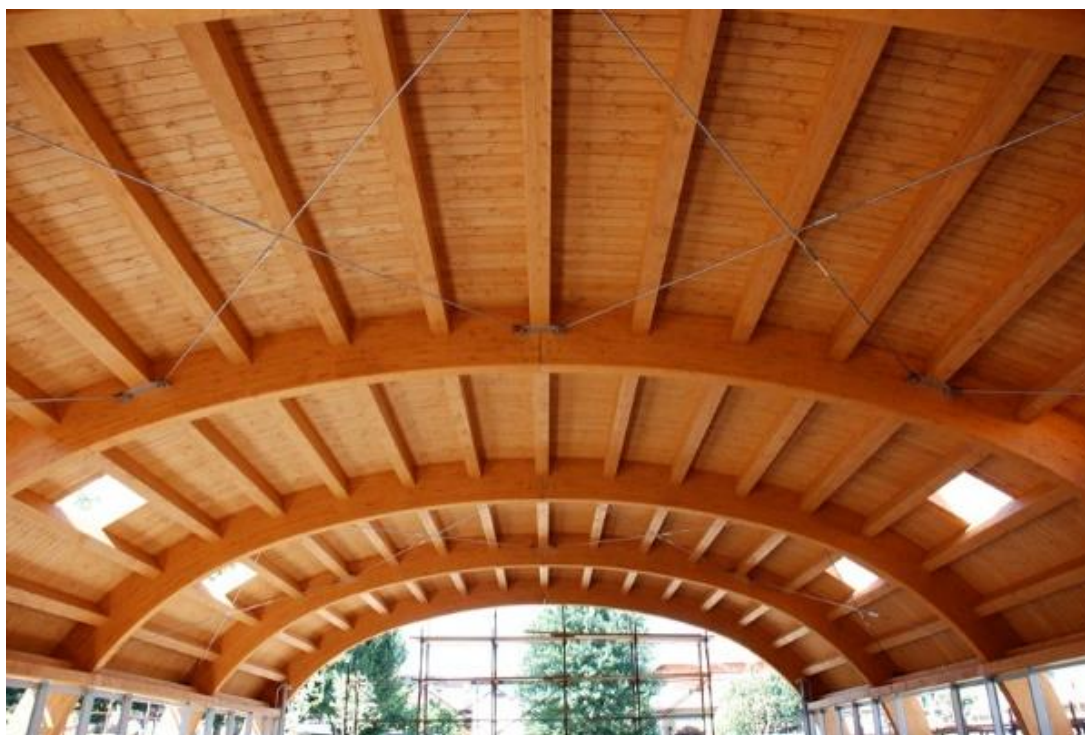


МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ
«БРЕСТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
КАФЕДРА СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
к выполнению лабораторных работ по дисциплине
«Основы проектирования, диагностики и обследования
конструкций из дерева и пластмасс»
для студентов специальности 70 02 02
Экспертиза и управление недвижимостью
дневной формы обучения



Методические указания предназначены для выполнения лабораторных занятий по дисциплине «Основы проектирования, диагностики и обследования конструкций из дерева и пластмасс» для студентов специальности 70 02 02 Экспертиза и управление недвижимостью высшего образования I ступени дневной формы обучения. Тематика лабораторных работ соответствует учебной программе дисциплины «Основы проектирования, диагностики и обследования конструкций из дерева и пластмасс».

Составители: Жук В. В., к. т. н., доцент, доцент кафедры строительных конструкций;
Захаркевич И. Ф., к. т. н., доцент, доцент кафедры строительных конструкций;
Маркечко Е. В., старший преподаватель кафедры строительных конструкций

Рецензенты: Деркач В. Н., директор филиала РУП «Институт БелНИИС» – Научно-технический центр, д. т. н.;
Черноиван Н. В., к. т. н., доцент, доцент кафедры прикладной механики

ОГЛАВЛЕНИЕ

ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ	4
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1 ОПРЕДЕЛЕНИЕ МОДУЛЯ УПРУГОСТИ И ПРОЧНОСТИ ДРЕВЕСИНЫ ПРИ СТАТИЧЕСКОМ ИЗГИБЕ	5
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2 ИСПЫТАНИЕ СОЕДИНЕНИЙ ДЕРЕВЯННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ НА МЕХАНИЧЕСКИХ СВЯЗЯХ.....	8
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3 ИСПЫТАНИЕ СОСТАВНОГО ЭЛЕМЕНТА НА ПОДАТЛИВЫХ СВЯЗЯХ НА СТАТИЧЕСКИЙ ИЗГИБ.....	12
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4 ИСПЫТАНИЕ КЛЕЕФАНЕРНОГО ЭЛЕМЕНТА НА СТАТИЧЕСКИЙ ИЗГИБ	19
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	23

ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ

Выполнение лабораторных работ позволяет ознакомиться с основными механическими характеристиками древесины при наиболее распространенных видах напряженного состояния, способствует более глубокому пониманию действительной работы соединений и конструкций из древесины, облегчает оценку прочности и деформативности конструкций, а также прививает студентам навыки в проведении экспериментальных исследований.

Перед началом каждой лабораторной работы студент должен ознакомиться с методикой ее выполнения.

До начала испытаний на основании замеров устанавливаются фактические размеры образцов. Показания приборов заносятся в соответствующие графы таблиц журнала испытаний.

Определение теоретической несущей способности соединений и конструкций проводится до начала испытаний.

В процессе испытания проводятся наблюдения за изменениями в образцах (появление треска, трещин, перекоса и т. п.), фиксируемые в журнале испытаний с отметкой времени.

Составляется заключение о результатах испытаний, в котором дается сравнение величин, полученных опытным путем, с нормативными значениями, со значениями, полученными теоретически. Анализируются причины отклонений между этими величинами.

Все вычисления производятся после подстановки в формулы исходных данных.

При защите лабораторных работ студент должен ответить на вопросы, связанные с понятием определяемых величин, методикой проведения испытаний и т. д.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1

ОПРЕДЕЛЕНИЕ МОДУЛЯ УПРУГОСТИ И ПРОЧНОСТИ ДРЕВЕСИНЫ ПРИ СТАТИЧЕСКОМ ИЗГИБЕ

I. Цель работы:

1. *Определить модуль упругости древесины.*
2. *Определить прочность древесины.*
3. *Ознакомиться с методикой определения механических характеристик древесины и с приборами, используемыми при испытаниях.*

II. Методика проведения испытания

Для испытаний изготавливают образцы, которые имеют форму брусков размерами 20x20x300 мм, так, чтобы годовые кольца на торцах были параллельными паре граней. Перед испытанием на середине длины образца измеряют штангенциркулем по ГОСТ 166-80 с точностью до 0,1 мм его ширину и высоту.

При испытаниях образец помещают на неподвижные закругленные опоры радиусом 25 мм. К верхнему захвату испытательной машины прикреплен траверса с двумя валиками с таким же радиусом, как и опоры. Для измерения прогиба в зоне чистого изгиба устанавливают индикатор часового типа (рисунок 1.1).

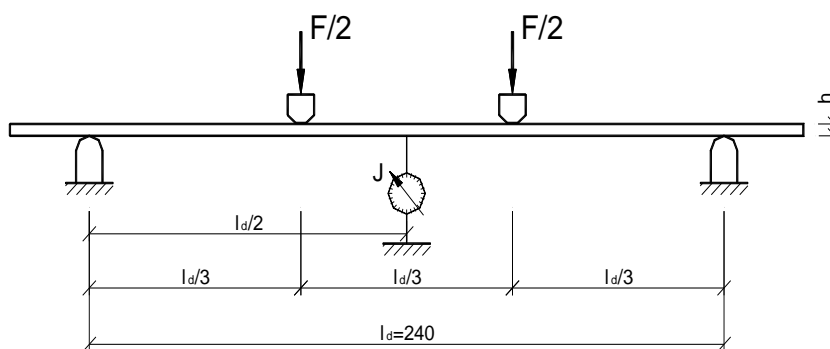


Рисунок 1.1 – Схема испытания образца

Нагрузку на образец прикладывают при постоянной скорости перемещения нагружающего элемента. Скорость должна быть такой, чтобы продолжительность нагружения образца до максимального значения нагрузки составляла не менее 2 и не более 5 минут.

Когда нагрузка достигнет 800 Н, плавно разгружают образец до 200 Н, после чего образец вновь нагружают до 800 Н и разгружают до 200 Н. При последующих трех нагружениях, в момент достижения нагрузки 300 и 800 Н измеряют прогиб с точностью до 0,01 мм. Отсчеты по индикатору заносят в таблицу 1.1. По результатам полученных данных определяют модуль упругости.

После циклического нагружения прикладывают ступенчатую нагрузку через 200 Н для определения прочности при изгибе и построения графика зависимости деформаций от напряжений $f_m^{w,T} - \Delta u$. В стадии разрушения фиксируют величину нагрузки.

После испытания с помощью электровлагомера определяют влажность образца, фиксируют температуру воздуха в лаборатории.

Результаты испытаний и вычислений заносят в таблицу 1.2.

где ΔF – приращение нагрузки при циклическом нагружении, кН;

l_d – расстояние между центрами опор, см;

b – ширина образца, см;

h – высота образца, см;

$\Delta_{\text{ср}}$ – среднее арифметическое значение приращения прогиба в зоне чистого изгиба, см;

C_v – коэффициент изменчивости, равный 0,175;

α – поправочный коэффициент, равный 0,04;

β – поправочное число на температуру, равное 4,5 МПа.

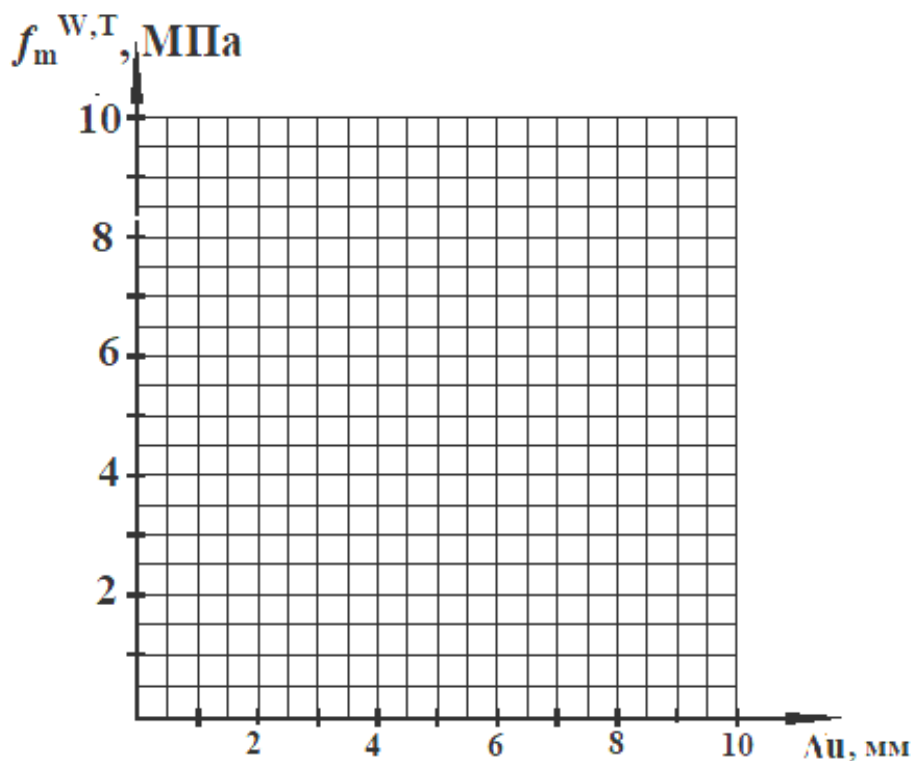


Рисунок 1.2 – Зависимость деформаций от напряжений $f_m^{W,T} - \Delta u$ при статическом изгибе

Рисунок 1.3 – Характер разрушения образца

Выводы:

Вопросы для самоподготовки

1. Что такое модуль упругости?
2. Что такое характеристическое значение прочности древесины и как оно определяется?
3. Что характеризует коэффициент изменчивости и от чего он зависит?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2 ИСПЫТАНИЕ СОЕДИНЕНИЙ ДЕРЕВЯННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ НА МЕХАНИЧЕСКИХ СВЯЗЯХ

I. Общие сведения

Соединения элементов представляют собой важнейшую часть несущих деревянных конструкций, от прочности которых непосредственно зависит надежная служба конструкций. Одним из видов соединения элементов деревянных конструкций являются соединения на механических связях, к которым относятся болты, шпильки, гвозди, шурупы, глухари, шайбы шпоночного типа, нагельные и металлические зубчатые пластины.

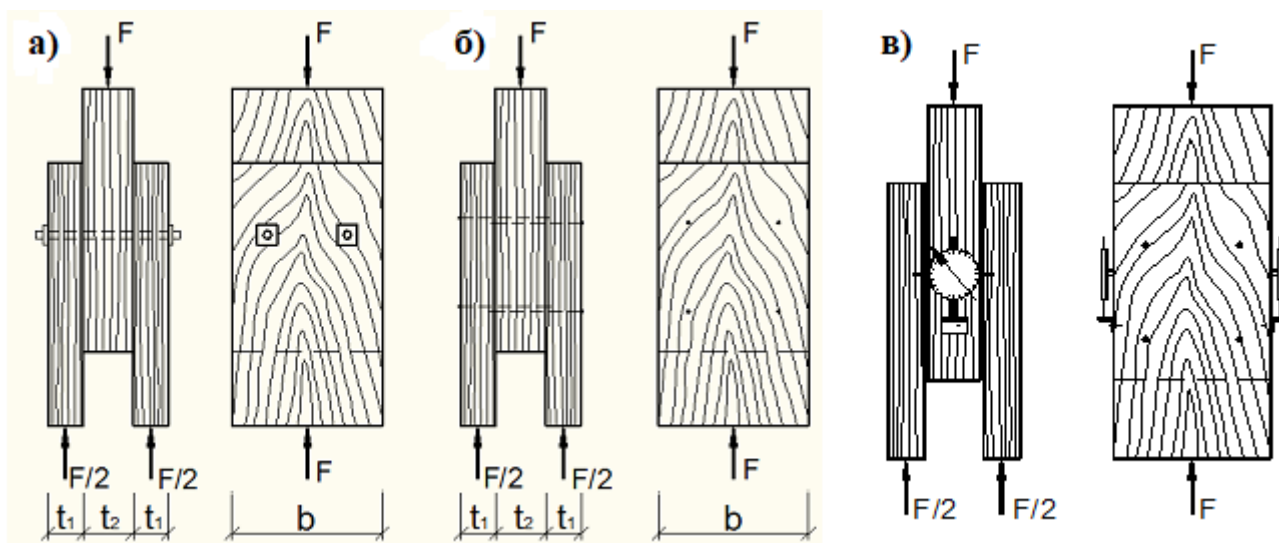
Испытание образцов соединений деревянных конструкций необходимо для выяснения основных характеристик его работы под нагрузкой.

II. Цель работы:

1. *Определить максимальную несущую способность соединения и характер деформации разрушения.*
2. *Определить величину деформаций соединения.*
3. *Построить график зависимости деформаций сдвига от нагрузки.*

III. Методика проведения испытаний

Для испытаний изготавливают образцы соединений на стальных стержнях (шпильках) и обычных гвоздях из стальной проволоки. Форма и размеры образцов приведены на рисунке 2.1 а, б. Испытание образцов проводится на разрывной машине Р-10.



а) соединение на шпильках; б) соединение на гвоздях; в) схема установки индикаторов

Рисунок 2.1 – Схема испытания и эскизы образцов

Испытание ведется непрерывно с постоянной скоростью, равной примерно 300 Н/сек. Отсчеты по индикатору фиксируют в тот момент, когда нагрузка достигает соответствующей ступени, и заносятся в таблицу 2.1. Установка индикаторов часового типа показана на рисунке 2.1 в. Величину разрушающей нагрузки устанавливают по силоизмерителю машины, когда при непрерывном росте деформаций нагрузка не увеличивается.

Результаты испытаний элементов деревянных конструкций на шпильках и гвоздях сводятся в таблицу 2.2.

Таблица 2.1– Показания индикаторов при испытаниях соединений

№ п/п	На шпильках			На гвоздях		
	Ступени нагрузки F, кН	Отсчеты по индикатору		Ступени нагрузки F, кН	Отсчеты по индикатору	
		U, мм	ΔU, мм		U, мм	ΔU, мм
1	2	3	4	5	6	7
0	0			0		
1	2			1		
2	4			2		
3	6			3		
4	8			4		
5	10			5		
6	12			6		
7	14			7		
8	16			8		
9	18			9		
10	20			10		

Таблица 2.2 – Результаты испытаний соединений

Показатели	на шпильках	на гвоздях
1	2	3
Порода древесины		
Класс прочности древесины	C27	C27
Толщина соединяемых элементов, мм:		
– крайних	t ₁ =	t ₁ =
– среднего	t ₂ =	t ₂ =
Диаметр нагеля d, мм		
Характеристическое значение плотности древесины пиломатериала для класса прочности C27, таблица 6.2 [1]	$\rho_k = 370 \text{ кг/м}^3$	$\rho_k = 370 \text{ кг/м}^3$
Характеристическое значение сопротивления древесины при вдавливании плашмя:		
– шпильки, таблица 9.6 [1]	$f_{h.1.k} = f_{h.2.k} = 0.082(1 - 0.01d) \cdot \rho_k =$	$f_{h.1.k} = f_{h.2.k} = 0.082 \cdot \rho_k \cdot d^{-0.3} =$
– гвоздя для соединений из древесины без предварительного сверления отверстий, таблица 9.5 [1]		
Прочность материала нагеля на растяжение	$f_{u.k} = 360 \text{ Н/мм}^2$	$f_{u.k} = 600 \text{ Н/мм}^2$
Характеристическое значение момента, вызывающего образование пластического шарнира в поперечном сечении:		
– шпильки, формула 9.35 таблицы 9.4 [1]	$M_{y,Rk} = 0,3 f_{u.k} \cdot d^{2.6} =$	$M_{y,Rk} = 0,3 f_{u.k} \cdot d^{2.6} =$
– гвоздя, формула 9.32 таблицы 9.4 [1]		

Продолжение таблицы 2.2		
1	2	3
Характеристическое значение несущей способности для одного среза нагеля, Н:	$F_{V,Rk} = f_{h,1,k} \cdot t_1 \cdot d =$ $F_{V,Rk} = 0.5 f_{h,2,k} \cdot t_2 \cdot d =$ $F_{V,Rk} = 1,05 \cdot \frac{f_{h,1,k} \cdot t_1 \cdot d}{2 + \beta} \times$ $\times \left[\sqrt{2\beta(1+\beta) + \frac{4 \cdot \beta \cdot (2+\beta) \cdot M_{y,Rk}}{f_{h,1,k} \cdot t_1^2 \cdot d}} - \beta \right]$ $=$ $F_{V,Rk} = 1.15 \sqrt{\frac{2 \cdot \beta}{1 + \beta}} \cdot \sqrt{2 \cdot M_{y,Rk} \cdot f_{h,1,k} \cdot d}$ $=$	$F_{V,Rk} = f_{h,1,k} \cdot t_1 \cdot d =$ $F_{V,Rk} = 0.5 f_{h,2,k} \cdot t_2 \cdot d =$ $F_{V,Rk} = 1,05 \cdot \frac{f_{h,1,k} \cdot t_1 \cdot d}{2 + \beta} \times$ $\times \left[\sqrt{2\beta(1+\beta) + \frac{4 \cdot \beta \cdot (2+\beta) \cdot M_{y,Rk}}{f_{h,1,k} \cdot t_1^2 \cdot d}} - \beta \right]$ $=$ $F_{V,Rk} = 1.15 \sqrt{\frac{2 \cdot \beta}{1 + \beta}} \cdot \sqrt{2 \cdot M_{y,Rk} \cdot f_{h,1,k} \cdot d}$ $=$
Минимальное характеристическое значение несущей способности для одного среза нагеля, Н	$F_{V,Rk,min} =$	$F_{V,Rk,min} =$
Минимальное расчетное значение несущей способности для одного среза нагеля, Н	$F_{V,Rd,min} = \frac{k_{mod} \cdot F_{v,Rk,min}}{\gamma_M} =$	$F_{V,Rd,min} = \frac{k_{mod} \cdot F_{v,Rk,min}}{\gamma_M} =$
Расчетное значение несущей способности соединения, Н	$F_{V,Rd} = F_{V,Rd,min} \cdot n_{ef} \cdot n_s =$	$F_{V,Rd} = F_{V,Rd,min} \cdot n_{ef} \cdot n_s =$
Разрушающая нагрузка, Н		
Нагрузка при деформации сдвига $\delta = 2$ мм, Н	$F =$	$F =$

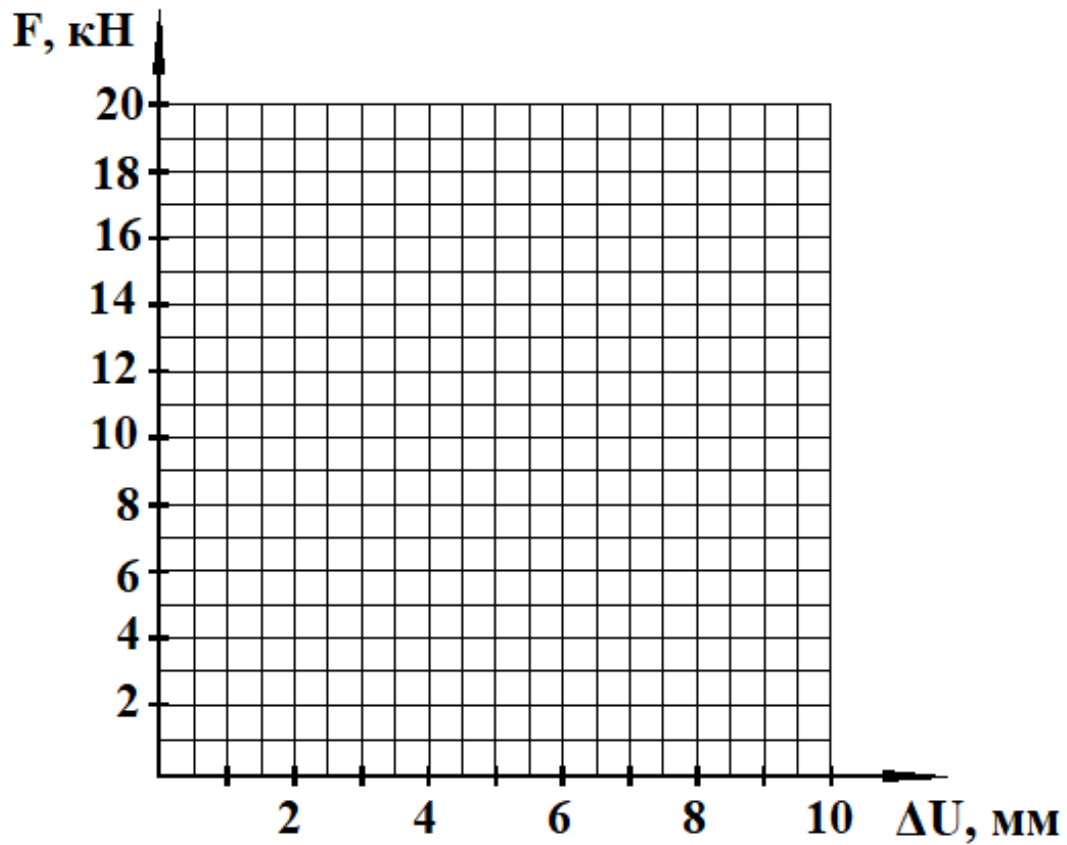
где $\beta = \frac{f_{h,2,k}}{f_{h,1,k}} =$;

$k_{mod} = 0.6$ – коэффициент модификации, таблица 5.4 [1];

$\gamma_M = 1,3$ – частный коэффициент свойств материала соединения, таблица 5.6 [1];

n_{ef} – число нагелей;

n_s – число плоскостей сдвига.



а) – на шпильках; б) – на гвоздях

Рисунок 2.2 – Зависимость деформаций от нагрузки

а) – на шпильках; б) – на гвоздях

Рисунок 2.3 – Характер разрушения образцов

Выводы:

Вопросы для самопроверки

1. Как определяется расчетная несущая способность нагеля на один шов сплачивания в соединениях деревянных элементов?
2. Как располагаются нагели в соединениях деревянных элементов на гвоздях и шпильках?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3

ИСПЫТАНИЕ СОСТАВНОГО ЭЛЕМЕНТА НА ПОДАТЛИВЫХ СВЯЗЯХ НА СТАТИЧЕСКИЙ ИЗГИБ

I. Общие сведения

Из-за ограниченности сортамента пиломатериалов в деревянных конструкциях применяют составные сечения из досок или брусьев, соединенных между собой различными связями: гвоздями, болтами, шпонками и т. п. Такие связи воспринимают сдвигающие усилия и препятствуют взаимному сдвигу отдельных ветвей составного сечения, обеспечивая их совместную работу.

Так как все виды механических соединений обладают податливостью, то в составных элементах под нагрузкой также происходит частичное смещение отдельных ветвей вдоль рабочих швов. Вследствие этого составные элементы имеют меньшую несущую способность, чем такие же по площади элементы цельного сечения. Особенность расчета составных элементов на податливых связях заключается в учете их податливости. Расчет производится по формулам для элементов цельного сечения с учетом поправочных коэффициентов к геометрическим характеристикам сечения. Для изгибаемого составного элемента на податливых связях геометрические характеристики будут равны:

$$W_{ef} = k_w \cdot W_d ;$$

$$I_{ef} = k_i \cdot I_{br} ,$$

где W_d , I_{br} – расчетный момент сопротивления и момент инерции брутто поперечного сечения элемента относительно нейтральной оси соответственно, определяемые как для цельного сечения;

k_w – коэффициент, учитывающий изменение момента сопротивления для составных балок на податливых соединениях;

k_i – коэффициент, учитывающий изменение момента инерции для составных балок на податливых соединениях.

Число связей на половине пролета определяется по формуле

$$n_n = \frac{T_{v,d}^{1/2}}{F_{v,Rd,min}} ,$$

где $T_{v,d}^{1/2}$ – полное сдвигающее усилие на участке от опоры до сечения с наибольшим моментом

$$T_v^{1/2} d = \frac{S_{br}}{I_{br}} \int_0^{1/2} V \cdot d_x = M_{max} \frac{S_{br}}{I_{br}} ;$$

$F_{v,Rd,min}$ – минимальное значение несущей способности одного среза нагеля в соединении;

M_{max} – максимальный изгибающий момент;

S_{br} – статический момент брутто сдвигаемой части поперечного сечения относительно нейтральной оси;

I_{br} – момент инерции брутто поперечного сечения элемента относительно нейтральной оси.

II. Цель работы:

1. Определить величину и характер распределения нормальных напряжений по высоте поперечного сечения цельного и составного элементов.

2. Построить графики прогибов цельного и составного элементов и сделать их сопоставительный анализ. Построить график деформаций сдвига для составного элемента и определить требуемое количество связей.

3. Для составного элемента определить экспериментальные значения коэффициентов k_w , k_i .

III. Методика проведения испытаний

В работе проводится испытание на статический изгиб одновременно двух элементов – Б1 и Б2. Элемент Б1 имеет цельное сечение, а элемент Б2 представляет собой составное сечение из двух брусков, соединенных по высоте с помощью гвоздей (рисунок 3.1).

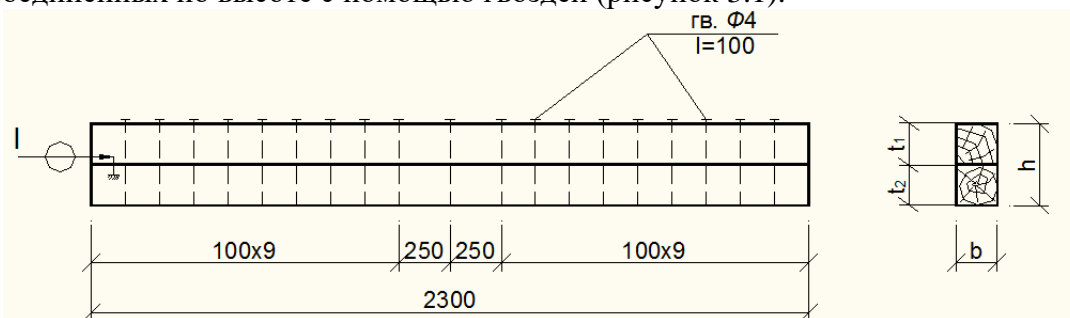


Рисунок 3.1 – Схема расстановки связей в элементе Б2

Оба элемента имеют одинаковые размеры и испытываются одинаковой нагрузкой. Нагружение осуществляется двумя сосредоточенными силами в третях пролета при помощи испытательных грузов (рисунок 3.2). Прогибы элементов посередине пролета определяются при помощи прогибомеров П1 и П2.

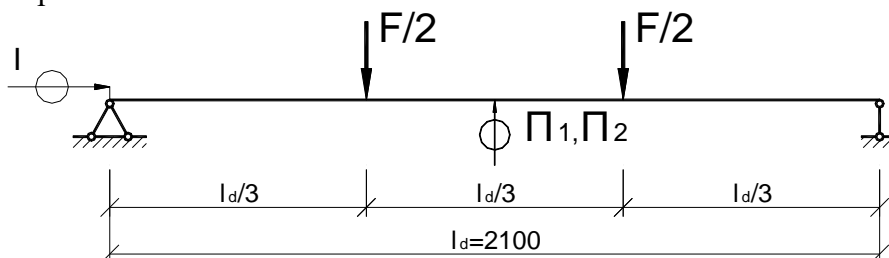
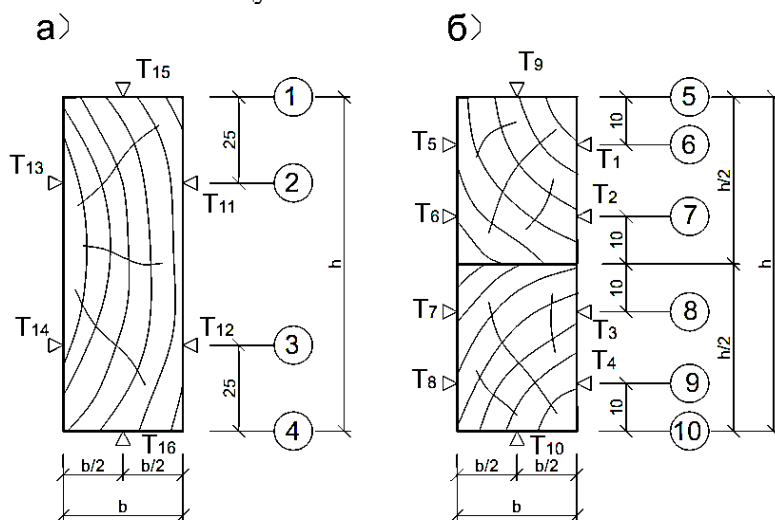


Рисунок 3.2 – Схема испытания элементов Б1 и Б2

Для определения относительных деформаций по сечениям элементов в средней части наклеены тензорезисторы (рисунок 3.3). Отчеты по тензорезисторам осуществляются в автоматическом режиме при помощи специального тензометрического комплекса ТИССА. На опорном участке элемента Б2 установлен индикатор I для измерения деформаций сдвига брусков в месте их соединения. Нагружение каждого элемента осуществляется ступенями $\Delta F = 0,2$ кН и доводится до максимальной нагрузки $F = 1$ кН, что соответствует упругой области работы обоих элементов. Приращение показателей тензорезисторов заносятся в таблицу 3.1. Отсчеты по прогибомерам и индикатору снимаются на каждой ступени нагружения и заносятся в таблицу 3.2.



а) элемент цельного сечения Б1; б) составной элемент Б2

Рисунок 3.3 – Схема расстановки тензорезисторов

Таблица 3.1 – Результаты экспериментальных исследований

№№ тензорезисторов	$\Delta T, \times 10^{-5}$	Сечения элемента	Относительные деформации $\varepsilon, \times 10^{-5}$	Нормальные напряжения $\sigma_i = \varepsilon \cdot E_0, \text{ МПа}$
1	2	3	4	5
T ₁		1		
T ₂		2		
T ₃		3		
T ₄		4		
T ₅		5		
T ₆		6		
T ₇		7		
T ₈		8		
T ₉		9		
T ₁₀		10		
T ₁₁				
T ₁₂				
T ₁₃				
T ₁₄				
T ₁₅				
T ₁₆				

Таблица 3.2 – Показания приборов при нагружении элементов

Ступени нагруж. F, кН	Элемент Б1			Элемент Б2			
	Прогибомер П1		Прогиб U, мм	Прогибомер П2		Индикатор I, мм	Деформации сдвига V, мм
	U, мм	$\Delta U, \text{ мм}$		U, мм	Прогиб $U_{ef}, \text{ мм}$		
1	2	3	4	5	6	7	8
0							
0,2							
0,4							
0,6							
0,8							
1							

IV. Обработка результатов испытания

В каждом сечении элементов (сечения на рисунке 3.3 обозначены цифрами в кружочках) определяются относительные деформации как среднее арифметическое ΔT тех тензорезисторов, которые находятся в данном сечении. Нормальные напряжения в указанных сечениях вычисляются после определения модуля упругости древесины по формуле таблицы 3.3 с использованием данных таблицы 3.2 (графа 3).

В таблице 3.2 значения ΔU (графа 3) определяются как разница между смежными показаниями, соответствующими $\Delta F = 0,2$ кН. Значения прогибов и деформаций сдвига (графы 4,6,8) определяются как приращения по отношению к нулевой степени нагружения.

По значениям нормальных напряжений (экспериментальные – таблица 3.1, теоретические – таблица 3.3) строятся эпюры для элементов Б1 и Б2, а по значениям деформаций (таблица 3.2) графики прогибов и сдвига при увеличении нагрузки $F = 0 - 1$ кН.

В таблице 3.3:

$$W_d = b \cdot h^2 / 6 =$$

– расчетный момент сопротивления поперечного

сечения цельного элемента;

$W_{d.c.} = b \cdot h^2 / 12 =$ – расчетный момент сопротивления поперечного сечения составного элемента при отсутствии связей.

Таблица 3.3 – Результаты испытаний

Показатели	Расчеты
1	2
Класс прочности древесины	C27
Расчетный пролет	$I_d =$
Размеры, мм – элемента, Б1	$b =$ $h =$
– элемента, Б2	$b =$ $h = t_1 + t_2 =$
Модуль упругости древесины, МПа	$E_0 = \frac{23 \cdot \Delta F \cdot l_d^3}{108 \cdot b \cdot h^3 \cdot \Delta U_{cp}} =$
Максимальные теоретические напряжения при $F = 1$ кН в цельном элементе Б1, МПа	$\sigma_{max} = \frac{M_{max}}{W_d} =$
Максимальные теоретические напряжения при $F = 1$ кН в составном элементе Б2 (при отсутствии связей), МПа	$\sigma_{0,max} = \frac{M_{max}}{W_{d.c.}} =$
Поправочные коэффициенты для составного элемента Б2: – к моменту сопротивления – к моменту инерции	$k_w = \frac{\sigma_{ef}}{\sigma} =$ $k_i = \frac{U}{U_{ef}} =$
Требуемое количество связей на половине пролета составного элемента Б2	$n_n = \frac{M_{max} \cdot S_{br}}{I_{br} \cdot F_{V,Rd,min}} =$
Фактическое количество связей (гвоздей) на половине пролета	$n_n =$

Используя эпюры экспериментальных значений (рисунки 3.4 и 3.5) определяют средние значения нормальных напряжений:

– для сечения цельного элемента Б1:

$$\sigma = \frac{|\sigma_c| + |\sigma_t|}{2} =$$

, где σ_c и σ_t – значение нормальных напряжений в

сечении 1 и 4 соответственно (см. рисунок 3.3а);

– для сечения составного элемента Б2:

$$\sigma_{ef} = \frac{|\sigma_1| + |\sigma_2| + |\sigma_3| + |\sigma_4|}{4} =$$

, где $\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3,$ и σ_4 – значение

нормальных напряжений в сечении 5, 10 и по плоскости соединения элементов балки (см. рисунок 3.3б и 3.5).

Определяют характеристические значения несущей способности гвоздя в соединении $F_{V,Rk}$ по ниже приведенным формулам:

1) $F_{V,Rk} = f_{h,1,k} \cdot t_1 \cdot d =$

2) $F_{V,Rk} = f_{h,2,k} \cdot t_2 \cdot d =$

3) $F_{V,Rk} = \frac{f_{h,1,k} \cdot t_1 \cdot d}{1 + \beta} \cdot \left[\sqrt{\beta + 2 \cdot \beta^2 \cdot \left[1 + \frac{t_2}{t_1} + \left(\frac{t_2}{t_1} \right)^2 \right]} + \beta^3 \cdot \left(\frac{t_2}{t_1} \right)^2 - \beta \cdot \left(1 + \frac{t_2}{t_1} \right) \right] + \frac{F_{ax,Rk}}{4} =$

=

$$4) F_{V,Rk} = 1,05 \cdot \frac{f_{h1,k} \cdot t_1 \cdot d}{2 + \beta} \cdot \left[\sqrt{2\beta(1 + \beta) + \frac{4 \cdot \beta \cdot (2 + \beta) \cdot M_{y,Rk}}{f_{h1,k} \cdot t_1^2 \cdot d}} - \beta \right] + \frac{F_{ax,Rk}}{4} =$$

=

$$5) F_{V,Rk} = \frac{1,05 \cdot f_{h1,k} \cdot t_2 \cdot d}{1 + 2\beta} \cdot \left[\sqrt{2\beta^2(1 + \beta) + \frac{4 \cdot \beta \cdot (1 + 2 \cdot \beta) \cdot M_{y,Rk}}{f_{h1,k} \cdot t_2^2 \cdot d}} - \beta \right] + \frac{F_{ax,Rk}}{4} =$$

=

$$6) F_{V,Rk} = 1,15 \sqrt{\frac{2 \cdot \beta}{1 + \beta}} \cdot \sqrt{2 \cdot M_{y,Rk} \cdot f_{h1,k} \cdot d} + \frac{F_{ax,Rk}}{4} =$$

=

где $f_{h1,k} = f_{h2,k} = 0,082 \cdot \rho_k \cdot d^{0,3} =$

характеристическое значение сопротивления древесины сдавливанию гвоздя плашмя для элемента t_1 , таблица 9.5 [1];

$\rho_k = 370 \text{ кг/м}^3$ – характеристическое значение плотности древесины пиломатериала для класса прочности C27, таблица 6.2 [1];

t_1 – толщина элемента в который забивается гвоздь;

t_2 – величина забитой части гвоздя с острием;

d – диаметр гвоздя;

$$\beta = \frac{f_{h2,k}}{f_{h1,k}} =$$

$$F_{ax,Rk} = f_{ax,Rk} \cdot t_{pen} \cdot d =$$

характеристическое значение несущей способности гвоздя при его выдергивании из элемента соединения, формула (9.72) [1];

$$f_{ax,Rk} = 20 \cdot 10^{-6} \cdot \rho_k^2 =$$

характеристическое значение сопротивления гвоздя выдергиванию из древесины;

$t_{pen} = t_2$ – расчетная длина заземленной части гвоздя со стороны острия;

$$M_{y,Rk} = 0,3 f_u \cdot d^{2,6} =$$

характеристическое значение момента, вызывающего образование пластического шарнира в поперечном сечении гвоздя, формула 9.32 таблицы 9.4 [1];

$f_u = 600 \text{ Н/мм}^2$ – прочность материала гвоздя на растяжение.

Минимальное расчетное значение несущей способности гвоздя равно:

$$F_{V,Rk \min} =$$

Минимальное расчетное значение несущей способности гвоздя определяется по формуле

$$F_{V,Rd,\min} = \frac{k_{\text{mod}} \cdot F_{v,Rk,\min}}{\gamma_M} =$$

где $k_{\text{mod}} = 0,6$ – коэффициент модификации, таблица 5.4 [1];

$\gamma_M = 1,3$ – частный коэффициент свойств материала соединения, таблица 5.6 [1].

Вычисленное значение $F_{V,Rd,\min}$ подставляется в формулу таблицы 3.3 для определения требуемого количества гвоздей в соединении.

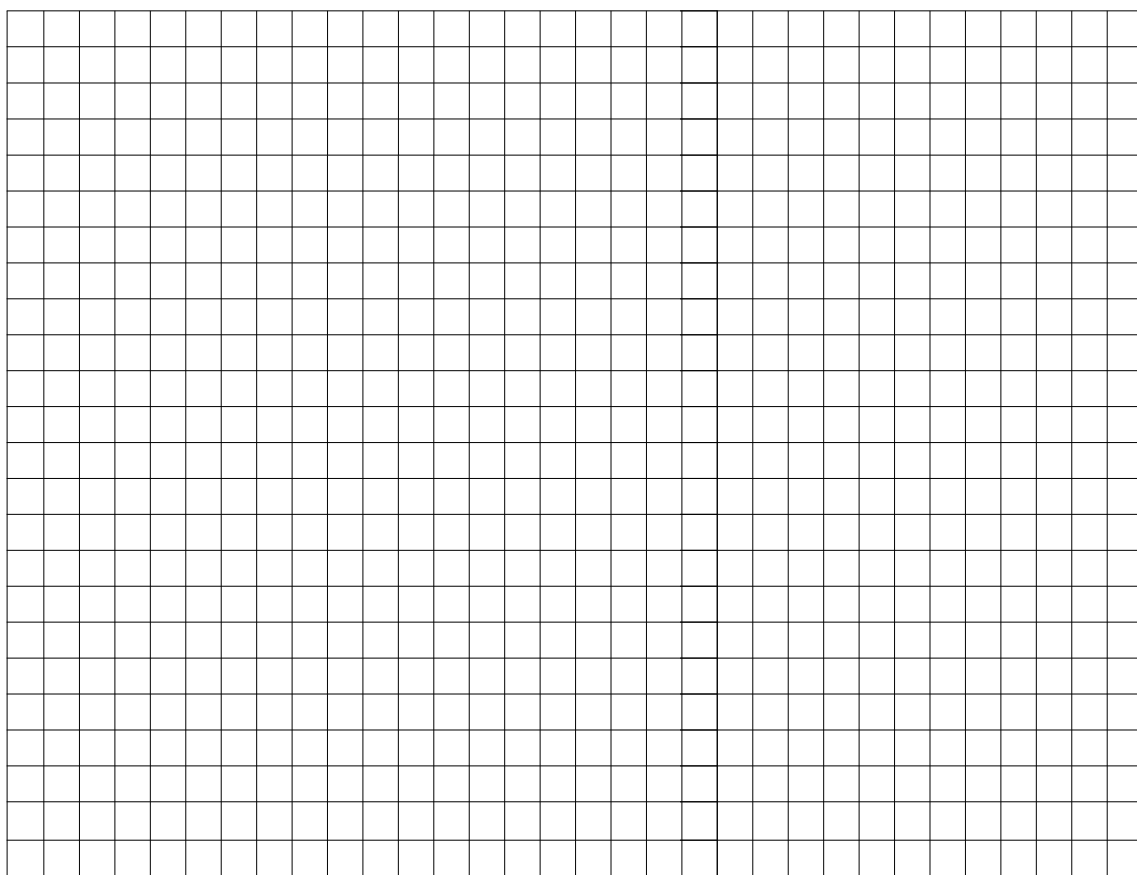


Рисунок 3.4 – Распределение нормальных напряжений по высоте поперечного сечения элемента Б1

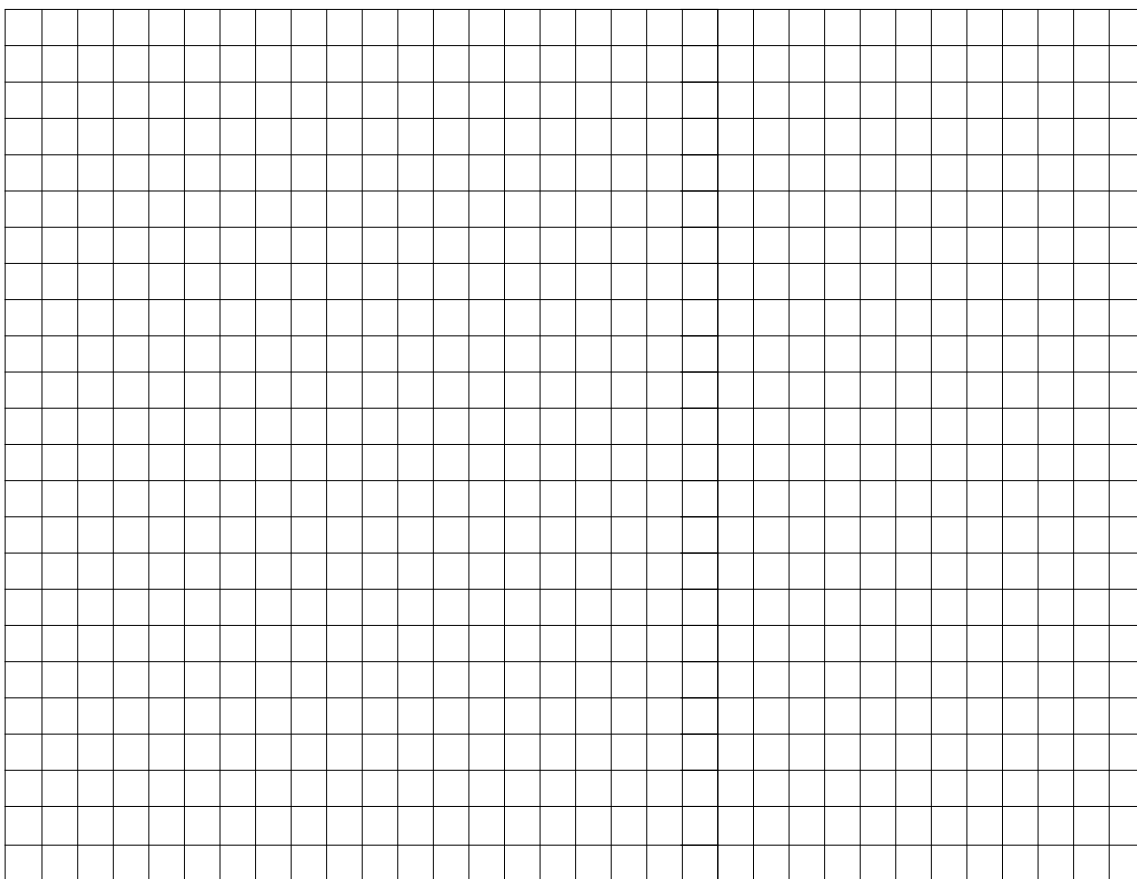
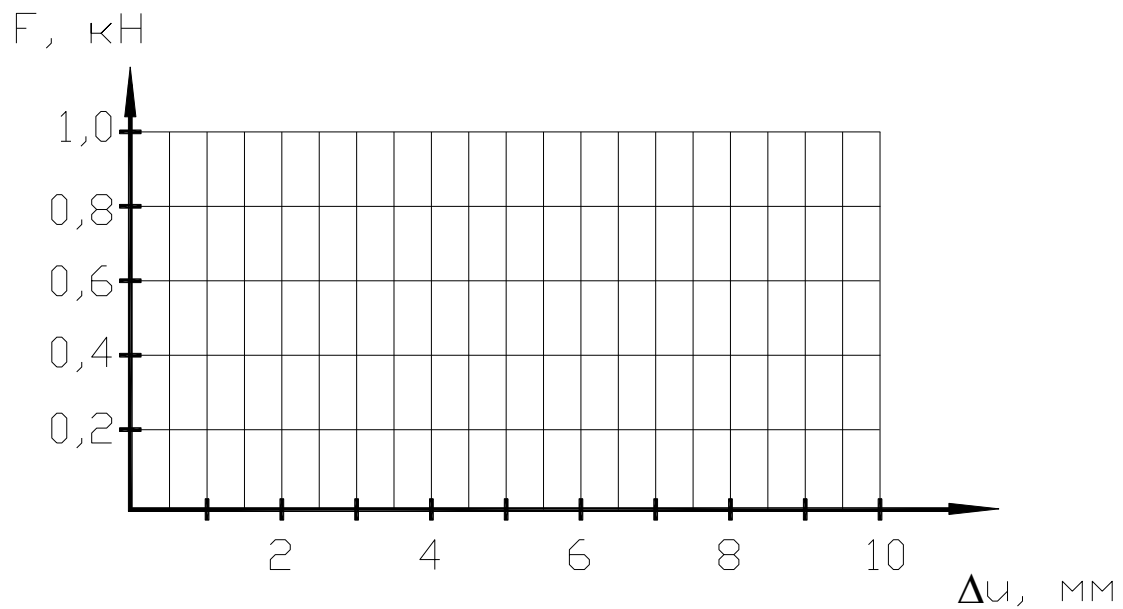


Рисунок 3.5 – Распределение нормальных напряжений по высоте поперечного сечения элемента Б2



а) – для балки цельного сечения; б) – для балки составного сечения
Рисунок 3.6 – Зависимость деформаций от нагрузки

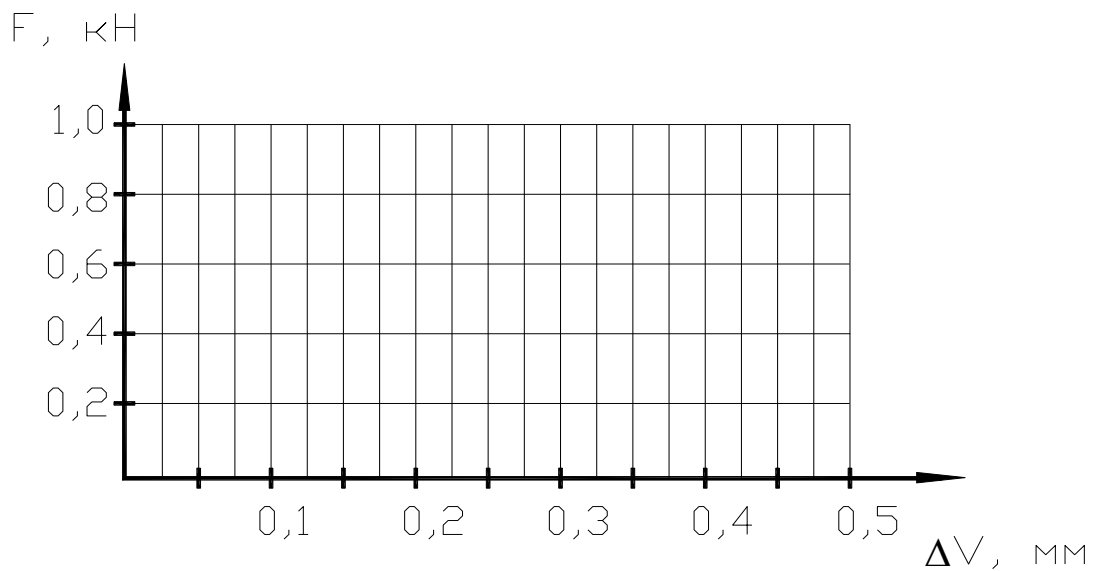


Рисунок 3.7 – Зависимость деформаций сдвига от нагрузки

Выводы:

Вопросы для самоподготовки

1. Почему прогиб балки составного сечения больше, чем балки цельного сечения?
2. В чем заключается особенность расчета балки составного сечения?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4 ИСПЫТАНИЕ КЛЕЕФАНЕРНОГО ЭЛЕМЕНТА НА СТАТИЧЕСКИЙ ИЗГИБ

I. Общие сведения

Клеефанерные плиты и щиты состоят из продольных ребер и фанерных обшивок, соединенных на клею в одно целое и образующих коробчатое или тавровое сечение. Клеефанерные плиты применяются в отапливаемых зданиях и состоят из двух обшивок (верхней и нижней), пространство между которыми заполняется утеплителем. Клеефанерные щиты применяются в неотапливаемых зданиях и состоят только из одной (верхней) обшивки, на которую наклеивается рулонная кровля (рисунок 4.1).

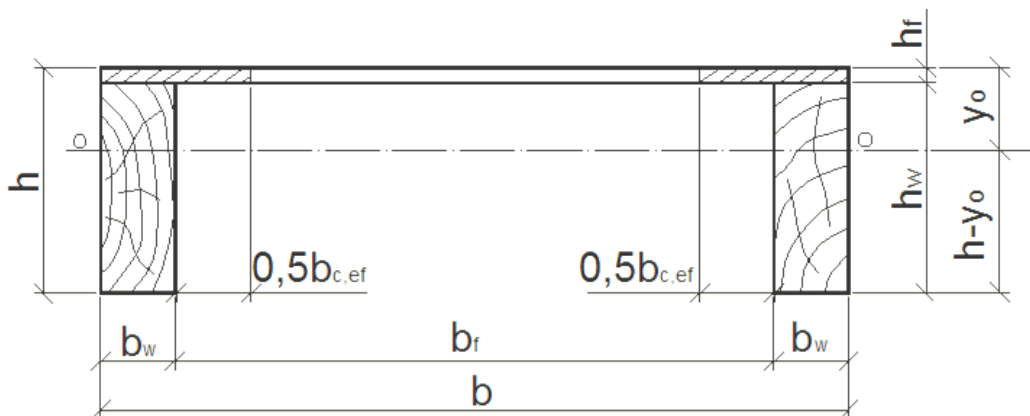


Рисунок 4.1 – Клеефанерный элемент

Расчет клеефанерных конструкций производится в предположении жесткого соединения фанерных обшивок с деревянными ребрами (без учета податливости клеевого шва). Поскольку материалы ребер (древесина хвойных пород) и обшивок (обычно березовая фанера) отличаются по своим физико-механическим характеристикам, то расчет выполняется по приведенным геометрическим характеристикам. Все характеристики приводятся к материалу сжатой обшивки, как наиболее напряженного элемента.

В соответствии с правилами, п. 10.4.3[1] расчетную ширину поперечного сечения сжатой обшивки клеефанерного элемента принимают с учетом неравномерного распределения нормальных напряжений по ширине обшивки и обеспечения её устойчивости:

$$b_{f,c} = 2(b_w + 0,5 \cdot b_{c,ef}) =$$

где $b_{c,ef}$ – максимальное значение, принимаемое по таблице 10.3[1];

$$b_{c,ef} = 20 \cdot h_f =$$

Положение нейтральной оси сечения относительно верхней грани определяют из выражения:

$$y_0 = S_{ef} / A_{ef} =$$

где S_{ef} – приведенный статический момент элемента относительно верхней грани определяемый из выражения

$$S_{ef} = S_p + \left(\frac{E_{w,mean}}{E_{f,mean}} \right) \cdot S_w = b_{f,c} \cdot \frac{h_f^2}{2} + \frac{E_{w,mean}}{E_{f,mean}} \cdot 2 \cdot \left[b_w \cdot h_w \cdot \left(\frac{h_w}{2} + h_f \right) \right] =$$

=

здесь $E_{w,mean}$ – среднее значение модуля упругости материала ребер, таблица 6.2 [1];

$E_{f,mean}$ – среднее значение модуля упругости материала обшивки, таблица 6.5 [1];

A_{ef} – приведенная площадь сечения элемента, определяемая из выражения:

$$A_{ef} = A_f + \left(\frac{E_{w,mean}}{E_{f,mean}} \right) \cdot A_w = b_{c,ef} \cdot h_{ef} + \frac{E_{w,mean}}{E_{f,mean}} \cdot 2 \cdot b_w \cdot h_w =$$

Приведенный момент инерции сечения элемента относительно нейтральной оси определяют из выражения

$$I_{ef} = I_f + \left(\frac{E_{w,mean}}{E_{f,mean}} \right) \cdot I_w = \frac{b_{f,c} \cdot h_f^3}{12} + b_{f,c} \cdot h_f \cdot y_0^2 + \frac{E_{w,mean}}{E_{f,mean}} \cdot 2 \cdot \left[\frac{b_w \cdot h_w^3}{12} + b_w \cdot h_w \cdot \left(h - y_0 - \frac{h_w}{2} \right)^2 \right] =$$

$$=$$

Приведенные моменты сопротивления сечения будут равны:

– относительно верхней грани элемента:

$$W_{f,ef} = \frac{I_{ef}}{y_0} =$$

– относительно нижней грани элемента:

$$W_{w,ef} = \frac{I_{ef}}{h - y_0} =$$

II. Цель работы:

1. *Определить величину и характер распределения нормальных напряжений по высоте и ширине поперечного сечения элемента (экспериментально и теоретически).*
2. *Построить график прогиба элемента от испытательной нагрузки и сопоставить с теоретическим значением прогиба.*

III. Методика проведения испытаний

В работе проводится испытание клефанерного элемента, который является фрагментом клефанерного щита и состоит из двух продольных ребер и приклеенной к ним фанерной обшивки. Нагружение элемента осуществляется четырьмя сосредоточенными силами (рисунок 4.2), что эквивалентно равномерно распределенной нагрузке. Прогиб элемента посередине пролета определяется при помощи прогибомеров П1 и П2. Относительные деформации по сечению элемента в средней части определяются при помощи тензорезисторов. Схема расстановки тензорезисторов приведена на рисунке 4.3. Нагружение элемента осуществляется ступенями $\Delta F = 0,4$ кН и доводится до максимальной нагрузки $F = 1,2$ кН, что соответствует упругой области работы элемента. Отсчеты по тензорезисторам осуществляются в автоматическом режиме при помощи специального тензометрического комплекса ТИССА. Приращение показателей тензорезисторов заносятся в таблицу 4.1. Отсчеты по прогибомерам снимаются на каждой ступени нагружения и заносятся в таблицу 4.2.

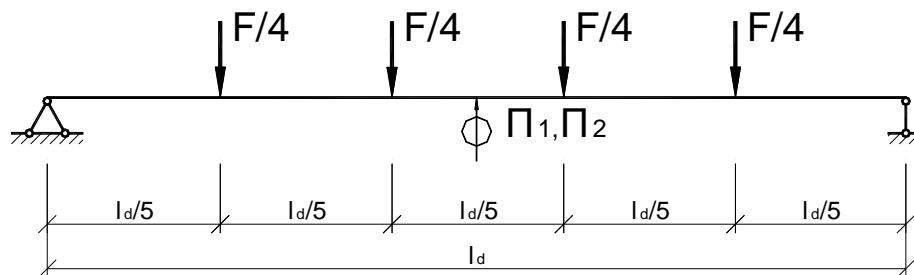


Рисунок 4.2 – Схема испытания дощатофанерного элемента

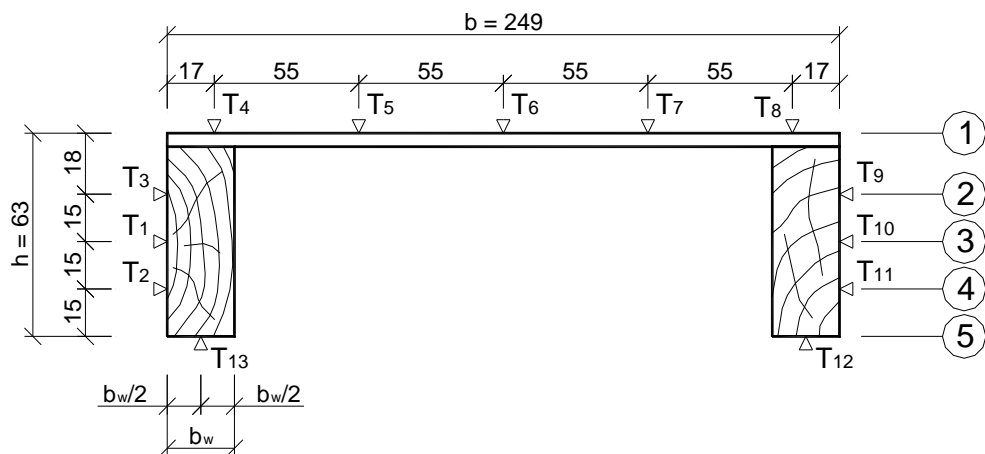


Рисунок 4.3 – Схема расстановки тензорезисторов

IV. Обработка результатов испытаний

Для определения нормальных напряжений принимаются среднее значение модуля упругости вдоль волокон для древесины $E_{w,mean} = 11000 \text{ Н/мм}^2$ (МПа) (таблица 6.5 [1]) и модуль упругости вдоль волокон для фанеры $E_{f,mean} = 9000 \text{ Н/мм}^2$ (МПа) (таблица 6.2 [1]).

В таблице 4.2 значение Δu_1 и Δu_2 определяются как приращения по отношению к нулевой ступени нагружения. По значениям нормальных напряжений (экспериментальные – таблица 4.1, теоретические – таблица 4.3) строятся эпюры распределения нормальных напряжений по высоте и ширине сечения клефанерного элемента, а по значениям деформаций графики прогибов (таблица 4.2, графа 6 и таблица 4.3).

Таблица 4.1 – Показания тензорезисторов

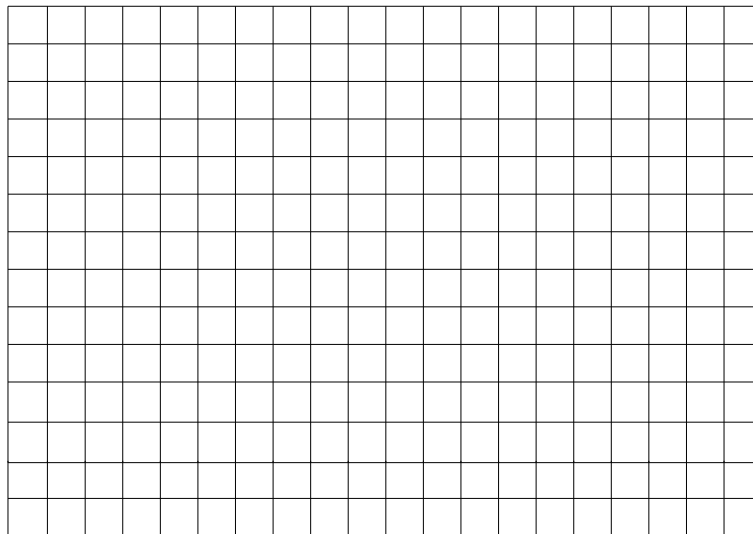
№№ тензорезисторов	$\Delta T, \times 10^{-5}$	Сечения элемента	Относительные деформации $\varepsilon, \times 10^{-5}$	Нормальные напряжения $\sigma_i = \varepsilon \cdot E_{mean}, \text{ МПа}$
1	2	3	4	5
T ₁		1		
T ₂		2		
T ₃		3		
T ₄		4		
T ₅		5		
T ₆				
T ₇				
T ₈				
T ₉				
T ₁₀				
T ₁₁				
T ₁₂				
T ₁₃				

Таблица 4.2 – Показания прогибомеров

Ступени нагружения F, кН	$u_1, \text{ мм}$	$\Delta u_1, \text{ мм}$	$u_2, \text{ мм}$	$\Delta u_2, \text{ мм}$	$\Delta u = (\Delta u_1 + \Delta u_2) / 2, \text{ мм}$
1	2	3	4	5	6
0					
0,4					
0,8					
1,2					

Таблица 4.3 – Результаты испытаний

Показатели	Расчеты
1	2
Класс прочности древесины ребер	C27
Тип фанеры обшивки	F60/10 E90/10
Размеры, мм	$h_w = \quad \quad \quad h = \quad \quad \quad b =$
	$b_w = \quad \quad \quad h_f = \quad \quad \quad l_d =$
Максимальная эквивалентная равномерно распределенная нагрузка, кН/см	$q = F/l_d =$
Максимальные теоретические напряжения, МПа: – в обшивке – в ребре	$\sigma_f = \frac{M_{Ed}}{W_{f,ef}} =$
	$\sigma_w = \frac{M_{Ed}}{W_{w,ef}} =$
Максимальный теоретический прогиб при $F = 1,2$ кН, см	$U = \frac{5ql_d^4}{384E_{f,mean} \cdot I_{ef} \cdot 0,7} =$
Среднее значение нормальных напряжений в обшивке (сечение 1), МПа	$\sigma_{mod} =$
Максимальное значение нормальных напряжений в обшивке, МПа	$\sigma_{max} =$
Коэффициент неравномерности нормальных напряжений по ширине обшивки	$k = \sigma_{mod} / \sigma_{max} =$



a) – экспериментальные; б) – теоретические
Рисунок 4.4 – Распределение нормальных напряжений по высоте сечения клефанерного элемента

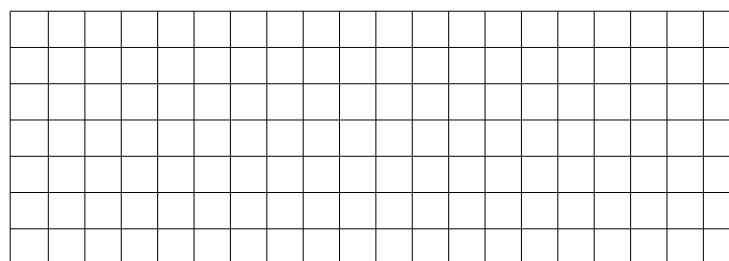
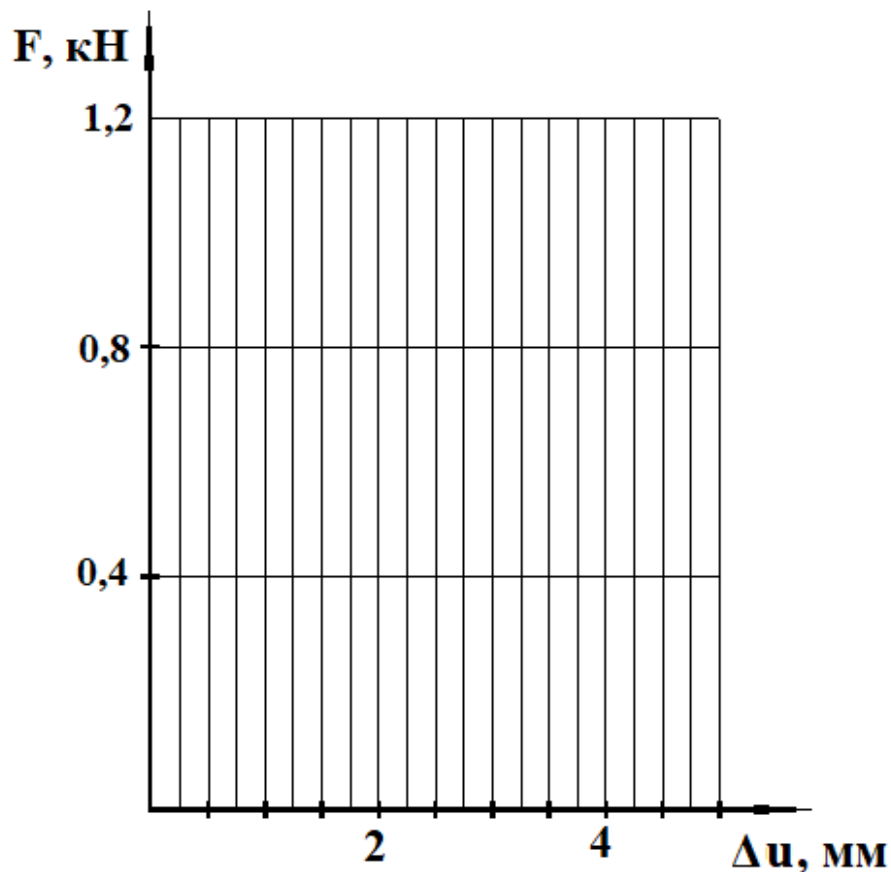


Рисунок 4.5 – Распределение нормальных напряжений по ширине сечения клефанерного элемента



а) экспериментальные; б) теоретические
 Рисунок 4.6 – Зависимость деформаций от нагрузки

Выводы:

Вопросы для самоподготовки

1. В чем заключаются особенности расчета клефанерных конструкций?
2. Почему нормальные напряжения по ширине обшивки распределяются неравномерно?

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Деревянные конструкции. Строительные правила Республики Беларусь. СП 5.05.01-2021. – Введ. 01.06.2021. – Минск : Минстройархитектуры, 2021. – 115 с.
2. Конструкции из дерева и пластмасс: учеб. для вузов / Ю. В. Слицкоухов [и др.]; под ред. Г. Г. Карлсена и Ю. В. Слицкоухова. – 5-е изд., перераб. и доп. – М. : Стройиздат, 1986. – 543 с.
3. Стандарт университета. Оформление материалов курсовых и дипломных проектов (работ), отчетов по практике. Общие требования и правила оформления: СТ БГТУ 01-2008. – Брест, 2008. – 46 с.
4. Боровиков, А. М. Справочник по древесине: справочник / А. М. Боровиков, Б. Н. Уголев; под ред. Б. Н. Уголева. – М. : Лесная промышленность, 1989. – 296 с.
5. Михайличенко, А. Л. Древесиноведение и лесное товароведение / А. Л. Михайличенко, Ф. П. Садовничий. – 2-е изд. перераб. и доп. – М. : Высшая школа, 1978. – 224 с.
6. Рекомендации по испытанию соединений деревянных конструкций / ЦНИИСК им. В. А. Кучеренко. – М. : Стройиздат, 1980. – 40 с.

Учебное издание

Составители:

*Жук Василий Васильевич
Захаркевич Иван Филиппович
Маркечко Екатерина Владимировна*

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
к выполнению лабораторных работ по дисциплине
«Основы проектирования, диагностики и обследования
конструкций из дерева и пластмасс»
для студентов специальности 70 02 02
Экспертиза и управление недвижимостью
дневной формы обучения

Ответственный за выпуск: Жук В. В.
Редактор: Винник Н. С.
Компьютерная вёрстка: Горбач А. А.
Корректор: Дударук С. А.

Подписано в печать 31.05.2024 г. Формат 60x84 ¹/₈. Бумага «Performer».
Гарнитура «Times New Roman». Усл. печ. л. 2,79. Уч. изд. л. 3. Заказ № 507. Тираж 30 экз.
Отпечатано на ризографе учреждения образования «Брестский государственный
технический университет». 224017, г. Брест, ул. Московская, 267.
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,
распространителя печатных изданий № 3/1569 от 16.10.2017 г.