

МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТА И КОММУНИКАЦИЙ
РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ТРАНСПОРТА»

Кафедра строительных технологий и конструкций

М. А. ГЕТИКОВА

КОНСТРУКЦИИ ИЗ ДЕРЕВА

*Рекомендовано учебно-методическим объединением
в сфере высшего образования Республики Беларусь
по образованию в области строительства и архитектуры
в качестве лабораторного практикума
для студентов специальностей 1-70 02 01
«Промышленное и гражданское строительство»
и 1-70 02 02 «Экспертиза и управление недвижимостью»*

Гомель 2019

УДК 624.011.4
ББК 38.55
Г44

Р е ц е н з е н т – ведущий инженер ОТН по надзору за строительством ГП
«Гомельское областное УКС» *А. Н. Амелянчик*

Гетикова, М. А.

Г44 Деревянные конструкции : лабораторный практикум / М. А. Гетикова ;
М-во трансп. и коммуникаций Респ. Беларусь, Белорус. гос. ун-т
трансп. – Гомель : БелГУТ, 2019. – 33 с.
ISBN 978-985-554-809-7

Даны методические указания для выполнения лабораторных работ по курсу
«Конструкции из дерева и пластмасс» с учетом действующих в Республике Бе-
ларусь нормативных документов.

Предназначено для студентов специальностей «Промышленное и граждан-
ское строительство» и «Экспертиза и управление недвижимостью», может быть
использовано при дипломном проектировании и в проектной практике для са-
мостоятельного изучения и проведения контроля знаний.

УДК 624.011.4
ББК 38.55

ISBN 978-985-554-809-7

© Гетикова М. А., 2019
© Оформление. БелГУТ, 2019

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	4
<i>Лабораторная работа № 1</i> Исследование работы соединения на лобовой врубке	5
<i>Лабораторная работа № 2</i> Двухсрезные симметричные нагельные соединения...	10
<i>Лабораторная работа № 3</i> Соединения на клеенных стальных стержнях.....	15
<i>Лабораторная работа № 4</i> Контроль качества синтетических смол и клеев.....	18
<i>Лабораторная работа № 5</i> Прочность клеевого соединения при скалывании вдоль волокон.....	20
<i>Лабораторная работа № 6</i> Предел прочности зубчатых клеевых соединений при поперечном статическом изгибе.....	22
<i>Лабораторная работа № 7</i> Прочность клеевых соединений из древесины при последном скалывании.....	26
Приложения	
А Справочные данные для расчета соединений на лобовой врубке.....	29
Б Справочные данные для расчета нагельных соединений.....	31
Список литературы	33

ВВЕДЕНИЕ

Данные лабораторные работы являются составной частью дисциплины "Конструкции из дерева и пластмасс". Их проведение закрепляет знание теоретических положений курса, способствует глубокому пониманию действительной работы конструкционных материалов и конструкций.

Перед началом работы студенты должны ознакомиться с правилами техники безопасности на рабочем месте, что обязательно регистрируется в журнале по установленной форме.

Настоящие методические указания содержат описание семи лабораторных работ. Каждая лабораторная включает в себя изучение теоретических основ, практические расчеты, проведение испытания, обработку результатов и их анализ.

По выполненным лабораторным работам составляется журнал, который представляется к отчету.

Однако в зависимости от количества аудиторных занятий, отводимых на изучение курса, студенты выполняют лишь часть из предлагаемых работ. Перечень необходимых лабораторных работ определяет ведущий преподаватель исходя из материальных возможностей кафедры и степени усвоения студентами тех или иных разделов курса.

Для получения зачёта по лабораторным работам необходимо:

- знать основные виды соединений элементов деревянных конструкций, их конструктивные особенности, принципы работы, область применения;
- объяснить причины, характер и признаки потери несущей способности образцов;
- перечислить основные конструктивные мероприятия, способствующие повышению несущей способности соединений;
- назвать контрольно-измерительные приборы, установленные на образце, и их назначение; обосновать схему размещения приборов;
- уметь осуществлять сравнение опытных данных с расчётными и объяснять возможные причины расхождений;
- владеть навыками вероятностной оценки результатов расчёта и др.

ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ СОЕДИНЕНИЯ НА ЛОБОВОЙ ВРУБКЕ

Цель работы: выяснить характер разрушения соединения, определить предельную фактическую грузоподъемность врубки и сравнить ее с расчетной несущей способностью по ТКП [1], определить коэффициенты безопасности соединения по смятию и скалыванию.

Краткие сведения из теории

Врубка – это соединение элементов, при котором нагрузка между элементами передается упором контактных поверхностей без дополнительных связей и вкладышей. Врубки применяются при конструировании узлов деревянных и металлодеревянных ферм. Они могут обеспечить передачу только однозначных сжимающих усилий, вследствие чего область их применения ограничена устройством сжатых стыков и присоединением сжатых элементов под углом.

Лобовая врубка с одним зубом является наиболее распространенным видом соединения круглых и брусчатых элементов под углом (рисунок 1.1).

Для испытаний лобовых врубок используются пиломатериалы хвойных или лиственных пород первого и второго сорта с учетом дополнительных требований.

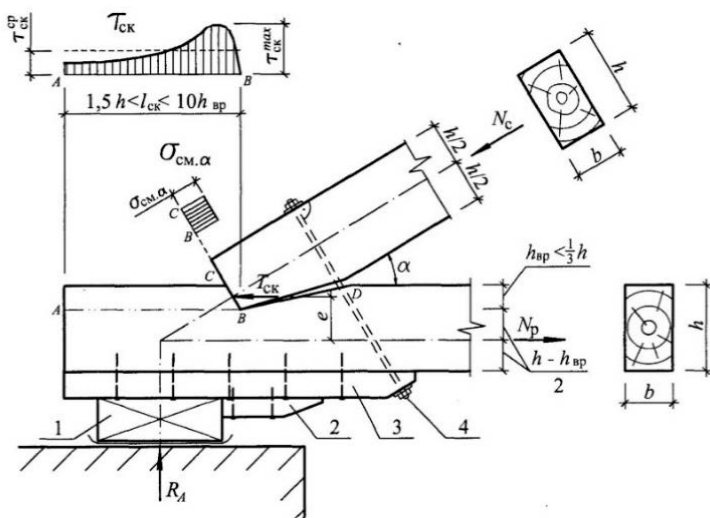


Рисунок 1.1 – Лобовая врубка с одним зубом:

1 – опорная подушка; 2 – прибоина; 3 – подбалка; 4 – аварийный болт

Правила конструирования лобовой врубки с одним зубом для ферм из брусев. Верхний сжатый элемент упирается частью своего торца в вырубленное для этой цели гнездо в нижнем растянутом элементе. Площадка смятия $B-C$ располагается перпендикулярно к оси верхнего сжатого элемента, центр площадки смятия должен совпадать с осью верхнего элемента. Площадка $A-B$ работает на скалывание.

Глубина лобовой врубки $h_{вр}$ в опорных узлах должна быть не более $1/3$ высоты бруса нижнего элемента h . Длина плоскости скалывания l_v должна удовлетворять следующим условиям:

$$\begin{cases} l_v \leq 10h_{вр} \\ \frac{l_v}{0,5h} \geq 3 \end{cases} .$$

Для связи верхнего и нижнего элементов должен быть поставлен «аварийный» болт диаметром 16–25 мм, обеспечивающий необходимую плотность сопряжений. Болт располагают перпендикулярно к оси сжатого элемента. Упором для нижней шайбы болта служит скошенная плоскость деревянной опорной подкладки – подбалки, прибиваемой к нижнему элементу гвоздями. Подбалку опирают на опорную подушку, которая распределяет опорное давление на большую площадь стены.

Расчетная несущая способность соединения на лобовой врубке должна приниматься равной минимальному значению, определенному из двух условий: прочности древесины на смятие рабочей плоскости под углом α и прочности древесины на скалывание вдоль волокон.

Расчетную несущую способность соединения из условия смятия рабочей плоскости под углом α следует определять по формуле

$$R_{c,d} = f_{c,\alpha,d} A_c,$$

где $f_{c,\alpha,d}$ – расчетное сопротивление древесины смятию под углом α к направлению волокон; A_c – рабочая плоскость смятия.

Расчетную несущую способность соединения из условия скалывания следует определять по формуле

$$R_{v,d} = f_{v,\text{mod},d} A_v,$$

где $f_{v,\text{mod},d}$ – расчетное среднее по площадке скалывания сопротивление древесины скалыванию вдоль волокон; A_v – расчетная площадь скалывания.

Расчетное сопротивление древесины смятию под углом α к направлению волокон, определяемое по формуле

$$f_{c,\alpha,d} = \frac{f_{c,0,d}}{1 + \left(\frac{f_{c,0,d}}{f_{c,90,d}} - 1 \right) \sin^2 \alpha},$$

где $f_{c,0,d}$ и $f_{c,90,d}$ – соответствующие значения расчетных сопротивлений древесины смятию вдоль и поперек волокон (таблица А.2).

Расчетное сопротивление древесины скалыванию вдоль волокон, определяемое по формуле

$$f_{v,\text{mod},d} = \frac{f_{v,0,d}}{1 + k_{v1}(l_v / e)},$$

где $f_{v,0,d}$ – расчетное сопротивление древесины скалыванию вдоль волокон волокон (см. таблицу А.2); k_{v1} – коэффициент, равный 0,25 (при обеспечении обжатия площадки скалывания $k_{v1} = 0,125$); l_v – расчетная длина плоскости скалывания; e – плечо сил скалывания, принимаемое равным $0,25h$ при расчете симметрично нагруженных элементов с симметричной врезкой, где h – полная высота поперечного сечения скалываемого элемента.

Для ферм из брусьев рабочая плоскость смятия

$$A_c = bh_{\text{вп}}/\cos \alpha,$$

где b – ширина сминаемого участка; $h_{\text{вп}}$ – глубина врубки; α – угол между направлением действия сминающего усилия и волокнами древесины.

Расчетная площадь скалывания определяется по формуле

$$A_v = bl_v.$$

Порядок выполнения работы

Оборудование и инструменты: разрывная машина Р-5, индикатор часового типа ИЧ-10, штангенциркуль, влагомер.

Определение фактических размеров соединения. Измерить геометрические характеристики с точностью 0,1 мм. В рабочий журнал занести следующие размеры врубки: высоту (H_0) и пролет (l) установки между центрами узлов, сечение верхнего ($b_{\text{в}} \times h_{\text{в}}$) и нижнего ($b_{\text{н}} \times h_{\text{н}}$) поясов, глубину врубки ($h_{\text{вп}}$), длину площади скалывания (l_v). По наличию пороков определить сорт древесины.

Рассчитать угол смятия (угол примыкания раскосов):

$$\alpha_0 = \arctg (H_0/0,5l).$$

Проверить, удовлетворяют ли размеры врубки требованиям норм. Удостовериться в выполнении дополнительных требований: влажность древесины должна быть менее 12 %; ширина годичных слоев не более 5 мм; содержание поздней древесины не менее 20 %; не допускается наличие сердцевины.

Режим испытания. Испытание лобовой врубки проводится на разрывной машине Р-5, в которой помещается экспериментальная установка. Испытание соединения осуществляется через дубовый вкладыш и нижнюю траверсу с помощью нагрузочных устройств машины, обеспечивающих плавное возрастание силы P , которой имитируется кратковременная постепенно увеличивающаяся статическая нагрузка на лобовую врубку (рисунок 1.2). Деформация смятия врубки замеряется индикаторами часового типа.

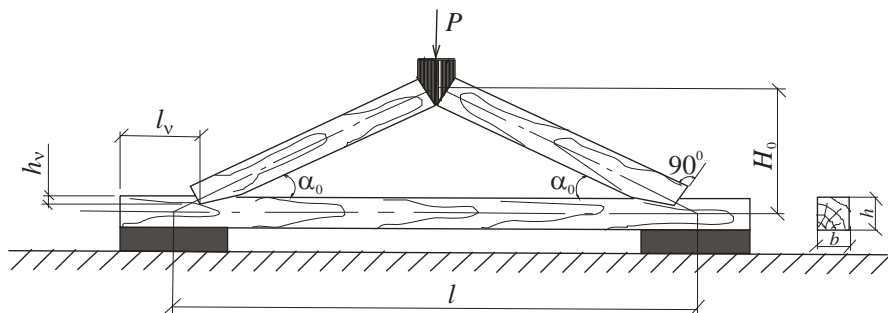


Рисунок 1.2 – Схема установки и параметры соединения на лобовой врулке

Образец загружается ступенями с одинаковым приростом нагрузки. Отсчеты по индикатору берут при нулевой нагрузке и при каждой ступени. В процессе испытания величина P доводится до $P_{\text{разр}}$, при которой наступит разрушение соединения. Текущие значения нагрузки и отвечающие им деформации соединения при испытании заносятся в таблицу 1.1.

Т а б л и ц а 1.1 – Результаты испытания соединения на лобовой врулке

Вертикальная нагрузка P на вкладыш		Деформация соединения ω	Вертикальное перемещение вкладыша Δ_i	Высота установки после загрузки H_i
кгс	Н	мм		
		$\omega_0 =$		$H_0 =$

Обработка экспериментальных данных.

1 По записям отсчетов с индикатора вычислить полные деформации смятия (Δ_i) от каждой нагрузки:

$$\Delta_i = \omega_i - \omega_0.$$

2 Определить изменение высоты установки от каждой нагрузки:

$$H_i = H_0 - \Delta_i.$$

3 Построить график зависимости полной деформации смятия от нагрузки $\Delta - P$ (рисунок 1.3). Разграничить на графике участки упругой и пластической деформации.

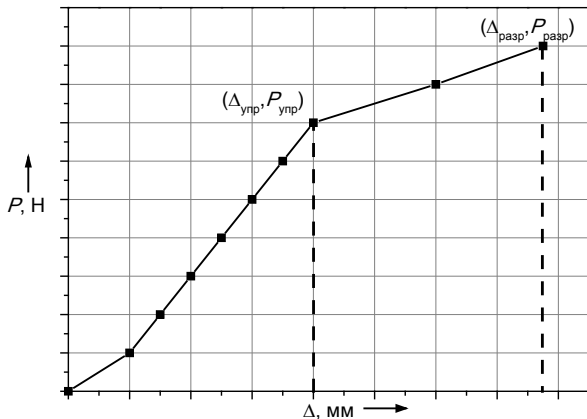


Рисунок 1.3 – Диаграмма зависимости смятия врубки от нагрузки

4 Расчетные величины экспериментальных сминающих ($N_{\text{см}}$) и скалывающих ($T_{\text{ск}}$) усилий определить из векторных диаграмм треугольника сил (рисунок 1.4) при упругой работе соединения и в момент разрушения по формулам:

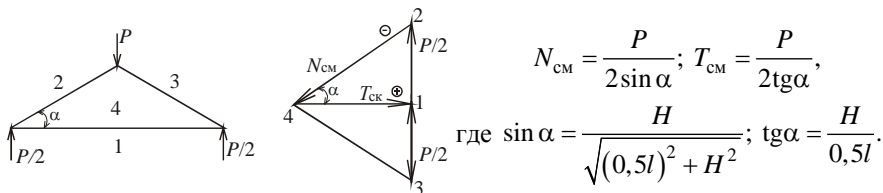


Рисунок 1.4 – Треугольник сил

Определение расчетной нагрузки. Расчетную несущую способность соединения определить из условий смятия ($R_{c,d}$) и скалывания ($R_{v,d}$).

При расчете учитывают следующие коэффициенты:

- коэффициент условий работы (k_{mod}) для учета продолжительности действия нагрузок и условий эксплуатации (таблица А.1);
- переходные коэффициенты (k_x), учитывающие породу древесины, кроме сосны, ели, лиственницы европейской (таблица А.3).

Определение коэффициентов безопасности. Сравнить теоретические и фактические величины несущей способности на скалывание и смятие, определив коэффициенты безопасности:

– при упругой работе

$$k_{см}^{упр} = \frac{N_{см}^{упр}}{R_{c,d}}; \quad k_{ск}^{упр} = \frac{T_{ск}^{упр}}{R_{v,d}};$$

– при упругопластической работе

$$k_{см}^{пл} = \frac{N_{см}^{разр}}{R_{c,d}}; \quad k_{ск}^{пл} = \frac{T_{ск}^{разр}}{R_{v,d}}.$$

Контрольные вопросы

- 1 Что такое врубка, и в чем ее назначение?
- 2 Правила конструирования лобовых врубок.
- 3 Из каких условий определяют расчетную несущую способность лобовой врубки?
- 4 Как определить расчетную несущую способность соединения из условия смятия?
- 5 Чему равны площади смятия и скалывания лобовых врубок?

Лабораторная работа № 2

ДУХСРЕЗНЫЕ СИММЕТРИЧНЫЕ НАГЕЛЬНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ

Цель работы: определить характер разрушения соединений, их предельную грузоподъемность и деформацию при полном использовании несущей способности нагеля по смятию и изгибу. Сравнить предельную грузоподъемность с расчетной несущей способностью по ТКП [1], определить коэффициенты безопасности работы нагельных соединений.

Краткие сведения из теории

Нагельями в деревянных конструкциях называют плотно защемленные в толще соединяемых элементов цилиндрические или пластинчатые вкладыши, которые, работая сами на изгиб, препятствуют взаимному сдвигу сплавляемых элементов. Под влиянием действующих на соединение сил нагель, кроме изгиба, работает еще и на срез, а между телом нагеля и древесиной сплавляемых элементов появляются напряжения смятия.

Цилиндрические нагели изготавливают в виде гладких стержней круглого сечения из стали, металлических сплавов, твердых пород древесины и пластмасс.

По характеру своей работы в соединениях сдвигаемых элементов к цилиндрическим нагельям относятся также болты, гвозди, глухари (винты большого диаметра с шестигранной или четырехгранной головкой) и шурупы.

Цилиндрические нагели устанавливают в предварительно рассверленные гнезда. Диаметр отверстия для нагеля обычно принимают равным диаметру нагеля.

В зависимости от количества плоскостей, по которым может произойти смещение (сдвиг) соединяемых элементов, различают односрезное, двухсрезное (рисунок 2.1) и многосрезные соединения.

В зависимости от характера приложения внешних сил различают соединения симметричные и несимметричные (см. рисунок 2.1).

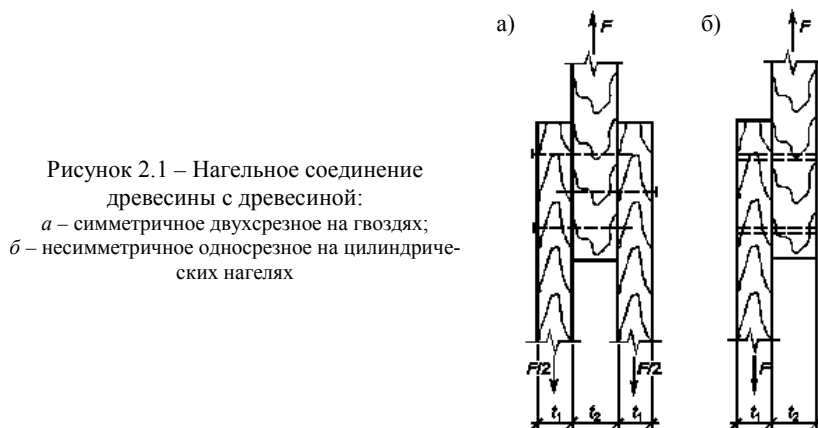


Рисунок 2.1 – Нагельное соединение древесины с древесиной:
a – симметричное двухсрезное на гвоздях;
б – несимметричное односрезное на цилиндрических нагелях

Расстановка нагелей в соединениях бывает прямая, в шахматном порядке и косыми рядами (рисунок 2.2) и производится по правилам, исключающим опасность преждевременного разрушения древесины от скалывания и растяжения поперек волокон.

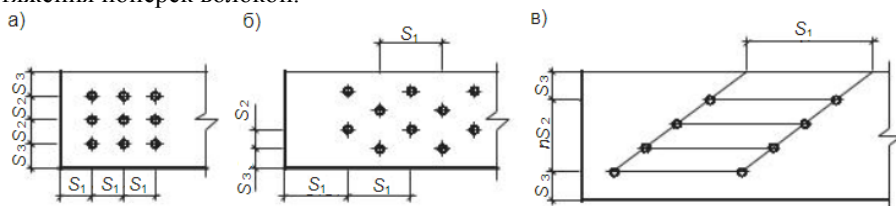


Рисунок 2.2 – Схемы расстановки нагелей:
a – прямая; *б* – в шахматном порядке; *в* – косыми рядами.

Промежутки и расстояния между осями должны быть больше приведенных в строительных нормах значений (таблица 2.1).

Расчетную несущую способность соединения на цилиндрических нагелях из одного материала и одинакового диаметра следует определять по формуле

$$R_d = R_{1d,\min} n_n n_s,$$

где $R_{1d,\min}$ – минимальное значение несущей способности одного среза нагеля в соединении; n_n – количество нагелей в соединении; n_s – количество швов в соединении для одного нагеля.

Т а б л и ц а 2.1 – Минимальные расстояния между нагелями

Направление	Расстояние между нагелями		
	сталь- ными	алюминиевыми и стеклопластиковыми	дубо- выми
При общей толщине пакета менее $10d$: вдоль волокон между осями нагелей и до торца элемента S_1	$6d$	$6d$	$4d$
	поперек волокон между осями нагелей S_2	$3d$	$2,5d$
	поперек волокон до кромки элемента S_3	$2,5d$	$2,5d$
При общей толщине пакета, равной или более $10d$: вдоль волокон между осями нагелей и до торца элемента S_1	$7d$	$6d$	$5d$
	поперек волокон между осями нагелей S_2	$3,5d$	$3d$
	поперек волокон до кромки элемента S_3	$3d$	$2,5d$

Расчетную несущую способность одного среза в симметричных и несимметричных соединениях следует принимать как наименьшее из найденных значений

$$R_{1d} = \min \begin{cases} f_{h,1,d} t_1 dk_\alpha, \\ f_{h,2,d} t_2 dk_\alpha, \\ f_{n,d} d^2 (1 + \beta_n^2) \sqrt{k_\alpha}, \end{cases}$$

где $f_{h,1,d}$ и $f_{h,2,d}$ – расчетное сопротивление древесины смятию соответственно для крайних и среднего элементов симметричных соединений (таблицы Б.1 и Б.2); $f_{n,d}$ – расчетное сопротивление нагеля изгибу (таблица Б.3); t_1 – толщина крайних элементов в симметричных соединениях; t_2 – толщина среднего элемента в симметричных соединениях; d – диаметр нагеля; β_n – коэффициент, зависящий от отношения толщины более тонкого элемента к диаметру нагеля; k_α – коэффициент, учитывающий угол α между силой и направлением волокон.

Угол α следует принимать равным большему из углов смятия нагелем элементов, прилегающих к рассматриваемому шву.

Коэффициент β_n определяют по формуле

$$\beta_n = k_n \frac{t_1}{d},$$

где k_n – коэффициент, зависящий от типа нагеля, приведен в таблице Б.3.

Значение коэффициента β_n , определенного по формуле, не должно превышать значения $\beta_{n,\max}$, приведенного в таблице Б.3.

Порядок выполнения работы

Оборудование и инструменты: разрывная машина Р-5, индикатор часового типа ИЧ-10, штангенциркуль, влагомер.

Определение фактических размеров соединения и его отдельных элементов. В рабочий журнал занести следующие данные: породу древесины и ее влажность, тип и число нагелей, количество «срезов» нагеля. Измерить геометрические характеристики с точностью 0,1 мм: диаметр нагеля (d); толщина крайних (t_1) и среднего (t_2) элементов; расстояние между осями нагелей вдоль (S_1) и поперек (S_2) волокон; расстояние от оси нагеля до кромки элемента поперек волокон (S_3).

Проверить правильность расстановки нагелей.

Режим испытания. Испытание соединений проводится отдельно для каждого типа соединения на разрывной машине Р-5, в которую помещается экспериментальная установка. Нагружение соединения осуществляется через средний элемент (рисунок 2.3). В процессе испытания каждого соединения нагрузка доводится до $P_{\text{разр}}$, при которой сдвиги в соединении растут без приращения силы P . Деформация смятия врубки замеряется индикаторами часового типа.

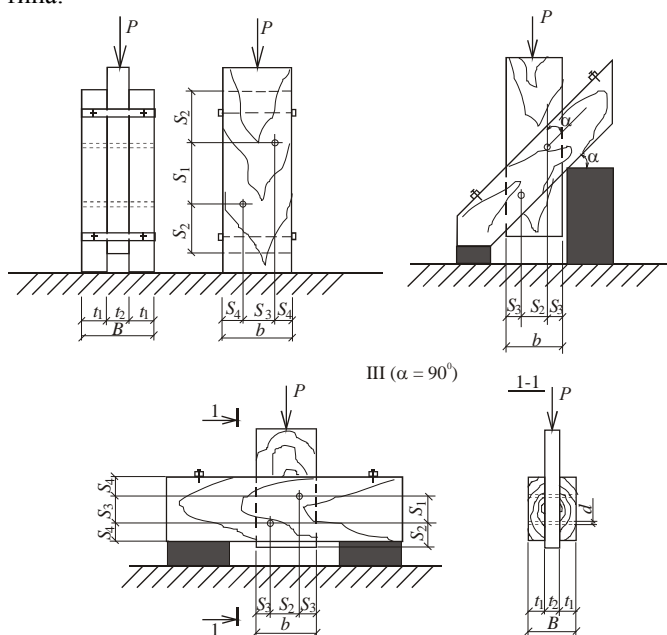


Рисунок 2.3 – Схема установки и параметры нагельных соединений

Образец нагружается ступенями с одинаковым приростом нагрузки. Отсчеты по индикатору берут при нулевой нагрузке и при каждой ступени. Текущие значения P и отвечающие им деформации соединения при испытании занести в таблицу 2.2.

Т а б л и ц а 2.2 – Результаты испытаний нагельных соединений

I тип соединения			II тип соединения			III тип соединения		
P , кН	ω , мм	Δ , мм	P , кН	ω , мм	Δ , мм	P , кН	ω , мм	Δ , мм

Обработка экспериментальных данных.

По записям отсчетов с индикатора вычисляют полные деформации смятия (Δ_i) от каждой нагрузки. Строят график зависимости полной деформации от нагрузки $\Delta - P$ (рисунок 2.4).

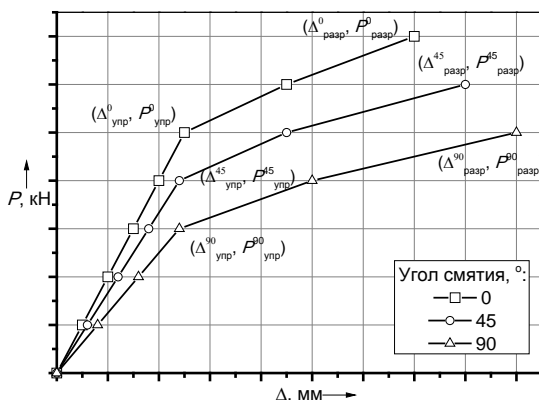


Рисунок 2.4 – Диаграмма экспериментальной зависимости $\Delta - P$

На кривых $\Delta - P$ разграничить области упругой и упругопластической работы соединения.

Определить грузоподъемность нагеля по эксперименту, отнесенную к одному рабочему срезу нагеля при упругой и работе и при разрушении:

$$T_{\text{упр}} = P_{\text{упр}}/4; \quad T_{\text{разр}} = P_{\text{разр}}/4.$$

Определение теоретической величины несущей способности нагельного соединения. Расчетную несущую способность одного «среза» нагеля следует определять из условия смятия древесины нагельного гнезда крайних ($R_{1,d}$) и среднего ($R_{2,d}$) элементов, а также изгиба нагеля ($R_{n,d}$). Минимальная величина составит расчетную несущую способность одного «среза» нагеля (R_{min}).

Несущую способность определить с учетом коэффициента условий работы нагельного соединения:

$$m_{\text{наг}} = k_x k_{\text{mod}} k_t,$$

где k_t – коэффициент условий работы, учитывающий температуру эксплуатации (таблица Б.4).

Определение коэффициентов безопасности. Сравнить теоретические и фактические величины несущей способности в упругой стадии и при разрушении, определив коэффициенты безопасности:

$$k_{\text{упр}} = \frac{N_{\text{упр}}}{R_{\text{min}}}; \quad k_{\text{разр}} = \frac{T_{\text{разр}}}{R_{\text{min}}}.$$

Контрольные вопросы

- 1 Что такое нагель?
- 2 Какие виды нагелей существуют?
- 3 Назовите виды нагельных соединений деревянных элементов.
- 4 Как расставляются цилиндрические нагели в соединении и почему?
- 5 Как работает нагель (болт, штырь) и древесина в соединении?
- 6 Определение расчетной несущей способности соединения на цилиндрических нагелях.
- 7 Что такое коэффициент условий работы нагельного соединения и как он определяется?
- 8 Как определить расчетную несущую способность одного «среза» нагеля?

Лабораторная работа № 3

СОЕДИНЕНИЯ НА ВКЛЕЕННЫХ СТАЛЬНЫХ СТЕРЖНЯХ

Цель работы: сравнить предельные грузоподъемности соединения по эксперименту с расчетной несущей способностью клееного стержня на выдергивание по ТКП [1]. Определить коэффициенты безопасности соединений при разной длине заделки.

Краткие сведения из теории

Клееметаллическое соединение представляет собой соединение деревянных элементов при помощи клеенных стальных стержней.

В качестве клеенных в древесину стержней следует использовать стальную арматуру периодического профиля класса S400, S500 диаметром от 12 до 25 мм.

Соединения на клеенных стержнях в прямоугольные или круглые отверстия осуществляется клеем, обеспечивающим надежное соединение древесины с металлом. Диаметр отверстий в древесине для установки стержней следует принимать на 4–6 мм больше номинального диаметра клеиваемого стержня. Отверстия для клеенных стержней должны быть глухими. Арматурные стержни должны быть очищены от окалины и ржавчины и обезжирены перед клеиванием. Для клеивания используется эпоксидные клеи на основе смол.

Длина заделываемой части l_d стержня должна быть не менее $10d$ и не более $30d$. Расстояние между осями клеенных стержней следует принимать не менее $S_2 = 3d$, а до наружных граней – $S_3 = 2d$ (рисунок 3.1).

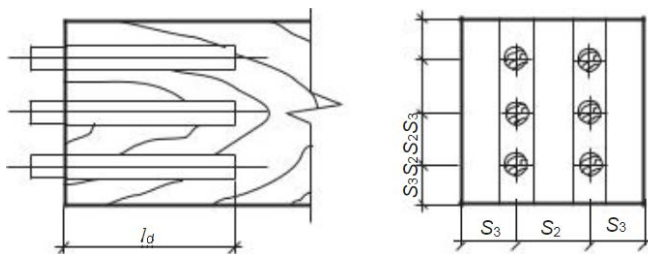


Рисунок 3.1 – Схема расстановки клеенных вдоль волокон древесины стержней

Клеенные стержни используют для продольного и углового соединения клееных элементов, работающих на продольные силы и изгибающие моменты. Они воспринимают продольные силы N при растяжении (выдергивание) или сжатии (вдавливание). Скрытые в толще древесины стержни защищены от химически агрессивной среды и быстрого нагрева при пожаре.

Клеенные металлические стержни могут использоваться:

- для упрочнения криволинейных участков клеодощатых балок с нормальными напряжениями, растягивающими древесину поперек волокон при соответствующем обосновании;
- стыковых соединений и сплачивания элементов;
- повышения сопротивления древесины смятию поперек волокон в опорных частях и местах приложения сосредоточенных нагрузок клееных деревянных элементов;
- локализации главных растягивающих напряжений в приопорных зонах клееных деревянных конструкций и в окрестностях больших сосредоточенных поперечных сил при соответствующем обосновании и соотношении $h/b \geq 4$;
- в виде наклонных соединительных связей составных балок, растянутых стыков и анкерных креплений к фундаментам.

Расчетную несущую способность клеенного вдоль волокон стержня на вдавливание или выдергивание следует определять по формуле

$$R_d = f_{sv,d} \pi d_0 l_d k_{n3},$$

где $f_{sv,d}$ – расчетное сопротивление древесины сдвигу вдоль волокон в соединении с круглыми арматурными стержнями периодического профиля (таблица А.2); d_0 – диаметр отверстия под клеенный стержень; l_d – расчетная длина заделываемой части стержня; k_{n3} – коэффициент, учитывающий неравномерность напряжений сдвига в зависимости от длины заделываемой части стержня.

Коэффициент k_{n3} определяют по формуле

$$k_{n3} = 1,2 - 0,02 \frac{l_d}{d},$$

где d – номинальный диаметр стержня.

Порядок выполнения работы

Оборудование и инструменты: разрывная машина Р-5, механические клиновые захваты, штангенциркуль, влагомер.

Определение фактических размеров соединения и его отдельных элементов. Для испытания вклеенных вдоль волокон стержней изготавливается образец в виде бруска (рисунок 3.2), в который с двух торцов вклеиваются арматурные стержни.

В рабочий журнал необходимо занести следующие геометрические характеристики:

- сечение ($b \times h$) и длина (l) бруска;
- диаметр (d) и длина ($l_{ст}$) вклеенного стержня;
- класс стали;
- длина заделки стержня (l_d);
- диаметр отверстия под вклеенный стержень (d_0).

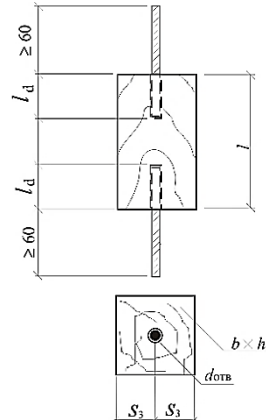


Рисунок 3.2 – Схема образца

Режим испытания. Испытание образцов производится на испытательной разрывной машине ИМЧ-30, в зажимах которой крепятся арматурные выпуски. При плавном возрастании выдергивающего усилия P соединение доводится до разрушения. В результате испытаний значение разрушающей нагрузки $P_{разр}$ заносят в таблицу 3.1. Так же измеряют фактическую длину заделки стержня.

Т а б л и ц а 3.1 – Результаты испытаний соединений на вклеенных стальных стержнях на выдергивание

P , кН	Сечение бруска A_d , см ²	Сечение стержня A_s , см ²	Длина заделки l_d , мм	$k_{нз}$	R_d , кН	k

Определение теоретической величины несущей способности соединения. Расчетную несущую способность вклеенного вдоль волокон стержня на выдергивание следует определить с учетом соответствующих коэффициентов условий работы. Результаты расчета занести в таблицу 3.1.

Сравнение полученных результатов. Сравнить теоретические и фактические величины несущей способности вклеенного вдоль волокон стержня на выдергивание определив коэффициент запаса прочности:

$$k = P/R_d.$$

По результатам испытаний и расчетов построить график зависимости экспериментальной грузоподъемности и расчетной несущей способности испытанных образцов в зависимости от длины заделки стержня.

Контрольные вопросы

- 1 Что такое клеенные стержни и какова особенность их работы?
- 2 Каковы достоинства клеиметаллических соединений.
- 3 Как рассчитывают соединения на клеенных стержнях?
- 4 Основные правила изготовления соединения на клеенных стержнях.
- 5 Применения соединения на клеенных стержнях.

Лабораторная работа № 4

КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА СИНТЕТИЧЕСКИХ СМОЛ И КЛЕЕВ

Цель работы: ознакомить студентов с некоторыми видами контроля при изготовлении клееных конструкций.

Для обеспечения требуемого качества клееных конструкций при их изготовлении должен производиться тщательный контроль материалов.

Для определения технологических характеристик согласно СТБ 1722–2007 приготавливают клей массой 0,2 кг. После введения отвердителя композицию тщательно перемешивают в течение не менее 5 мин.

Определение однородности клея. Этот показатель клея характеризуется однородностью цвета, отсутствием в приготовленном клее не растворившихся комочков смеси и посторонних включений.

Однородность клея определяется следующим методом. В отобранную пробу клея опускают на глубину 70–100 мм бесцветную стеклянную пластинку размером 150×40 мм, толщиной 1–2 мм, затем ее вынимают и держат над стеклянным стаканом в течение 10–12 с, чтобы дать стечь избыточному клею. Необходимо, чтобы оставшаяся на стекле пленка при просмотре на свет была однородной, на ней не должно быть посторонних включений и не растворившихся комочков клеевой смеси.

Определение однородности клея проводится дважды. Для каждого определения нужно брать новую пробу.

Определение расслоения клея. В стеклянный цилиндр наливают смолу и через 3–5 мин отмечают, произошло ли отслаивание водной фазы от смолы.

Определение вязкости клея. Вязкость жидкости есть мера ее текучести. Она измеряется в МПа, но для технологических целей очень часто пользуются величиной условной вязкости, обычно в единицах времени истечения данного объема жидкости через отверстие определенного диаметра.

Измерение вязкости производят при помощи вискозиметра (рисунок 4.1).

Тщательно перемешанный клей доводят до температуры 20 °С. Перед замером вязкости вискозиметр при помощи регулирующих винтов устанавливают в горизонтальном положении. Особое внимание следует обратить на чистоту сопла. Под сопло вискозиметра ВЗ-4 ставят стеклянный сосуд. Отверстие сопла вискозиметра снизу закрывают и в воронку наливают клей до краев. Избыток клея снимают стеклянной пластинкой.

Для замера вязкости открывают отверстие сопла вискозиметра. В момент появления клея из сопла вискозиметра включают секундомер.

Секундомер выключают после первого прерывания струи. Определение вязкости проводят три раза. Среднее время в секундах является показателем условной вязкости.

Определение жизнеспособности клея. В стеклянный или фарфоровый стакан помещают 0,2 кг свежеприготовленного клея, включают секундомер и выдерживают его при температуре 20 °С. Рабочую жизнеспособность клея определяют временем, прошедшим с момента приготовления клея до приобретения им максимально допустимой вязкости (300–400 с по вискозиметру ВЗ-4 при осуществлении зубчатых и кромочных соединений и 60–150 с при склеивании по пласти).

Полная жизнеспособность клея выражается временем, прошедшим с момента введения отвердителя до начала гелеобразования.

Наибольшую рабочую жизнеспособность (2–4 ч) должны иметь клеи, используемые для склеивания большепролетных (24 м и более) многослойных конструкций, наименьшую (0,5–1 ч) – для склеивания заготовок по длине на зубчатых соединениях и по кромке.

Определение условного времени отверждения клея. Клей, предназначенный для склеивания без нагрева, наливают слоем 0,5–1 мм на полиэтиленовую, целлофановую или другую пленку и выдерживают его при тех же температурно-влажностных условиях, при которых склеивается конструкция. Среднее время, через которое происходит хрупкий излом трех отливок при изгибе их на 90°, характеризует условное время отверждения.

Клей, предназначенный для склеивания с нагревом, в количестве 2 г помещают в пробирку диаметром 16 мм, зажимают ее между губками лапкодержателя и погружают в кипящую воду так, чтобы уровень клея в пробирке был на 10–20 мм ниже уровня воды. Одновременно с погружением пробирки в кипящую воду включают секундомер. Клей непрерывно перемешивают стеклянной палочкой до начала его гелеобразования. Результатом является среднее из трех измерений.

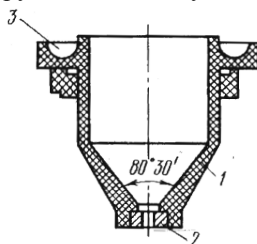


Рисунок 4.1 – Вискозиметр ВЗ-4:
1 – резервуар, 2 – сопло,
3 – желобок для слива

Контрольные вопросы

- 1 Какие существуют контроли клеев?
- 2 Правила изготовления пробы клея для последующих испытаний.
- 3 Как определяется однородность клея?
- 4 Что такое вискозиметр?
- 5 Определение расслоения клея.
- 6 Что такое рабочая и полная жизнеспособность клея?
- 7 Методы определения отверждения клея.

Лабораторная работа № 5

ПРОЧНОСТЬ КЛЕЕВОГО СОЕДИНЕНИЯ ПРИ СКАЛЫВАНИИ ВДОЛЬ ВОЛОКОН

Цель работы: экспериментально выяснить характер разрушения и определить прочность клеевого соединения; сравнить результаты теоретического расчета с экспериментальными данными.

Краткие сведения из теории

Клеевые соединения являются прочными, монолитными и имеют очень малую податливость, которая при расчетах не учитывается. Адгезионные и когезионные связи клеевого соединения и его швов должны быть выше прочности древесины. Клеевые соединения должны разрушаться при нагружении выше предела прочности не по швам и граничным слоям, а по цельной древесине.

Испытания клеевых образцов на скалывание вдоль волокон по ГОСТ 21554.6–78 «Пиломатериалы и заготовки. Метод определения предела прочности при скалывании вдоль волокон». Метод предназначен для заводского контроля многослойных изделий или конструкций. При проведении исследовательских работ образцы для испытаний изготавливаются из древесины той же породы и при тех же условиях, как и принятые при изготовлении клееной продукции.

Предел прочности клеевого шва

$$\tau_{\omega} = \frac{P_{\text{разр}}}{bl},$$

где $P_{\text{разр}}$ – несущая способность соединения (клея шва или древесины); b и l – соответственно длина и ширина площадки скалывания клеевого шва и древесины.

Среднюю величину τ_{ω} определяют из испытаний не менее десяти одинаковых образцов. После скалывания вычисляют относительную площадь скалывания по древесине.

Клеи должны обеспечивать прочность клеевых соединений при скалывании вдоль волокон древесины по ГОСТ 15613.1–84 через трое суток после склеивания: среднюю – 6,5 МПа, минимальную – 4,5 МПа.

Порядок выполнения работы

Оборудование и инструменты: разрывная машина Р-5, приспособление для испытаний на скалывание, штангенциркуль, влагомер.

Определение размеров соединения. Изготавливаются образцы формой и размерами согласно рисунку 5.1 так, чтобы скалывание происходило по радиальной плоскости, т. е. плоскость скалывания совпадала с направлением радиуса годичных слоев.

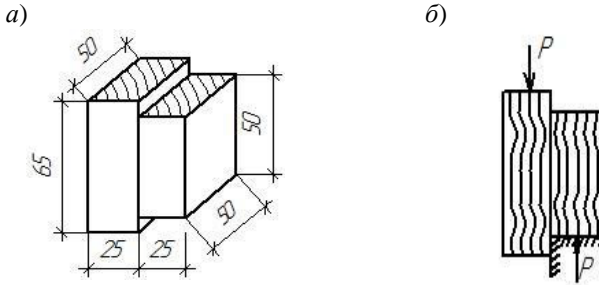


Рисунок 5.1 – Образец для испытания клеевого соединения на скалывание (а) и схема механического испытания (б)

В каждом образце измеряют ширину и длину меньшего элемента образца скалывания в крайних точках по ожидаемой плоскости скалывания и вычисляют их средние арифметические b и l .

Экспериментальная часть. Механические испытания образцов проводятся на прессе при помощи специального приспособления. Испытание образца производят в стандартном приборе по ГОСТ 11496–65 (рисунок 5.2).

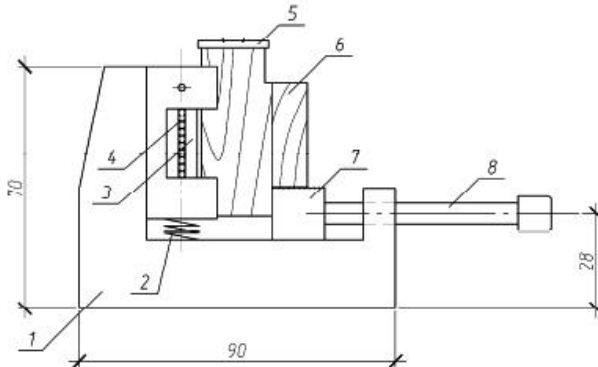


Рисунок 5.2 – Приспособление для испытаний на скалывание:

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

Образец устанавливают в прибор так, чтобы длинная грань образца плотно прилегала через стальную прокладку толщиной 10 мм к опорной стенке прибора. Нагружение производят с постоянной скоростью 300 ± 60 кгс/мин на образец. Разрушающая нагрузка определяется с точностью до 1 кгс. После испытания определяют влажность.

Результаты эксперимента заносятся в таблицу 5.1.

Т а б л и ц а 5.1 – **Определение прочности клевого соединения**

Марка клея	Площадь склеивания, см ²	Разрушающая нагрузка, кН	Предел прочности, МПа	Характер разрушения	Влажность, %

Обработка результатов эксперимента. После завершения эксперимента заполнить все графы таблицы 5.1. Произвести осмотр поверхностей разрушения и описать характер разрушения.

Определить предел прочности клевого шва, сравнить с требуемыми прочностными характеристиками.

Контрольные вопросы

- 1 Какой характер разрушения клевого соединения при испытании на скалывание и почему?
- 2 Сущность испытаний на прочность клеевых соединений.
- 3 Как определяется предел прочности клевого соединения?
- 4 Когда и как производится измерение плоскости скалывания?

Лабораторная работа № 6

ПРЕДЕЛ ПРОЧНОСТИ ЗУБЧАТЫХ КЛЕЕВЫХ СОЕДИНЕНИЙ ПРИ ПОПЕРЕЧНОМ СТАТИЧЕСКОМ ИЗГИБЕ

Цель работы: ознакомиться с условиями и технологическими режимами склеивания заготовок при помощи зубчатых шипов; определить максимальную разрушающую нагрузку при статическом изгибе и найти величины предела прочности соединения по ГОСТ.

Краткие сведения из теории

Склеивание заготовок из древесины по длине позволяет получить детали с требуемыми размерами, увеличить их формоустойчивость, улучшить декоративные свойства изделий, повысить полезный выход деталей и заготовок.

Зубчатое клеевое соединение получило наибольшее распространение для образования сплошного сечения многослойных клееных блоков.

В зависимости от способа фрезерования зубчатые шипы можно выполнять вертикальными, горизонтальными, диагональными (рисунок 6.1).



Рисунок 6.1 – Виды зубчатых клеевых соединений:
a – вертикальное по пласти; *б* – горизонтальное на кромку,
в – косое по пласти на кромку (диагональное)

Форма зубчатых клеевых соединений должна соответствовать ГОСТ 19414–1990 «Древесина клееная массивная. Общие требования к зубчатым клеевым соединениям» (рисунок 6.2)

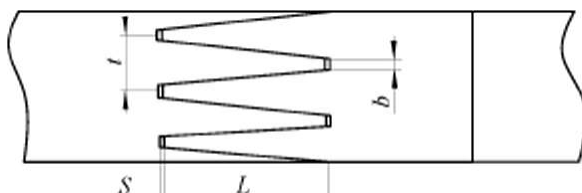


Рисунок 6.2 – Форма зубчатых клееных соединений:
S – зазор в силках запрессовки, *L* – длина шипа,
t – шаг шипа; *b* – затупление шипа

Основным пороком, нормируемым в склеиваемых заготовках, являются сучки, которые более других пороков влияют как на механическую прочность самой древесины, так и на прочность клеевых соединений при эксплуатации. Кроме сучков, в заготовках нормируются трещины, наклон волокон, сердцевина, гниль и т. п.

Прессование зубчатых соединений выполняется на торцовых прессах циклического или непрерывного действия с передачей усилия прессования на торцы заготовки или через фрикционные устройства. Важным требованием к режиму изготовления зубчатых соединений является поддержание заданного цикла прессования.

После достижения клеевыми швами технологической прочности изделие может быть извлечено из пресса, но до выполнения операций механической обработки должно пройти не менее восьми часов.

После запрессовки в зубчатых клеевых соединениях должен оставаться зазор в стыках *S* со значением не более пяти процентов длины шипа *L*.

Качество склеивания определяется по внешнему виду и прочности изделия. Прочность склеивания оценивается по результатам испытаний стандартных образцов, подвергнутых механическому разрушению. Нормативно-технической документацией на изделие из древесины устанавливается нормативная прочность склеивания. При качественном склеивании нормативное

сопротивление при разрушении образцов должно быть выше или равно нормативному сопротивлению такого же вида нагрузок склеиваемых материалов. Относительная прочность зубчатого клеевого соединения должна иметь не менее 60 % удельной прочности древесины. Основным показателем прочности клеевого соединения служит предел прочности

В производственных условиях для быстрой оценки качества зубчатых соединений испытывают образцы, вырезанные из склеенных на зубчатый шип заготовок.

Испытания клеевых соединений на зубчатых шипах производятся в соответствии с требованиями ГОСТ 19414–1990.

Определение предела прочности зубчатых клеевых соединений при статическом изгибе. Сущность метода заключается в определении максимальной нагрузки, разрушающей натурный образец при чистом изгибе, и вычислении напряжений при этой нагрузке.

Прочность зубчатого клеевого соединения определяют по ГОСТ 15613.4 «Древесина клееная массивная. Методы определения предела прочности зубчатых клеевых соединений при статическом изгибе».

В течение производственной смены (в начале, середине и конце смены) из слоев вырезают по одному образцу с зубчатым соединением посередине и с максимально допустимым пороком. Испытания проводят непосредственно после окончания технологической выдержки зубчатых клеевых соединений.

Приспособление для испытания состоит из основания с опорами и двух нагружающих ножей (рисунок 6.3).

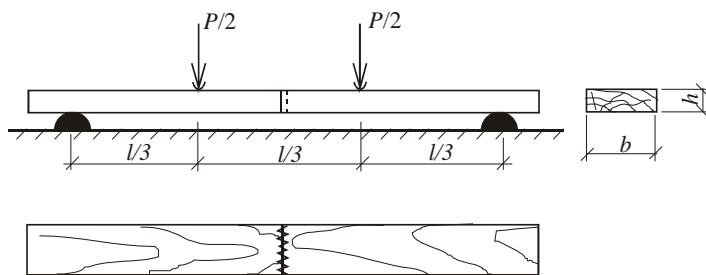


Рисунок 6.3 – Схема испытания зубчатых клеевых стыков на прочность

Длина образца должна быть не менее 15–18 толщин. Расстояние между центрами опор l устанавливают в зависимости от толщины образца $(12–15)h$. Расстояние между центрами нагружающих ножей должно быть равно $1/3$ расстояния между центрами опор. Рекомендуемые размеры образцов: при толщине от 20 до 30 мм длина образца 520 мм, расстояние между опорами при испытании 450 мм, при толщине от 31 до 50 мм соответственно 850 и 750 мм.

Предел прочности зубчатого клеевого соединения при статическом изгибе вычисляют с точностью до 0,1 МПа по формуле

$$\sigma = \frac{P_{\text{разр}} l}{bh^2},$$

где $P_{\text{разр}}$ – максимальная разрушающая нагрузка; l – расстояние между центрами опор; b – ширина образца; h – толщина образца, мм.

Результаты измерений и испытаний зубчатых клеевых соединений записывать в протокол.

Прочность зубчатого клеевого соединения должна быть не ниже нормативной прочности, установленной техническими требованиями на продукцию.

Прочностные показатели зубчатых клеевых соединений при статическом изгибе должны быть не менее, МПа: для стыков группы I – средний – 53, минимальный – 40; для стыков группы II – средний – 40, минимальный – 33.

Если показатели прочности ниже 30 МПа, проверку производят на удвоенном количестве образцов. При отрицательных результатах выпущенная в течение смены партия слоев в дальнейшее производство несущих клеевых конструкций не допускается и может использоваться для изготовления других, менее ответственных изделий.

Порядок выполнения работы

Оборудование и инструменты: разрывная машина Р-5, приспособление для испытаний образцов на статический изгиб (основание с опорами, нагружающие ножи), штангенциркуль, влагомер.

Определение параметров соединения. Занести в протокол породу древесины, наименование и марку клея, группу стыков и режим склеивания.

Измерить в каждом образце длину шипа (L) и шаг соединения (t); по середине длины образца измерить ширину (b) в направлении, перпендикулярном приложению нагрузки, и толщину (h) в направлении приложения нагрузки. Полученные данные записать в протокол (таблица 6.1).

Т а б л и ц а 6.1 – Результаты испытаний на статический изгиб зубчатого клеевого соединения

Номера образцов	Размеры поперечного сечения		Расстояние между центрами опор l , мм	Разрушающая нагрузка $P_{\text{разр}}$, Н	Предел прочности σ , МПа	Влажность W , %	Характер разрушения
	ширина b , мм	толщина h , мм					
1							
2							
3							

Экспериментальная часть Испытания проводят по схеме, приведенной на рисунок 6.3, с приложением нагрузки на пласт. Подготовленный образец устанавливают на опоры приспособления и закрывают ограждающее устройство.

Включают машину и нагружают образец равномерно с постоянной скоростью, равной 8 мм/мин. По шкале машины определяют максимальную разрушающую нагрузку $P_{\text{разр}}$.

Непосредственно после испытания определяют влажность образцов в соответствии с ГОСТом 16588. Пробу на влажность берут вблизи излома из каждой половины образца. За контрольную величину принимают большее значение влажности одной из половин образца.

Обработка результатов эксперимента

После завершения эксперимента заполнить все графы таблицы 6.1. Провести осмотр поверхностей разрушения, описывается характер разрушения.

Рассчитать предел прочности зубчатого клеевого соединения при статическом изгибе. Сравнить полученный результат с нормативными требованиями.

Контрольные вопросы

- 1 Какие виды зубчатых соединений Вы знаете?
- 2 Назвать основные параметры зубчатых клеевых соединений.
- 3 Как определить предел прочности зубчатого клеевого соединения при статическом изгибе?
- 4 Рассказать сущность испытания зубчатого клеевого соединения при статическом изгибе.

Лабораторная работа № 7

ПРОЧНОСТЬ КЛЕЕВЫХ СОЕДИНЕНИЙ ИЗ ДРЕВЕСИНЫ ПРИ ПОСЛОЙНОМ СКАЛЫВАНИИ

Цель работы: проверить на практике качество склеивания заготовок из массивной древесины с целью определения предела прочности клеевого соединения при скалывании вдоль волокон древесины; изучить требования, предъявляемых к склеиванию древесных материалов и клеевым материалам.

Краткие сведения из теории

Оценку прочности клеевых конструкций необходимо производить по результатам контрольных механических испытаний вырезанных из торцов клеевых элементов образцов на послойное скалывание.

Испытание производится по ГОСТ 9624–2009 «Древесина слоистая клеевая. Метод определения предела прочности при скалывании»

Образцы выпиливают до нанесения защитных покрытий из каждого 10-го элемента, имеющего объем менее 2 м^3 , из каждого 3-го элемента, имеющего объем более 2 м^3 и из каждого элемента объемом более 10 м^3 по окончании технологической выдержки после распрессовки, совмещая вырезку образцов с торцовкой клеевых элементов. Скалыванию подвергают не менее 10 % всех клеевых прослоек образцов, но не менее 5 сечений.

При контроле качества изготовления заготовки для образцов выпиливают из торцевых частей изделий или конструкций при доведении их до проектных размеров (рисунок 7.1). При этом толщина отпада должна быть не менее 50 мм.

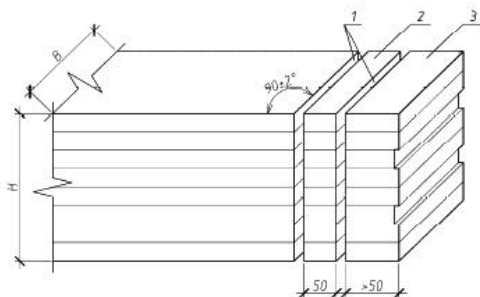


Рисунок 7.1 – Схема выпиливания заготовки для образцов на послойное скалывание:
1 – пропилы; 2 – заготовка для образцов; 3 – отпад

Заготовки распиливают на образцы в виде прямоугольной призмы сечением $(50 \times 50) \pm 0,5$ мм и высотой H , равной высоте сечения изделия или конструкции. Противоположные плоскости образцов должны быть параллельны между собой, а клеевые прослойки – перпендикулярны плоскости пропила.

Предел прочности при скалывании вычисляют с точностью до 0,1 МПа по формуле

$$\tau = \frac{P_{\text{разр}}}{bl},$$

где $P_{\text{разр}}$ – разрушающая нагрузка; b и l – сечение клевого соединения.

Показатели прочности при испытании образцов на послойное скалывание (при влажности древесины 8–12 %) должны быть для клеевых швов не менее, МПа: средний – 8, минимальный – 6; для древесины не менее: средний – 5, минимальный – 3,2 (приложение А ТКП 45-5.05-146–2009).

Порядок выполнения работы

Оборудование и инструменты: разрывная машина Р-5, приспособление для послойного скалывания, штангенциркуль, влагомер.

Определение параметров соединения. Занести в протокол следующие характеристики, как порода древесины, наименование и марка клея, толщина и качество слоев древесины в образце.

Усредненные данные о сечении образца по результатам его измерения (соответственно в середине и на концах) с точностью до 0,1 мм заносят в протокол. В местах измерений сечения образца определяют его влажность, усредненный показатель которой должен быть отражен в протоколе.

Экспериментальная часть. Образцы испытывают на скалывание по клея-вым прослойкам или древесины в специальном приспособлении (рисунок 7.2).

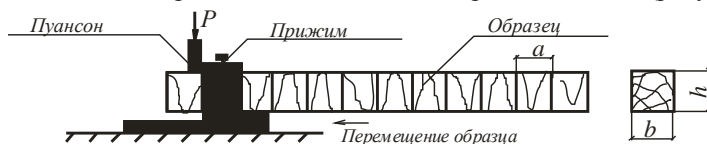


Рисунок 7.2 – Схема испытания образцов на послойное скалывание

Приспособление устанавливают на нижнюю опорную плиту машины Р-5. Образец помещают в проем приспособления таким образом, чтобы направление волокон совпало с направлением приложения нагрузки. Нагрузку на образец передают через пуансон. При помощи прижима образец закрепляют в таком положении, чтобы испытываемое сечение образца было расположено в одной плоскости с задней по ходу подачи образца гранью пуансона. Затем при вертикальном перемещении пуансона образец доводят до разрушения.

Цикл испытаний повторяют для каждого следующего сечения после соответствующего перемещения и закрепления образца.

Испытания проводят при скорости перемещения нагружающей головки 10 мм/мин; величину разрушающей нагрузки $P_{\text{разр}}$ и характер разрушения клевого соединения заносят в протокол (таблица 7.1).

Т а б л и ц а 7.1 – Результаты испытаний на скалывание

№ слоя	Разрушающая нагрузка $P_{\text{разр}}$, кН		Предел прочности скалывания τ , МПа		Характер разрушения
	клеевой шов	древесина	клеевой шов	древесина	
1	2	3	4	5	6
1					
2					
3					
4					
5					

Примечание – В графы 2, 4 заносят разрушающую нагрузку и прочность всех сечений, испытываемых для определения прочности клеевых швов, даже при 100%-ном разрушении по древесине.

Обработка результатов эксперимента. После завершения эксперимента заполнить все графы таблицы 7.1. Произвести осмотр поверхностей разрушения, описать характер разрушения.

Рассчитать предел прочности древесины и клевого шва при послойном скалывании. Сравнить полученный результат с нормативными требованиями.

Контрольные вопросы

- 1 Каким образом проводится оценка прочности клееных образцов?
- 2 От чего зависит количество образцов для испытания на послойное скалывание?
- 3 Каким образом изготавливаются образцы для послойного скалывания?
- 4 Как определяется предел прочности при скалывании?

ПРИЛОЖЕНИЕ А

(справочное)

Справочные данные для расчета соединений на лобовой врубке

Т а б л и ц а А.1 – Значения k_{mod} для древесины и фанеры

Вид нагрузки		Класс условий эксплуатации				
		1	2	3	4	5
Постоянная		0,80	0,80	0,75	0,70	0,65
Длительная		0,95	0,95	0,85	0,80	0,70
Кратковременная	снеговая с полным значением	1,05	1,05	0,95	0,90	0,80
	ветровая, монтажная	1,20	1,20	1,05	1,00	0,85
Особая		1,45	1,45	1,30	1,25	1,15

Примечание – Если сочетание нагрузок состоит из нагрузок, принадлежащих разным видам, то значение коэффициента k_{mod} следует принимать для нагрузки с более короткой продолжительностью действия. Если в сочетании нагрузок доля постоянной и длительной нагрузок превышает 80 % суммарного значения всех нагрузок, то k_{mod} следует принимать как для длительной нагрузки, если указанная доля превышает 90 %, то k_{mod} следует принимать как для постоянной нагрузки.

Расчетные сопротивления древесины сосны (кроме веймутовой), ели, лиственницы европейской приведены в таблице А.2. Расчетные сопротивления для других пород древесины устанавливаются путем умножения значений, приведенных в таблице А.2, на переходные коэффициенты k_x , указанные в таблице А.3.

Т а б л и ц а А.2 – Расчетные сопротивления древесины

Напряженное состояние и характеристика элементов	Обозначение	Расчетные сопротивления, МПа, древесины сортов		
		1	2	3
1 Изгиб, сжатие и смятие вдоль волокон: <i>a)</i> элементы прямоугольного сечения (за исключением указанных в перечислениях <i>б), в)</i>) высотой до 0,5 м	$f_{m,d}$ $f_{c,0,d}$, $f_{cm,0,d}$	14,0	13,0	8,5
<i>б)</i> элементы прямоугольного сечения шириной от 0,11 до 0,13 м при высоте сечения от 0,11 до 0,5 м		15,0	14,0	10,0
<i>в)</i> элементы прямоугольного сечения шириной свыше 0,13 м при высоте сечения от 0,13 до 0,5 м		16,0	15,0	11,0
2 Сжатие и смятие по всей площади поперек волокон	$f_{c,90,d}$ $f_{cm,90,d}$	1,8	1,8	1,8
3 Скалывание вдоль волокон: <i>a)</i> при изгибе неклееных элементов	$f_{v,0,d}$	1,8	1,6	1,6
<i>б)</i> при изгибе клееных элементов		1,6	1,5	1,5
<i>в)</i> в лобовых врубках для максимального напряжения		2,4	2,1	2,1
<i>г)</i> местное в клеевых соединениях для максимального напряжения		2,1	2,1	2,1

Т а б л и ц а А.3 – Значения коэффициента k_x для породы древесины

Породы древесины	k_x для расчетных сопротивлений		
	растяжению, изгибу, сжатую и смятию вдоль волокон $f_{t,0,d}, f_{m,d}, f_{c,0,d}, f_{cm,0,d}$	сжатую и смятию поперек волокон $f_{c,90,d}, f_{cm,90,d}$	скалыванию, растяжению $f_{v,0,d}, f_{t,90,d}$
<i>Хвойные</i>			
Лиственница	1,20	1,20	1,00
Кедр сибирский,	0,90	0,90	0,90
Кедр Красноярского края, сосна веймутова	0,65	0,65	0,65
Пихта	0,80	0,80	0,80
<i>Твердые лиственные</i>			
Дуб	1,3	2,0	1,3
Ясень, клен, граб	1,3	2,0	1,6
Акация	1,5	2,2	1,8
Береза, бук	1,1	1,6	1,3
Вяз, ильм	1,0	1,6	1,0
<i>Мягкие лиственные</i>			
Ольха, липа, осина, то- поль	0,8	1,0	0,8

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

(справочное)

Справочные данные для расчета нагельных соединений

Т а б л и ц а Б.1 – Расчетные значения сопротивления древесины смятию $f_{h,1,d}$ в нагельных соединениях

Вид соединения	Расчетное сопротивление древесины смятию в нагельных соединениях $f_{h,1,d}$, МПа	
	для гвоздей, стальных, алюминиевых и стеклопластиковых нагелей	для дубовых цилиндрических нагелей
Симметричные соединения	8,0	2,0
Несимметричные соединения:		
а) при $t_1 \leq 0,35t_2$	8,0	5,0
б) при $t_1 > 0,35t_2$ в зависимости от отношения t_1/t_2 :		
0,35	8,0	5,0
0,50	5,8	5,0
0,60	4,8	4,4
0,70	4,3	3,8
0,80	3,9	3,2
0,90	3,7	2,6
1,00	3,5	2,0

Т а б л и ц а Б.2 – Расчетные значения сопротивления древесины смятию $f_{h,2,d}$ в нагельных соединениях

Вид соединения	Расчетное сопротивление древесины смятию в нагельных соединениях $f_{h,2,d}$, МПа	
	для гвоздей, стальных, алюминиевых и стеклопластиковых нагелей	для дубовых цилиндрических нагелей
Симметричные соединения	5,0	3,0
Несимметричные соединения:		
при $t_1 \leq 0,5t_2$	2,5	1,4
при $t_1 = t_2$	3,5	2,0

Т а б л и ц а Б.3 – Расчетное сопротивление нагелей изгибу

Вид нагелей	Расчетное сопротивление нагелей изгибу $f_{h,d}$, МПа	Значения коэффициентов	
		k_n	$\beta_{n,max}$
Гвозди из стальной проволоки	25,0	0,063	0,077
Стальные нагели (болты и штыри) диаметром 8–24 мм	18,0	0,105	0,624
Алюминиевые нагели диаметром 8–24 мм	16,0	0,112	0,612
Нагели из стеклопластика АГ-4С диаметром 8–24 мм	14,5	0,117	0,491
Дубовые нагели	4,5	0,211	0,667

Т а б л и ц а Б.4 – Значения коэффициента k_α

Угол, град.	Значения коэффициента k_α					
	для стальных, алюминиевых и стеклопластиковых нагелей диаметром, мм					для дубовых нагелей
	до 8	12	16	20	24	
30	1,0	0,95	0,90	0,90	0,90	1,0
60	1,0	0,75	0,70	0,65	0,60	0,8
90	1,0	0,70	0,60	0,55	0,50	0,7

Примечание – Промежуточные значения определяются интерполяцией.

Т а б л и ц а Б.5 – Значения коэффициента k_t

Установившаяся температура воздуха, °С	35 и менее	50
Значения коэффициента k_t	1	0,8

Примечание – Для промежуточных значений температуры коэффициент k_t принимается по линейной интерполяции.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 **ТКП 45-5.05-146–2009 (02250)**. Деревянные конструкции. Строительные нормы проектирования. – Введ. 2010-01-01. – Минск : Минстройархитектуры РБ, 2009. – 63 с.
- 2 **ГОСТ 33120–2014**. Конструкции деревянные клееные. Методы определения прочности клеевых соединений. – Введ. 2015-07-01. – М : Стандартиформ, 2015. – 20 с.
- 3 **Семенов, К. В.** Конструкции из дерева и пластмасс: учеб. пособие для вузов / К. В. Семенов, М. Ю. Кононова. – СПб. : Изд-во Политехн. ун-та, 2013. – 132 с.
- 4 Конструкции из дерева и пластмасс : учеб. для техн. вузов / Д. К. Арленинов [и др.] ; под общ. ред. Д. К. Арленинова. – М. : АСВ, 2002. – 280 с.
- 5 **Калугин, А. В.** Деревянные конструкции : учеб. пособие / А. В. Калугин. – М. : АСВ, 2003. – 244 с.
- 6 Конструкции из дерева и пластмасс : учеб. пособие для вузов / Г. Н. Зубарев [и др.] ; под общ. ред. Ю.М. Хромца. – М.: Академия, 2004. – 304 с.
- 7 **Вольнский, В. Н.** Технология клееных материалов : учеб. пособие для вузов / В. Н. Вольнский. – 2-е изд., испр. и доп. – Архангельск : Арханг. гос. техн. ун-т, 2003. – 280 с.

Учебное издание

ГЕТИКОВА Марина Александровна

Конструкции из дерева

Лабораторный практикум

Редактор *А. А. Емельянченко*

Технический редактор *В. Н. Кучерова*

Компьютерный набор и верстка *М. А. Гетиковой, Т. И. Шляхтовой*

Подписано в печать 28.02.2019 г. Формат 60×84¹/₁₆.
Бумага офсетная. Гарнитура Times. Печать на ризографе.
Усл. печ. л. 2,09. Уч.-изд. л. 1,70. Тираж 100 экз.
Зак. № 932. Изд. № 9

Издатель и полиграфическое исполнение:
Белорусский государственный университет транспорта.
Свидетельство о государственной регистрации издателя,
изготовителя, распространителя печатных изданий

№ 1/361 от 13.06.2014.

№ 2/104 от 01.04.2014.

№ 3/1583 от 14.11.2017.

Ул. Кирова, 34, 246653, г. Гомель.

**МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТА И КОММУНИКАЦИЙ
РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ТРАНСПОРТА»**

Кафедра строительных технологий и конструкций

М. А. ГЕТИКОВА

КОНСТРУКЦИИ ИЗ ДЕРЕВА

Лабораторный практикум

Гомель 2019