя в двухсрезном соединении при толщине крайних элементов «а», среднего – «с»?
5. Как назначается величина ступени нагружения при испытании образца?
6. Чем можно объяснить расхождение между опытными и теоретическими величинами?
7. Чем обусловлено предельное состояние гвоздевых соединений?

### 3. Испытание треугольной брусчатой фермы на лобовых врубках

#### Цель и задачи работы

Изучение работы опорного узла фермы.

#### Общие положения (теоретические сведения)

Для того чтобы обеспечить работу раскосов только на сжатие, в треугольных фермах на лобовых врубках принимают раскосную решетку с нисходящими раскосами. Верхний и нижний пояса, а также сжатые раскосы треугольных ферм на лобовых врубках обычно выполняются из брусьев или из бревен. Пояса и раскосы брусчатых ферм на лобовых врубках выполняют из брусьев одной и той же ширины поперечного сечения, а высоту сечения элементов определяют соответствующим расчетом. Расчет ферм на лобовых врубках аналогичен расчету ферм других видов. Отличие состоит в расчете узлов на лобовых врубках, суть которого изложена в п. 3.4.

#### Объекты исследования, оборудование, материалы и наглядные пособия

Треугольная брусчатая ферма на лобовых врубках. Разрывная машина Р-5. Индикаторы часового типа с ценой деления 0.01 мм. Электронный влагомер ЭВ-2К. Электронный измеритель деформаций АИД-2М с компенсирующим устройством с выходом шкалы  $\Delta C \cdot 10^{-5}$ .

#### Задание на работу (рабочее задание)

Установить схему разрушения опоры, определить разрушающую нагрузку и сравнить её с расчетной несущей способностью соединения, построить график зависимости деформации смятия врубки при расчетной нагрузке, вычислить значения нормальных напряжений в ослабленном и неослабленном сечениях нижнего пояса фермы при действии расчетной нагрузки.

#### Ход работы (порядок выполнения работы)

Испытание фермы проводится возрастающей нагрузкой с доведением образцов до разрушения на разрывной машине Р-5. Образцы соединений испыты-

вают по схеме, представленной на рис. 3.2. Нагрузка прикладывается ступенчато, на каждой ступени загрузки записываются отсчёты по приборам в журнале-отчёте. Перед испытанием к образцам прикрепляют индикаторы часового типа для измерения деформаций (взаимных смещений соединяемых элементов). Два индикатора с ценой деления 0.01 мм устанавливаются с противоположных сторон образца.

Во время испытаний также фиксируются различные изменения в образце (треск, трещины, перекос), которые фиксируются в отчёте для соответствующей ступени нагружения. В конце испытания происходит разрушение образца с нарушением сплошности древесины элементов (разрыв, скалывание и т.д.). После испытания определяется влажность древесины образца с помощью электронного влагомера ЭВ-2К.

### Содержание отчета

#### 3.1. Установление фактических размеров образца

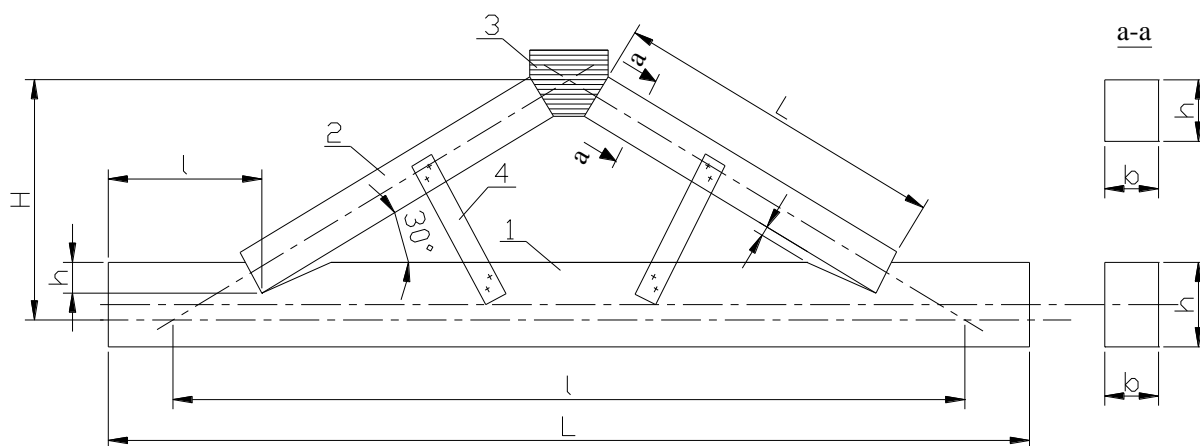


Рисунок 3.1. Конструкция треугольной фермы на лобовых врубках:

1 – горизонтальный брус нижнего пояса; 2 – наклонный брус верхнего пояса; 3 – клиновидный брус; 4 – временные монтажные деревянные планки

Исходные данные:  $H = 235$  мм;  $l = 692$  мм;  $h_n = 67$  мм;

$\ell_{ск} = 183$  мм;  $L_n = 928$  мм;

$h_{вр} = 22$  мм;  $b = 44$  мм;

$$L_B = 65 \text{ мм}; h_B = 16 \text{ мм}; \alpha = 34^\circ$$

### 3.2. Схема загрузки образца и расстановки приборов

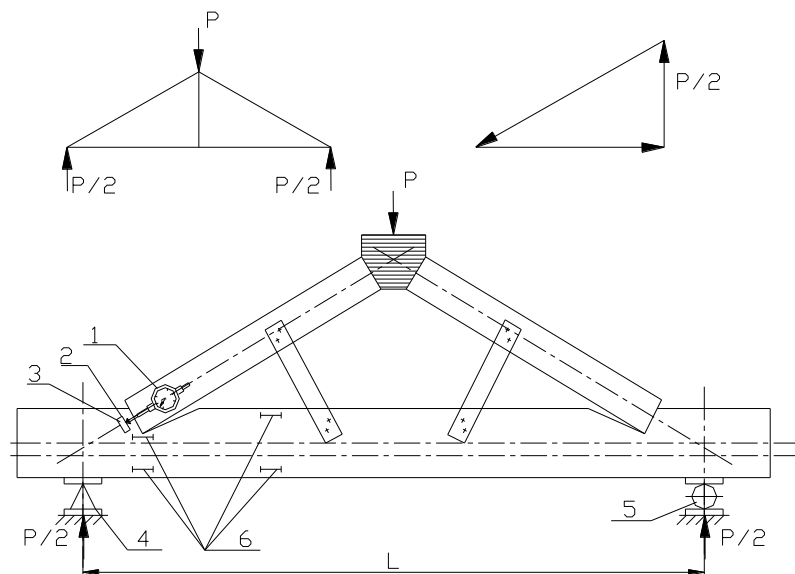


Рисунок 3.2. Схема загрузки образца и расстановки приборов:

1 – индикаторы; 2 – уголок; 3 – упоры; 4 – неподвижная опора; 5 – подвижная (катковая) опора

Ферма — образец устанавливается на траверсу испытательной машины или прессы и производится прижатие клиновидного бруса. Центрирование опорных узлов образца производится по ослабленному сечению. Это достигается установкой неподвижной и подвижной опор в местах пересечения оси наклонного элемента и оси нижнего горизонтального элемента, проходящего через ослабленное сечение.

### 3.3. Определение расчетной несущей способности образца

Модуль упругости вдоль волокон:  $E = 10000 \text{ МПа}$ ;  $E_{90} = 400 \text{ МПа}$ .

Модуль упругости поперек волокон:  $E_{90} = 400 \text{ МПа}$ .

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

где  $R_{\text{см}} = 19,5 \cdot 1 = 19,5 \text{ МПа}$  – расчетное сопротивление смятию вдоль волокон

(СП 64.13330.2017 «СНиП II-25-80 Деревянные конструкции» табл.3 п.1а);

$R_{\text{см}}^{90} = 4,5 \cdot 1 = 4,5$  МПа – расчетное сопротивление смятию поперек волокон

(СП 64.13330.2017 «СНиП II-25-80 Деревянные конструкции» табл.3 п.4а);

$R_{\text{см}}^{\alpha} = \text{_____}$  МПа – расчетное сопротивление смятию под углом  $\alpha=34^{\circ}$ ;

$R_{\text{ск}} = 3,2 \cdot 1 = 3,2$  МПа – максимальное расчетное сопротивление скалыванию вдоль волокон

(СП 64.13330.2017 «СНиП II-25-80 Деревянные конструкции» табл.3 п.5в);

$R_{\text{ск}}^{\text{ср}}$  – среднее расчетное сопротивление скалыванию вдоль волокон.

Среднее расчетное сопротивление скалыванию вдоль волокон:

$$R_{\text{ск}}^{\text{ср}} = \frac{R_{\text{ск}}}{1 + \beta \frac{l_{\text{ск}}}{e}} =$$

где  $\beta = 0,25$  – эмпирический коэффициент при одностороннем скалывании;

$l_{\text{ск}}$  – длина площадки скалывания;  $e$  – плечо пары скалывающих сил,

$$e = \frac{h_{\text{вр}}}{2} + \frac{h_{\text{н}} - h_{\text{вр}}}{2} = \frac{h_{\text{н}}}{2} =$$

### 3.4. Усилия, действующие в лобовой врубке, и эпюры скалывающих напряжений по длине площадки скалывания

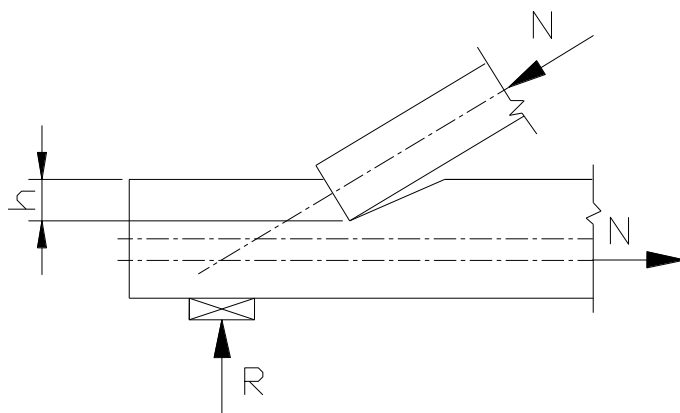


Рисунок 3.3. Усилия, действующие в лобовой врубке

Материал – сосна 2 сорт.

Расчетную нагрузку на образец  $P$  определяют по расчетной несущей способности элементов и соединений фермы (при подстановке значений в формулы обращайте внимание на размерности!). Усилия необходимо получить в кН, для этого  $R$  подставляют в кН/см<sup>2</sup>, а все линейные размеры в см (смотри пример подстановки значений в пункте б):

а) из условия скалывания врубки

$$P = R_{\text{ск}}^{\text{ср}} \cdot l_{\text{ск}} \cdot b \cdot 2 \cdot \text{tg } \alpha =$$

б) из условия смятия врубки

$$P = R_{\text{см}}^{\alpha} \cdot h_{\text{вр}} \cdot b \cdot 2 \cdot tg \alpha =$$

в) из условия разрыва нижнего элемента в ослабленном сечении

$$P = R_p \cdot b \cdot (h_n - h_{\text{вр}}) \cdot 2 \cdot tg \alpha =$$

где  $R_p = 10,5 \cdot 1 = 10,5$  МПа – расчетное сопротивление растяжению вдоль волокон.

При разрыве в ослабленном сечении  $P$  определяется из формулы внецентренного растяжения:

$$\sigma = \frac{N_p}{F_{\text{вр}}} + \frac{M \cdot R_p}{W_{\text{расч}} \cdot R_{\text{и}}} \leq R_p$$

где  $R_{\text{и}} = 19,5 \cdot 1 = 19,5$  МПа – расчетное сопротивление изгибу.

$$F_{\text{нт}} = b_n (h_n - h_{\text{вр}}) =$$

$$e' = \frac{h_n}{2} - \frac{h_n - h_{\text{вр}}}{2} = \frac{h_{\text{вр}}}{2} =$$

$$M = N_p \cdot e' = N_p \cdot \frac{h_{\text{вр}}}{2}$$

$$W_{\text{расч}} = \frac{b(h_n - h_{\text{вр}})^2}{6} =$$

– момент сопротивления поперечного сечения нижнего пояса фермы.

$$P = N_p = \frac{R_p}{1/F_{\text{нт}} + e' \cdot R_p / W_{\text{расч}} \cdot R_{\text{и}}} \cdot 2 \cdot tg \alpha =$$

г) из условия потери устойчивости наклонного сечения:

$$P = R_c \cdot F_{\text{расч}} \cdot \varphi \cdot 2 \cdot tg \alpha =$$

где  $R_c = 19,5 \cdot 1 = 19,5$  МПа – расчетное сопротивление сжатию.

$$\lambda = \frac{l_{\text{расч}}}{0,289 \cdot b} =$$

если  $\lambda \leq 70$ , то согласно СНиП II-25-80:

$$\varphi = 1 - 0,8 \left( \frac{\lambda}{100} \right)^2 =$$

$$F_{\text{расч}} = b \cdot h_{\text{в}} =$$

Из всех сил  $P$ , вычисленных выше выбирают минимальное значение:

$$P_{\text{min}} =$$

$$P'_{\text{расч.теор}} = \frac{P_{\min}}{k_{\text{дл}}} =$$

где  $k_{\text{дл}} = 0,66$ ;

При скалывании:

$$P_{\text{расч.теор}}^{\text{ск}} = \frac{P'_{\text{расч.теор}}}{k_{\text{однор}}} =$$

При растяжении:

$$P_{\text{расч.теор}}^{\text{р}} = \frac{P'_{\text{расч.теор}}}{k_{\text{однор}}} =$$

$k_{\text{однор}}$  – коэффициент однородности материала (при скалывании 0,7 и 0,27 при растяжении).

Таблица 3.1.

**Журнал испытания фермы на лобовых врубках**

№ этапа загрузки	Нагрузка Р,кН	Индикаторы				$\Delta C=(\Delta C_1+\Delta C_2)/2$	перемещение соединения,м М	Индикаторы			
		И1		И2				И3		И4	
		C <sub>1</sub>	$\Delta C_1$	C <sub>2</sub>	$\Delta C_2$			C <sub>3</sub>	$\Delta C_3$	C <sub>4</sub>	$\Delta C_4$
1	0	300		300			0,085	450		-450	
2	3	289	-11	328	28	8,5		460	10	-440	10
3	6	289		343	43			469	19	-425	25
4	9	289		359				478		-408	
5	12	289		374				484		-390	
6	15	289		390				488		-370	
7	18	285		410			0,7	488		-350	
8	21	270	-30	470	170	70	-	489	89	-310	140

Необходимо заполнить таблицу 3.1. Значения вычисляются по формулам, аналогичным изложенным в лабораторной работе №1. Некоторые поля уже заполнены для удобства и проверки. Затем строим график. По горизонтальной оси откладывают перемещение соединения в мм, по вертикальной - нагрузку Р.

### 3.5. Обработка результатов испытания



Рисунок 3.4. График зависимости смятия врубki от нагрузки

По показателям индикаторов вычисляем нормальные напряжения в сечениях нижнего пояса при расчетной нагрузке.

При скалывании:  $N_c = \frac{P_{\text{расч.теор}}^{\text{ск}}}{2 \cdot \sin \alpha} =$

При растяжении:  $N_p = \frac{P_{\text{расч.теор}}^{\text{р}}}{2 \cdot \sin \alpha} =$

$$\sigma_{\text{ск}} = \frac{N_c}{l_{\text{ск}} \cdot b} =$$

$$\sigma_{\text{р}} = \frac{N_p}{(h_n - h_{\text{вр}}) \cdot b} =$$

Прибор электронный измеритель деформаций АИД-2М с компенсирующим устройством с выходом шкалы  $\Delta C_{3;4} \cdot 10^{-5}$ .

### 3.6. Сравнение теоретических и экспериментальных величин и анализ результатов испытания.

При скалывании

$$\frac{P_{\text{max}}}{P_{\text{расч.теор}}} =$$

где  $P_{\text{max}} = 21 \text{ кН}$ ;

$$\frac{\Delta_{\text{см.оп.}}}{\Delta_{\text{см.теор.}}} =$$



где  $\Delta_{\text{см.оп.}}$  - значение, которое берется из таблицы 3.1 (перемещение соединения максимальное);  $\Delta_{\text{см.теор.}} = 1,5 \text{ мм}$ .

### 3.7. Выводы

Запас прочности при скалывании в этом опыте \_\_\_\_\_.

Максимальное наблюдаемое перемещение составляет \_\_\_\_\_ от допустимого.

### 3.8. Контрольные вопросы

1. В каких пределах должны находиться  $h_{\text{вр}}$  и  $l_{\text{ск}}$ ?
2. Как необходимо центрировать лобовые врубки с одним зубом?
3. Чему равняется предельная деформация смятия в лобовой врубке?
4. Из каких условий определяют расчетную несущую способность лобовой врубки?
5. Как определить среднее скалывающее напряжение, действующего по длине площадки скалывания?
6. Для чего нужны в опорном узле аварийный болт, подферменная подкладка, опорная подушка?
7. Причины расхождения между опытными и теоретическими величинами?  
Теоретические — идеализированные. В опытных — анизотропность свойств древесины, пороки.

### Список использованных источников

1. Калугин, А. В. Деревянные конструкции: учебное пособие для вузов / А. В. Калугин. - 2-е изд., испр. и доп. - М.: АСВ, 2008. - 288 с.: ил.  
<http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785930935691.html>, по паролю
2. Гринь, И.М. Строительные конструкции из дерева и синтетических материалов: проектирование и расчет: учебное пособие для вузов / И.М. Гринь, К.Е. Джан-Темиров, В.И. Гринь. - 4-е изд., стер. - Москва: Альянс, 2013. - 222 с.: ил.

3. Бойтемиров Ф.А. Конструкции из дерева и пластмасс / Ф.А. Бойтемиров,. - М.: Издательский центр «Академия», 2013 - 288 с.: ил. Библиогр. в конце кн. – ISBN 978-5-7695-9536-3

4. Вдовин В.М. «Конструкции из дерева и пластмасс. Проектирование деревянных ферм»: учеб. пособие для вузов / В.М. Вдовин, - 2-е изд., испр. и доп. - М.: Юрайт, 2017. – 154 с.: ил. Библиогр. в конце кн. – ISBN 9785534046151

5. С.А. Малбиев. Конструкции из дерева и пластмасс. Легкие несущие и ограждающие конструкции покрытий из эффективных материалов. – М.: , 2015. – 216 с.: ил. - Библиогр. в конце кн. – ISBN 978-5-903178-40-7

6. СП 64.13330.2017 Деревянные конструкции. Актуализированная редакция СНиП II-25-80 Дата введения 06.07.2017, М., 2017. - 97 с.

7. СП 20.13330.2016 Нагрузки и воздействия. Актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85\* Дата введения 04.06.2017, М., 2016. - 135 с.