

Министерство образования и науки РФ
Государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
Владимирский государственный университет
Кафедра строительных конструкций

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
К ЛАБОРАТОРНЫМ РАБОТАМ
ПО КОНСТРУКЦИЯМ ИЗ ДЕРЕВА И ПЛАСТМАСС**

Составители:
С.И. РОЩИНА
Е.А. СМИРНОВ
М.В. ГРЯЗНОВ

Владимир 2010

УДК 624.2.011 (075.8)

ББК 38.55.2

М54

Рецензент

Кандидат технических наук, профессор
Владимирского государственного университета
В.И. Воронов

Печатается по решению редакционного совета
Владимирского государственного университета

Методические указания к лабораторным работам по конст-
М54 рукциям из дерева и пластмасс / Владим. гос. ун-т ; сост. : С.И. Ро-
щина, Е.А. Смирнов, М.В. Грязнов. – Владимир : Изд-во Вла-
дим. гос. ун-та, 2010. – 46 с.

Содержат сведения о технике проведения эксперимента, об обработке опытных данных и сравнения экспериментальных результатов с теоретическими по дисциплине «Конструкции из дерева и пластмасс», «Конструкции городских зданий и сооружений», «Техническая эксплуатация сооружений, зданий и городских территорий». Способствуют более глубокому усвоению основных теоретических положений курса.

Предназначены для студентов дневной и заочной форм обучения специальности 270102 «Промышленное и гражданское строительство», 270105 «Городское строительство и хозяйство».

Табл. 8. Ил. 14. Библиогр.: 6 назв.

УДК 624.2.011 (075.8)

ББК 38.55.2

ВВЕДЕНИЕ

Выполнение лабораторных работ по конструкциям из дерева и пластмасс способствует более глубокому изучению практического курса, ознакомлению с работой деревянных и пластмассовых конструкций, закреплению знаний, дальнейшему изучению современной справочной литературы.

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

В случае неисправности оборудования, приборов или приспособлений необходимо заявить об этом преподавателю или заведующему лабораторией. Самовольно устранять неисправности категорически запрещается.

Во время работы студенты обязаны строго выполнять правила и порядок работы на оборудовании и приборах.

Студентам, не участвующим непосредственно в испытаниях, положено находиться на расстоянии, исключающем возможность получения травмы от разрушаемых образцов.

Запрещается заниматься посторонними делами, облакачиваться на оборудование и т.д.

Установку и снятие образцов следует производить только после остановки движущихся частей оборудования. Запрещается в момент испытания поправлять образец и касаться руками опорных столов и зажимов.

После окончания работы необходимо выключить оборудование или приборы и обесточить электропроводку.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1

ИЗУЧЕНИЕ РАБОТЫ ЛОБОВОЙ ВРУБКИ

Цель работы

Определить несущую способность врубки.

Задачи работы

1. Экспериментально определить деформацию смятия древесины под нагрузкой.
2. Построить график зависимости деформаций смятия от нагрузки.
3. Определить величину разрушающей нагрузки.
4. Установить характер разрушения соединения.
5. Выполнить анализ экспериментально-теоретических исследований.

Оборудование и приборы

1. Испытательный пресс.
2. Индикаторы часового типа с ценой деления 0,01 мм.
3. Штангенциркуль.

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Врубкой называется соединение, в котором усилие передается от одного элемента к другому непосредственно без вкладышей или иных рабочих связей. За этим видом соединения сохранилось старое название "врубка", хотя в настоящее время врезки и гнезда выполняют с помощью малой механизации электро- или мотопилой и т.п.

Основной областью применения врубок являются узловые соединения в брусчатых и бревенчатых фермах, в том числе в опорных узлах примыкания сжатого верхнего пояса к растянутому нижнему поясу.

Элементы врубок соединяются между собой вспомогательными монтажными (аварийными) связями – болтами, хомутами, скобами и т. п. Вспомогательные связи в основной работе соединения не участвуют, поскольку их начальная жесткость сопротивления сдвигу по сравнению с работой древесины ничтожно мала. Характерной особенно-

стью лобовых врубок под нагрузкой является работа древесины на скалывание вдоль волокон и смятие под углом λ к волокнам.

Соединение "врубка" утрачивает несущую способность при достижении одного из трех предельных состояний:

- 1) по смятию площадки упора $F_{см \alpha}$;
- 2) скалыванию площадки $F_{ск}$;
- 3) разрыву ослабленного врубкой элемента.

Испытанию подвергается модель простейшей треугольной фермы, опорные узлы которой выполнены в виде лобовой врубки (рис. 1).

Рабочая плоскость смятия во врубке должна располагаться перпендикулярно сжатому элементу, центровка усилия в растянутом элементе осуществляется по ослабленному врезкой сечению.

Длина плоскости скалывания должна быть $l_{ск} \geq 1,5h$ и $l_{ск} \geq 10h_{вр}$, где h – полная высота сечения скалываемого элемента, $h_{вр}$ – глубина врубки рекомендуется $h_{вр} \leq 1/3h$ согласно [1]. Большая глубина врубки чрезмерно ослабляет сечение, к тому же в этом случае возрастает вероятность появления на площадке скалывания усущенных трещин, направление которых близко к радиальному.

Согласно п. 5.3 [1] $l_{ск} / e$ должно быть не менее 3. Здесь e – плечо сил скалывания, принимается $e = 0,5h$, при расчете элементов с несимметричной врезкой. В процессе лабораторной работы определяются теоретические и фактические величины разрушающей нагрузки и деформации смятия врубки.

Порода древесины и влажность материала сообщаются преподавателем перед началом работы.

ПОРЯДОК ПРОВЕДЕНИЯ РАБОТЫ

1. Определение фактических размеров сечения

Замеряют и заносят в отчет по лабораторным работам:

- угол примыкания скатных элементов α ;
- ширину поясов b ;
- высоту нижнего пояса h ;
- глубину врубки $h_{вр}$;

- длину площадки скалывания $l_{ск}$;
- плечо пары сил e .

Проверяют, укладываются ли размеры врубки в ограничения п. 5.3 и 5.11 [1].

По наличию пороков определяют сорт древесины. Записывают породу древесины и влажность.

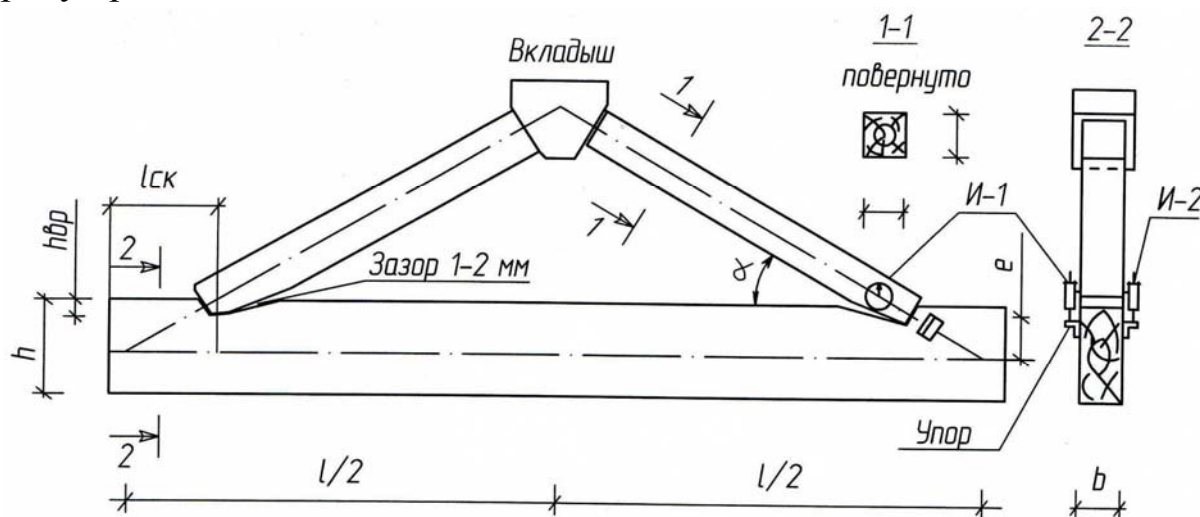


Рис. 1. Конструкция лобовой врубки и размещение приборов

2. Определение расчетных сопротивлений

Расчетную несущую способность соединения определяют из условия смятия и скалывания древесины согласно указаниям п. 5.2, 5.10 и 5.12, а расчетные сопротивления материалов принимают по п. 3.1 [1].

Расчетное сопротивление смятию вдоль под углом α к направлению волокон определяем с помощью выражения

$$R_{см\alpha} = R_{см} / (1 + (R_{см} / R_{см.90} - 1) \sin^3 \alpha),$$

где $R_{см}$ – расчетное сопротивление смятию вдоль волокон;

$R_{см.90}$ – расчетное сопротивление смятию поперек волокон.

Среднее по площадке скалыванию расчетное сопротивление скалыванию вдоль волокон $R_{ск}^{cp}$ определяем по п. 5.3 [1]:

$$R_{ск}^{cp} = \frac{R_{ск}}{1 + \beta l_{ск} / e},$$

где $\beta = 0,25$ для одностороннего скалывания (эпюра напряжений по длине площадки скалывания приведена на рис. 2).

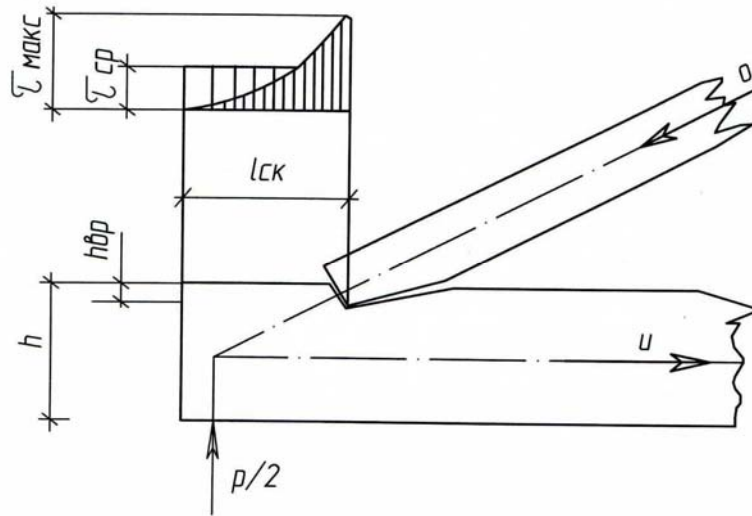


Рис. 2. Эпюры скалывающих напряжений

3. Определение усилий

Из диаграммы усилий (рис. 3) следует

$$U = \frac{P}{2 \operatorname{tg} \alpha}; \quad p = 2U \operatorname{tg} \alpha.$$

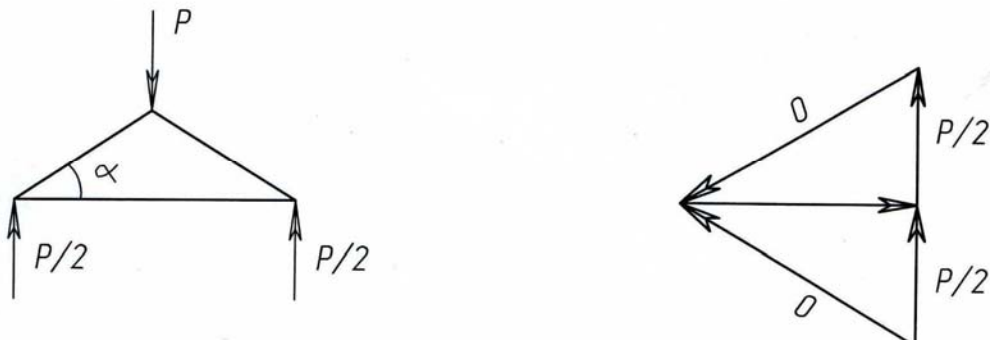


Рис. 3. Диаграмма усилий

4. Определение расчетной несущей способности врубки

Из условия скалывания $U_{\text{ск}} = R_{\text{ск}}^{\text{cp}} l_{\text{ск}} b.$

Из условия смятия $U_{\text{см}} = R_{\text{см} \alpha} h_{\text{вр}} b.$

5. Определение расчетной нагрузки

Из условия скалывания $P_{\text{ск}} = 2U_{\text{ск}} \operatorname{tg} \alpha.$

Из условия смятия $P_{см} = 2U_{см} \operatorname{tg} \alpha$.

Меньшая величина является расчетной нагрузкой $P_{рас}$.

6. Определение теоретического значения разрушающей нагрузки при кратковременном машинном испытании

Обычно врубка конструируется так, чтобы расчетная несущая способность по скалыванию была больше, чем по смятию, так как хрупкое скалывание опаснее вязкого смятия. При испытаниях разрушение врубки происходит все же от скалывания.

Причина в том, что расчетное сопротивление смятия устанавливается не из условия прочности, а из условия ограничения деформаций смятия.

Поэтому при определении теоретической величины разрушающей нагрузки необходимо исходить из несущей способности врубки по скалыванию.

Расчетное сопротивление древесины определяется с учетом длительного воздействия нагрузки и наличия пороков. Поэтому разрушающая нагрузка при кратковременных машинных испытаниях составляет:

а) при наличии в древесине сучков и других пороков в удовлетворяющих для данного сорта пределах

$$P_{раз.м} = P_{ск} / K_{дл},$$

где $K_{дл} = 0,66$ – коэффициент длительного сопротивления древесины, учитывает уменьшение предела прочности при длительном действии нагрузки;

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

$$P_{раз.м} = P_{ск} / K_{одн},$$

где $K_{одн} = 0,7$ – коэффициент однородности при работе на скалывание.

7. Определение теоретической величины

При длительном воздействии расчетной нагрузки расчетная деформация соединения согласно табл. 15 [1] $\Delta'_m = 1,5$ мм.

При кратковременном нагружении расчетная деформация соединения приближенно равна

$$\Delta_T = \Delta'_T K_{дл}.$$

УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ РАБОТЫ

Испытания можно выполнять на гидравлической или механической машине с нагрузкой по шкале до 50 кН.

Обычно разрушение врубки происходит от скалывания древесины (хрупкое разрушение), поэтому образец должен быть закреплен, кроме того, должны быть установлены ограждения против торцов образца.

Во избежание несчастных случаев во время испытаний нельзя находиться против торцов образца.

При испытании образца определяются разрушающая нагрузка и деформации смятия врубки.

Схема испытания образца показана на рис. 4.

Деформации смятия врубки замеряются двумя индикаторами часового типа с ценой деления 0,01 мм. Образец загружают ступенями по 1,0 кН.

Отсчеты по индикаторам берут при нулевой нагрузке и на каждой ступени загрузки и записывают в журнал испытания, форма которого представлена в табл. 1.

Таблица 1

ЖУРНАЛ ИСПЫТАНИЯ Определение деформации лобовой врубки

Нагрузка, кН (кгс)	Индикатор № 1		Индикатор № 2		Средняя полная деформация, мм
	Отсчет по прибору	Полная деформация, мм	Отсчет по прибору	Полная деформация, мм	

После нагружения до расчетной нагрузки $P_{рас}$ индикаторы снимают и производят дальнейшее загрузжение образца до его разрушения, определяют разрушающую нагрузку $P_{раз}$.

Полные деформации смятия врубки определяются по данным отсчетов индикаторов, для чего из отсчета при нулевой нагрузке нужно вычесть отсчет при нагрузке последующей ступени нагружения, и затем определить среднее значение полной деформации по двум индикаторам.

По вычисленным средним значениям деформации строится график зависимости деформаций смятия врубки от нагрузки. По данному графику определяется величина полной деформации 3 смятия врубки при расчетной нагрузке, а также величина рыхлых 1 и упругих 2 деформаций смятия врубки, как показано на рис. 4.

Заключительным этапом работы является сравнение фактических разрушающей нагрузки и деформаций смятия врубки, полученных в результате испытания, с их теоретическими значениями, определенными ранее.

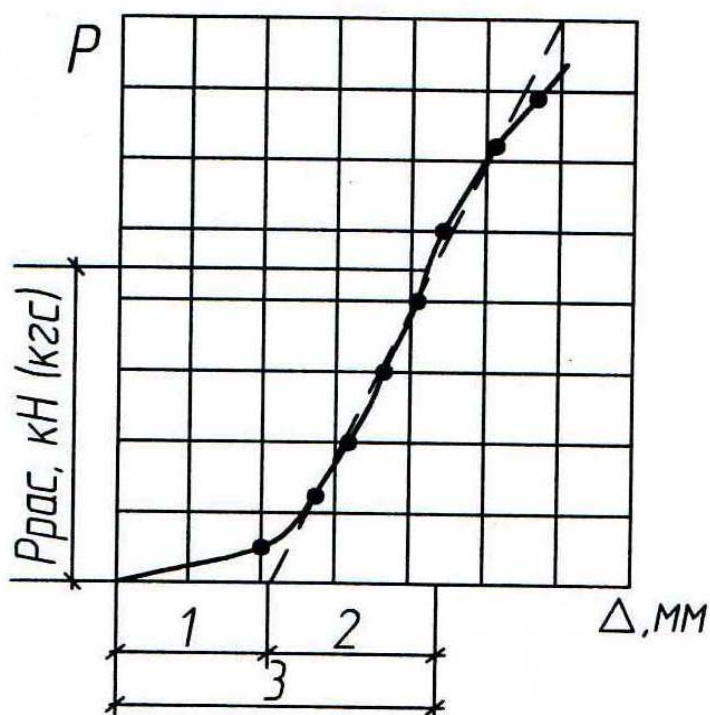


Рис. 4. Определение рыхлых и упругих деформаций

8. Сравнение опытных величин с теоретическими

Отклонения вычисляют в процентах с учетом знака:

а) разрушающей нагрузки

$$\frac{P_{\text{раз}} - P_{\text{раз.т}}}{P_{\text{раз.т}}} 100\% ;$$

б) деформации смятия

$$\frac{\Delta_{\text{см}} - \Delta_{\text{т}}}{\Delta_{\text{т}}} 100\% ,$$

где $\Delta_{\text{см}}$ – определяется как разница между полной и рыхлой деформациями врубки;

в) коэффициент надежности

$$K = P_{\text{раз}} / P_{\text{рас}} .$$

9. Выводы по результатам испытания

В выводах описывают характер разрушения соединения, дают зарисовки разрушенных образцов, а также анализируют сходимость теоретических и опытных величин.

ОФОРМЛЕНИЕ ОТЧЕТА

В отчете представляют: цель и задачи работы, исходные данные (схему модели, конструктивную схему и размеры врубки), расчет разрушающей нагрузки, схему размещения приборов, журнал определения фактической деформации смятия врубки.

Строят график зависимости деформации смятия врубки от нагрузки, по которому определяют величины полной, рыхлой и упругой деформаций врубки при расчетной нагрузке.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Как осуществляется центровка усилий в лобовой врубке?
2. Каково положение площадки смятия в элементах нормальной лобовой врубки?

3. Как исключается возможность разрыва нижнего пояса в соединении на врубке?
4. Из каких условий определяется расчетная несущая способность соединения?
5. От чего зависит характер разрушения врубки?
6. При каком соотношении между расчетной несущей способностью по скалыванию $P_{ск}$ и смятию $P_{см}$ выше надежность соединения?
7. Каково соотношение между расчетными сопротивлениями древесины в лобовой врубке смятию под углом к волокнам $R_{см\alpha}$, вдоль волокон $R_{см}$ и поперек волокон $R_{см.90}$?
8. У какого элемента проверяется площадка смятия при расчете врубки?
9. Какое расчетное сопротивление смятию принимается при расчете места упора элементов врубки?
10. Как определены касательные напряжения по площадке скалывания?
11. Как учитывается неравномерность распределения касательных напряжений по площадке скалывания?
12. По какой формуле определяется расчетное сопротивление скалыванию, среднее по площадке скалывания в лобовой врубке?
13. Как влияет угол сопряжения элементов на работу врубки?
14. Где на графике деформации врубки полная, упругая и рыхлая составляющие?
15. Какова расчетная деформация врубки при длительном воздействии расчетной нагрузки?
16. Как по результатам опыта определяется коэффициент надежности соединения?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2

ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ ГВОЗДЕВОГО СОЕДИНЕНИЯ

Цель работы

Определить несущую способность гвоздевого соединения.

Задачи работы

1. Определить разрушающую нагрузку.
2. Выявить влияние шляпок гвоздей на несущую способность соединения.
3. Определить нагрузку, при которой резко возрастают остаточные деформации.
4. Определить деформацию соединения при расчетной нагрузке.

Оборудование и приборы

1. Пресс гидравлический ПР-10.
2. Индикаторы часового типа с ценой деления 0,01 мм.
3. Штангенциркуль.

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Соединения с изгибаемыми гвоздями применяются в стыках и узлах дощатых конструкций, препятствуя взаимным смещениям соединяемых элементов. В связи с этим древесина в гвоздевом соединении работает на смятие.

Гвоздевые соединения могут быть симметричными и несимметричными, а по количеству условных срезов, пересекающих ось гвоздя, односрезными и многосрезными п. 5.13 [1].

Диаметр гвоздей, забиваемых в цельную древесину, не превышает 6 мм.

Гвоздь при забивке частично разрывает и раздвигает волокна древесины, образуя в ней отверстие с уплотненными стенками. Благодаря этому он прочно зажимается в древесине и хорошо сопротивляется выдергиванию, и поэтому несущая способность гвоздевого соединения не зависит от угла между направлением действия силы и направлением

волокон. По этой же причине в гвоздевом соединении возникают дополнительные усилия растяжения поперек волокон, а малая изгибная жесткость гвоздей приводит к повышенной ползучести соединения в целом.

Правила расстановки гвоздей в соединениях исключают опасность преждевременного скалывания и раскалывания соединяемых элементов, которая повышается по мере уменьшения их толщины. Поэтому диаметр гвоздей должен быть не более $1/4$ толщины пробиваемых элементов.

По п. 5.21 [1] расстояния между гвоздями диаметром d вдоль волокон соединяемых элементов должны быть не менее: от торцов – $15d$; между осями $15d$ в элементах толщиной, равной и большей $10d$ между осями $25d$ в элементах толщиной, равной $4d$, а в элементах промежуточной толщины расстояния между гвоздями принимают по интерполяции.

Расстояния между гвоздями поперек волокон и до кромок элементов должны быть при прямой расстановке не менее $4d$, а при расстановках в шахматном порядке и косыми рядами – не менее $3d$ (см. п. 5.18 и 5.21 [1]).

При определении расчетной несущей способности гвоздевого соединения рабочая толщина последней доски принимается меньше фактической:

- а) при пробивании соединяемых элементов насквозь на $1,5d$;
- б) при глухом защемлении без выхода гвоздя наружу не учитывается длина острья $1,5d$; кроме того, из длины гвоздя при определении длины его защемления вычитается по 2 мм на каждый шов между соединениями. Если расчетная длина меньше $4d$, то его работу в примыкающем элементе учитывать не следует (см. п. 5.20 [1]).

ПОРЯДОК ПРОВЕДЕНИЯ РАБОТЫ

1. Определение фактических размеров образца и изображения его конструкции

На рис. 5 представлена конструкция образца гвоздевого соединения с размещением приборов.

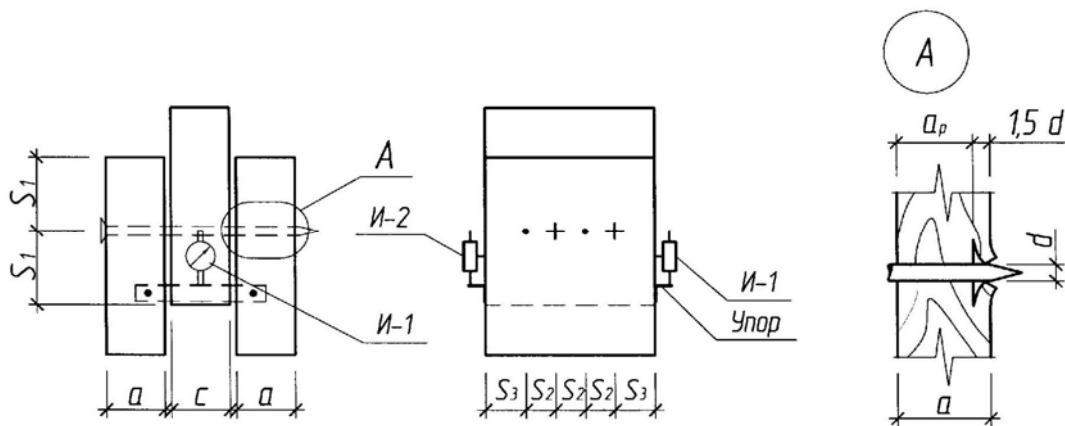


Рис. 5. Конструкция образца гвоздевого соединения с размещением приборов

Замеряют и заносят в отчет по лабораторным работам фактические размеры образца:

- толщину крайних элементов – a ;
- толщину среднего элемента – c ;
- диаметр гвоздей – d ;
- длину гвоздей – l ;
- расстояние вдоль волокон от торцов элементов до оси гвоздя – S_1 ;
- расстояние между осями гвоздей поперек волокон – S_2 ;
- расстояние от кромки доски до оси гвоздя поперек волокон – S_3 .

Фиксируют основные данные для расчета:

- материала образца;
- количества условных срезов $n_{ср}$;
- количества гвоздей m .

Определяют расчетную толщину крайнего элемента; так как гвоздь пробивает крайнюю доску насквозь и возможен отщеп в доске при забивке, то $a_p = a - 1,5d$.

2. Определение расчетной несущей способности гвоздя на один условный срез

Из условия смятия крайних элементов с учетом их различной расчетной толщины:

а) для шва со стороны забивки гвоздя расчетная толщина доски равна толщине доски

$$T'_a = 80ad ;$$

б) для шва со стороны острия гвоздя фактическая толщина доски уменьшается на $1,5 ad$

$$T_a'' = 80ad .$$

Из условия смятия среднего элемента $T_c = 50cd$.

Из условия изгиба гвоздя:

– для шва со стороны забивки гвоздя $T_{и}' = 250d^2 + a^2$;

– для шва со стороны острия гвоздя $T_{и}'' = 250d^2 + a_p^2$.

Наибольшая несущая способность $T_{и}''' = 400d^2$.

3. Определение расчетной несущей способности соединения

Минимальная несущая способность одного условного среза гвоздя:

а) для шва со стороны забивки гвоздя – T_{\min}' ;

б) для шва со стороны острия гвоздя – T_{\min}'' .

Минимальная расчетная несущая способность одного двухсрезного гвоздя

$$n_{\text{ср}} = 2; \quad T_{\text{рас}} = T_{\min}' + T_{\min}'' .$$

Расчетная несущая способность соединения

$$P = T_{\text{рас}} m .$$

Теоретическая величина нагрузки, при которой резко возрастают остаточные деформации, с учетом кратковременности ее действия при испытании

$$P_{\text{деф.т}} = P / K_{\text{дл}} ,$$

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

УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ РАБОТЫ

Во время испытания образца определяется разрушающая нагрузка. Испытание можно выполнять на прессе ПР-10 или другой аналогичной машине с нагрузкой по шкале до 20 кН (2000 кгс). В ходе испытания измеряют и записывают в журнал (табл. 2) деформации соединения по данным двух индикаторов. Установка индикаторов показана на рис. 5.

Для ликвидации рыхлых деформаций образец предварительно загружают нагрузкой в 1,0 кН (100 кгс), которая принимается в дальнейшем за условный нуль.

Испытание ведется непрерывно с постоянной скоростью нагружения и разгрузки, равной примерно 0,3 кН/с (30 кгс/с).

Нагрузка увеличивается ступенями в 2 кН (200 кгс) с разгрузкой после каждого цикла до условного нуля (рис. 6).

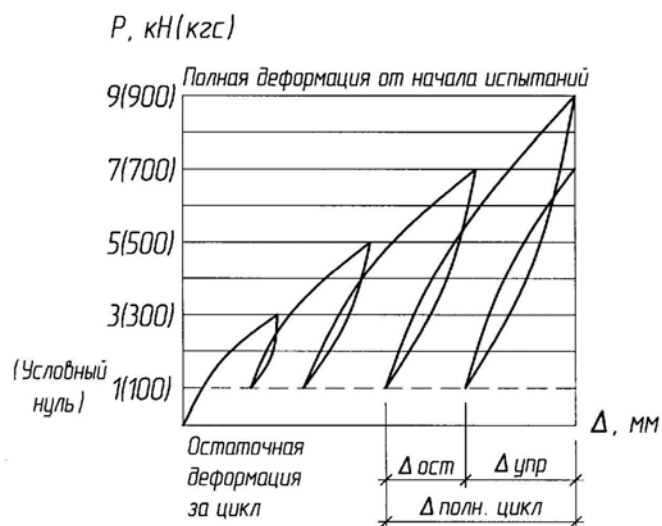


Рис. 6. График зависимости между нагрузкой P и деформацией

Отсчеты по индикаторам фиксируют в тот момент, когда нагрузка достигает соответствующей ступени либо условного нуля. Величину разрушающей нагрузки определяют по силоизмерителю машины, когда при непрерывном росте деформаций нагрузка не увеличивается.

Величина нагрузки, при которой резко возрастают остаточные деформации ($P_{деф}$), определяется следующим образом.

1. По табл. 2 вычисляются средние (по двум индикаторам) величины упругих и остаточных деформаций за цикл. Предварительно определяют полные и упругие деформации за цикл отдельно по каждому индикатору.

Для определения полной деформации за данный цикл следует из отсчета при нагрузке вычесть предыдущий отсчет при условном нуле. Для определения упругой деформации нужно из отсчета при нагрузке вычесть последующий отсчет при условном нуле (см. рис. 6).

2. Строится график зависимости между упругими $\Delta_{упр}$ и остаточными деформациями $\Delta_{ост}$, как показано на рис. 7.

Каждая точка этого графика соответствует определенной нагрузке.

3. По графику находится нагрузка, при которой резко возрастают остаточные деформации. Ей соответствует точка перелома двух прямых (см. рис. 7).

По данным испытания определяется полная деформация соединения при расчетной нагрузке, считая от начала испытания, т. е. от нагрузки, равной нулю. Полная деформация равна разности между отсчетами при расчетной нагрузке и до испытания.

Заключительным этапом работы является сравнение фактических величин: нагрузки, при которой резко возрастают остаточные деформации, и деформации сдвига при расчетной нагрузке, полученной в результате испытаний, с их теоретическими значениями, определенными по вышеприведённым формулам или по нормам.

Сравнение опытных величин с теоретическими в процентах

Опытные значения несущей способности соединения P_{max} сравнивают с теоретической несущей способностью.

Опытное значение нагрузки, при которой резко возрастают остаточные деформации $P_{деф}$,

$$\frac{P_{деф} - P_{деф.т}}{P_{деф.т}} 100 \%$$

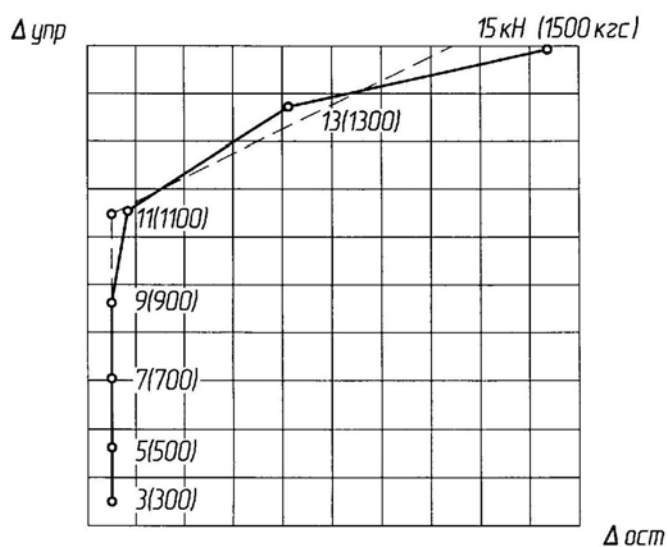


Рис. 7. График зависимости между упругой $\Delta_{упр}$ и остаточной $\Delta_{ост}$ деформациями

Опытное значение полной деформации соединения при расчетной нагрузке Δ_o , мм

$$\frac{\Delta_o - \Delta_T}{\Delta_T} 100\%$$

При кратковременном нагружении расчетная деформация соединения приближенно равна

$$\Delta_T = \Delta'_T K_{дл},$$

где Δ'_T – деформация соединения на гвоздях при расчетной нагрузке по табл. 15 [1] равна 2 мм.

Коэффициент надежности $K = P_{max} / P$.

Таблица 2

ЖУРНАЛ ИСПЫТАНИЯ Определение деформации соединения на гвоздях

На- грузка, кН (кгс)	Индикатор № 1				Индикатор № 2				Средние деформации за цикл, мм			
	Отсчет по прибо- ру, мм	Полная дефор- мация за цикл, мм	Упругая дефор- мация образца, мм	Полная дефор- мация образца, мм	Отсчет по прибо- ру, мм	Полная дефор- мация за цикл, мм	Упругая дефор- мация образца, мм	Полная дефор- мация образ- ца, мм	Пол- ная за цикл	Уп- ругая	Оста- точ- ная	Полная дефор- мация образца
0 (0)												
1 (100)												
3 (300)												
1 (100)												
5 (500)												
1 (100)												
7 (700)												
1 (100)												
9 (900)												
1 (100)												
11 (1100)												
1 (100)												
13 (1300)												
1 (100)												
15 (1500)												
1 (100)												
$P_{раз}$												

4. Выводы по результатам испытания (см. лаб. работу № 1, п. 9)

ОФОРМЛЕНИЕ ОТЧЕТА

В отчете представляют: цель и задачи работы, исходные данные (конструктивную схему образца и основные размеры), расчет разрушающей нагрузки, схему размещения приборов, журнал определения деформации соединения на гвоздях.

Строят график зависимости между упругой и остаточной деформациями и по нему определяют нагрузку, при которой резко возрастают остаточные деформации.

В выводах по результатам испытания описывают характер разрушения соединения, дают зарисовку разрушенного образца, а также объясняют влияние шляпок гвоздей на несущую способность соединения и анализируют сходимость теоретических и опытных величин.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Чем отличается симметричное гвоздевое соединение от несимметричного?
2. Как устраняется опасность скалывания и раскалывания между гвоздями?
3. Максимальный диаметр гвоздей, забиваемых без предварительной рассверловки отверстий?
4. Как определить защемленную длину гвоздя?
5. Чему равны предельные расстояния между осями гвоздей вдоль волокон древесины?
6. Чему равны предельные расстояния между осями гвоздей поперек волокон древесины?
7. Как определить оптимальный диаметр гвоздя в соединении?
8. Как рассчитать несущую способность гвоздя по изгибу на один условный срез?
9. Как рассчитать несущую способность гвоздя по смятию древесины на один условный срез?
10. Какой режим нагружения применяется при экспериментальном определении несущей способности гвоздевого соединения?

11. Как проявляется потеря несущей способности гвоздевого соединения?
12. Каково влияние шляпок гвоздей на несущую способность соединения?
13. Какова расчетная величина деформации гвоздевого соединения в постоянных сооружениях при полном использовании его несущей способности?
14. Как по результатам испытания гвоздевого соединения определить разрушающую нагрузку?
15. Как определить полную Δ_n деформацию соединения?
16. Как определяется коэффициент надежности гвоздевого соединения?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3 ИСПЫТАНИЕ СОЕДИНЕНИЯ НА НАГЕЛЯХ

Цель работы

Определить максимальную несущую способность соединения.

Задачи работы

1. Определить нагрузку, при которой резко возрастают остаточные деформации.
2. Определить деформацию соединения при расчетной нагрузке.

Оборудование и приборы

1. Испытательная машина ПГ-10.
2. Индикаторы часового типа с ценой деления 0,01 мм.
3. Штангенциркуль.

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Нагелями в деревянных конструкциях называют гибкие стержни, пластинки или иные вкладыши, препятствующие сдвигу соединяемых элементов и работающие в основном на изгиб.

Нагельные соединения являются безраспорными, что обеспечивается защемлением нагеля в нагельном гнезде. По наличию или отсутствию симметрии изогнутой оси нагеля соединения могут быть симметричными или несимметричными, а по числу плоскостей сдвига – двухсрезными и многосрезными. Под цилиндрические нагели (штыри, болты) отверстия сверлят в пакете, диаметром, равным диаметру нагеля.

В нагельных соединениях скалывание древесины исключается конструктивными мероприятиями, для этого расстояния S_1 , S_2 , S_3 должны быть не меньше минимальных величин, приведенных в п. 5.18 [1] (рис. 8).

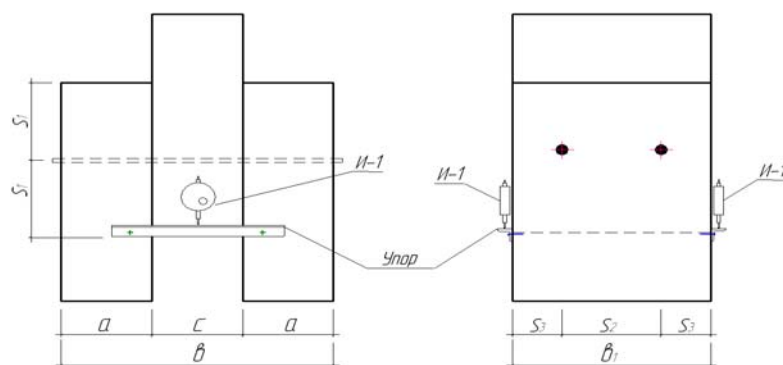


Рис. 8. Конструкция соединения на нагелях

Расчетная несущая способность на один условный срез в нагельном соединении определяется по табл. 17 [1]. Испытанию подвергается симметричное двухсрезное соединение на цилиндрических нагелях из стали либо алюминия, либо стеклопластика (см. рис. 8).

ПОРЯДОК ПРОВЕДЕНИЯ РАБОТЫ

1. Определение фактических размеров соединения и его отдельных элементов

Определяют и заносят в отчет по лабораторной работе исходные данные:

- породу древесины и ее влажность;
- тип нагелей и их материал;
- число нагелей m ;
- количество условных срезов $n_{ср}$.

Замеряют штангенциркулем с точностью до 0,1 мм и заносят в отчет следующие размеры:

- диаметр нагеля d ;
- длину нагеля l_n ;
- толщину крайних элементов a ;
- толщину среднего элемента c ;
- толщину пакета соединяемых элементов b ;
- ширину пакета b_1 ;
- расстояние между осями нагелей вдоль волокон или от оси нагеля до кромки элемента вдоль волокон S_1 ;
- расстояние между осями нагелей поперек волокон S_2 ;
- расстояние от оси нагеля до кромки элемента поперек волокон S_3 .

2. Проверка правильности расстановки нагелей

В выводах по данному разделу следует указать, соответствует ли расстановка нагелей в образце требованиям п. 5.18 [1].

3. Определение теоретической величины несущей способности нагельного соединения

Расчетную несущую способность нагеля на один условный срез в зависимости от материала нагеля определяют по табл. 17 [1]:

Из условия смятия крайнего элемента

$$T_a = 80ad .$$

Из условия смятия среднего элемента

$$T_c = 50cd .$$

Из условия изгиба нагеля из стали С38/23:

$$T_n = 180d^2 + 2a^2 < 250d^2 .$$

Из условия изгиба нагеля из алюминиевого сплава Д 16-Т:

$$T_n = 160d^2 + 2a^2 < 220d^2 .$$

Из условия изгиба нагеля из стеклопластика АГ-4С:

$$T_n = 145d^2 + 2a^2 < 180d^2 .$$

Минимальная величина, найденная по приведенным трем формулам, составит расчетную несущую способность нагеля на один условный

срез T_{\min} . Указанные формулы учитывают длительное действие нагрузки.

Расчетная несущая способность соединения определяется по минимальной несущей способности нагеля на один условный срез из условия изгиба и смятия по формуле

$$P = m n_{\text{ср}} T_{\min} .$$

Теоретическая величина нагрузки, при которой резко возрастают остаточные деформации, с учетом кратковременности ее действия при испытании

$$P_{\text{кр}} = P / K_{\text{дл}} ,$$

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

При полном использовании расчетной несущей способности соединения согласно табл. 15 [1] теоретическая величина деформации

$$\Delta_{\text{т}} = 2 \text{ мм} .$$

УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ РАБОТЫ

Испытания проводят на гидравлической или механической машине с нагрузкой по шкале 100 кН (10 т).

Деформацию сдвига соединяемых элементов измеряют двумя индикаторами часового типа с ценой деления 0,01 мм. Для ликвидации рыхлых деформаций образец загружается нагрузкой 2,0 кН (200 кгс), которая принимается за условную нулевую отметку.

Этот отсчет помещается в журнал испытания (табл. 3).

Таблица 3

ЖУРНАЛ ИСПЫТАНИЯ Определение деформации сдвига образца

Нагрузка, кН (кгс)	Индикатор № 1		Индикатор № 2		Средняя деформация за ступень (приращения деформации), мм	Полная деформация образца, мм	Примечание
	Отсчет по прибору	Деформация за ступень, мм	Отсчет по прибору	Деформация за ступень, мм			

Далее нагрузка увеличивается ступенями, величина которых равна примерно $0,1 P_{кр}$. При каждой ступени нагружения снимают показания индикаторов и записывают в табл. 3.

Испытания проводят с одинаковой скоростью, равной 30 кН/мин (3000 кгс/мин), до разрушения узла, которое характеризуется тем, что рост нагрузки по силоизмерителю машины приостанавливается, а деформация соединения продолжается.

ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ ИСПЫТАНИЯ

По отсчетам индикаторов вычисляют полные деформации за каждую ступень, т.е. приращения деформаций, равные разности отсчетов при предыдущей и последующей ступенях нагружения.

Полная деформация образца равна сумме приращений за ступень. Строят график зависимости полной деформации от нагрузки.

Кроме того, строят график приращения деформаций. На этом графике точка перелома прямой будет характеризовать величину нагрузки, при которой резко возрастают остаточные деформации $P_{деф}$.

Величину этой нагрузки сравнивают с $P_{кр}$ и определяют отношением этих величин

$$\frac{P_{деф}}{P_{кр}} 100 \%$$

Для фактического значения нагрузки, при которой резко возрастают остаточные деформации, по построенному графику зависимости полной деформации от нагрузки определяют полную деформацию соединения ($\Delta_{фак}$), которая сравнивается с деформацией нагельных соединений при полном использовании их расчетной несущей способности, равной 2 мм по табл. 15 [1].

Находим отношение фактической деформации к установленной нормами:

$$(\Delta_{фак} / \Delta_T) 100 \%$$

При нахождении деформации следует учесть, что за нулевой отсчет принимают загрузку при нагрузке $0,1 P_{кр}$. Рыхлая деформация на участке от фактического нуля до нагрузки $0,1 P_{кр}$ должна быть исключена.

Величина $\Delta_{\text{фак}}$ – это деформация на участке от $0,1 P_{\text{кр}}$ до $P_{\text{кр}}$.

Коэффициент надежности $K = P_{\text{деф}}/P$.

4. Выводы по результатам испытания (см. лаб. работу № 1, п. 9).

ОФОРМЛЕНИЕ ОТЧЕТА

В отчете представляют: цель и задачи работы, конструкцию балки и схему ее нагружения, результаты фактических размеров, определение расчетной нагрузки, схему установки приборов, журналы испытания с необходимыми вычислениями, эпюры нормальных напряжений.

В выводах по результатам испытаний описывают характер разрушения соединения, дают зарисовки разрушенного образца, а также анализируют сходимость теоретических и фактических величин, при наличии расхождения указывают возможные причины.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Какое нагельное соединение является симметричным?
2. Какое нагельное соединение является несимметричным?
3. Как устраняется опасность скалывания древесины между нагелями?
4. Чему равны предельные расстояния между осями стальных цилиндрических нагелей вдоль волокон древесины?
5. Чему равны предельные расстояния между осями стальных цилиндрических нагелей поперек волокон древесины?
6. От чего зависит количество пластических шарниров в нагеле?
7. Как определить несущую способность на один условный срез из условия изгиба нагеля?
8. Почему нагельные соединения не рассчитывают на срез?
9. Как рассчитать несущую способность по смятию древесины на один условный срез нагеля?
10. Как определить полную несущую способность нагельного соединения?

11. Какой физический принцип применяется при расстановке нагелей по пласти соединений?

12. Какие виды расстановки нагелей по пласти соединений применяют при изготовлении деревянных несущих конструкций?

13. Как обеспечивается плотность нагельного соединения по толщине пакета?

14. Какова расчетная величина деформации нагельного соединения в постоянных сооружениях при полном использовании его несущей способности?

15. Как проявляется потеря несущей способности нагельного соединения?

16. Как по результатам испытания нагельного соединения определить разрушающую нагрузку?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4 ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ СОСТАВНОЙ БАЛКИ НА ПОДАТЛИВЫХ СВЯЗЯХ

Цель работы

Определить действительные нормальные напряжения, несущую способность и деформативность составной балки на податливых связях и сопоставить экспериментальные данные с расчетами.

Задачи работы

1. Определить расчетную несущую способность балки по нормальным напряжениям.

2. Определить расчетную несущую способность балки из условия работы податливых связей на сдвигающие усилия.

3. Определить фактическую предельную несущую способность балки.

4. Определить величину и характер распределения нормальных напряжений по высоте поперечного сечения при расчетной нагрузке.

5. Определить теоретическое и экспериментальное значения прогиба балки при расчетной нагрузке и характер изменения экспериментального прогиба балки при нагружении.

6. Экспериментально определить величину и характер распределения сдвигов по длине балки.

Оборудование и приборы

1. Испытательная машина с распределительной траверсой или рычажный испытательный стенд.
2. Тензометры Аистова с базой 50 мм.
3. Прогибомеры 6ПАО с ценой деления 0,1 мм.
4. Индикаторы часового типа с ценой деления 0,01 мм.
5. Сдвигомеры (индикаторы).
6. Штангенциркуль.

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Многие деревянные конструкции, в том числе балки, делают составными. Отдельные брусья и доски соединяют с помощью связей, которые могут быть жесткими (клеевые) и податливыми (все остальные).

Податливостью связей называется возможность сдвига досок и брусьев относительно друг друга в соединениях при деформации конструкций. Податливость связей ухудшает работу составного элемента по сравнению с таким же элементом цельного сечения.

У составного элемента на податливых связях уменьшается несущая способность, увеличивается деформативность, изменяется характер распределения сдвигающих усилий по его длине и нормальных напряжений по сечению.

В [1] приведены расчетные формулы, дающие приближенные решения, полученные из точных решений посредством ряда упрощений.

Испытанию подвергается балка (рис. 9) из двух одинаковых брусьев на пластинчатых сквозных дубовых нагелях (балка Деревягина) или балка из двух, трех досок на гвоздях или стальных цилиндрических нагелях.

В процессе работы определяют теоретическую величину расчетной несущей способности балки и прогиб под расчетной нагрузкой, экспериментально проверяют распределение напряжений по сечению балки, прогиб и сдвиг элементов составного сечения по шву.

ПОРЯДОК ПРОВЕДЕНИЯ РАБОТЫ

1. Определение фактических размеров составной балки и ее отдельных элементов

1. Определяют и заносят в отчет по лабораторной работе следующие исходные данные:

- материал и влажность древесины балки;
- материал нагеля, а для пластинчатого и его влажность;
- число нагелей на половине пролета (или на 0,4l) – n_n .

2. Замеряют с точностью до 0,5 мм и заносят в отчет следующие размеры:

- пролет балки l ;
- ширину сечения балки b ;
- высоту сечения балки h ;
- толщину одного слоя составного сечения h_1 ;
- шаг расстановки нагелей: для пластинчатых – S_1 , для цилиндрических – S_1, S_2, S_3 .

Размеры нагелей: для пластинчатых (измеряются с точностью до 0,1 мм) – толщина $\delta_{пл}$, длина $l_{пл}$, для цилиндрических диаметр d .

2. Проверка соотношения размеров нагелей и правильности их расстановки

Для обеспечения равнопрочности пластинчатого нагеля по смятию и изгибу должно быть выдержано соотношение $l_{пл} = 4,5\delta_{пл}$.

Для исключения скалывания древесины сплавляемых элементов между нагельными гнездами шаг расстановки нагелей должен быть не менее минимальных величин, приводимых в п. 5.18, 5.21 [1]. В выводах по данному разделу работы указывают на соответствие расстановки нагелей требованиям СНиП.

3. Определение расчетной нагрузки

Расчетный изгибающий момент определяется из двух усилий:

а) по прочности из условия нормальных напряжений при изгибе см. [1]:

$$\sigma = \frac{M}{K_w W_{ц}} \leq R_n, \text{ откуда } M_{\delta} = R_n K_w W_{ц}.$$

Здесь $R_{и}$ – расчетное сопротивление древесины при изгибе определяется согласно п. 3.1 и 3.2 [1]; K_w – коэффициент, учитывающий влияние податливости связей в шве, значения принимаются согласно п. 4.9 и прил. 4 [1]; $W_{ц}$ – момент сопротивления, вычисленный без учета составности сечения;

б) по прочности из условия восприятия сдвига нагеля см. [1].

Необходимое число нагелей, устанавливаемых равномерно по длине $0,4l$ от опор,

$$n_n = 1,2 \frac{MS}{J_{ц} T_n}, \text{ откуда } M_n = \frac{n_n J_{ц} T_n}{1,2S}.$$

Здесь S – статический момент сдвигаемой части сечения (одной доски или одного бруса относительно нейтральной оси); $J_{ц}$ – момент инерции сечения без учета его составности; T_n – несущая способность нагеля на один условный срез, которая в случае цилиндрических нагелей определяется как для несимметричных соединений по формулам табл. 17 [1], а для пластинчатых нагелей – согласно [1] и с учетом фактической длины пластины $T_n = 1,3b_{пл} l_{пл}$.

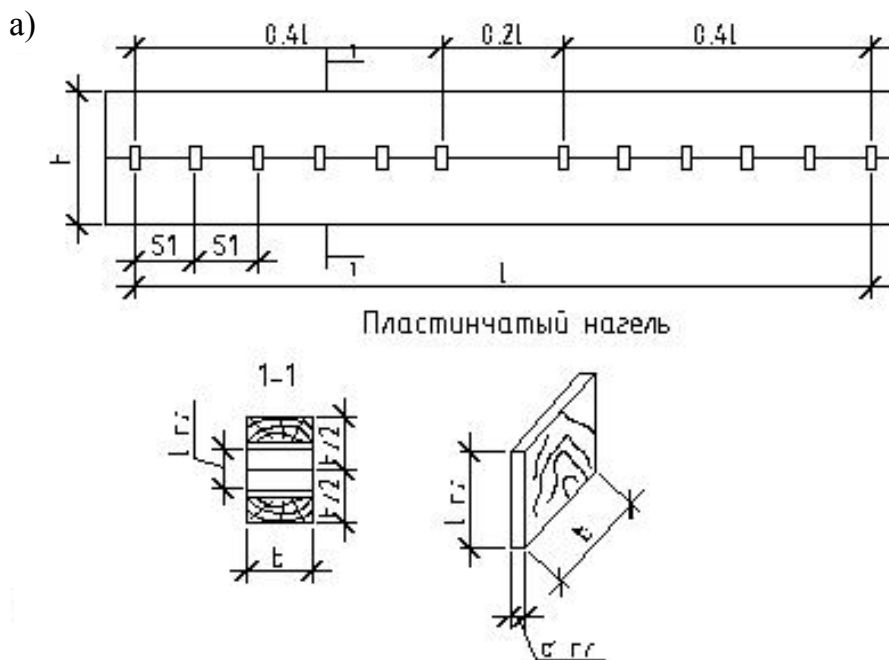


Рис. 9. Конструкция составных балок (начало):
а – на пластинчатых нагелях;

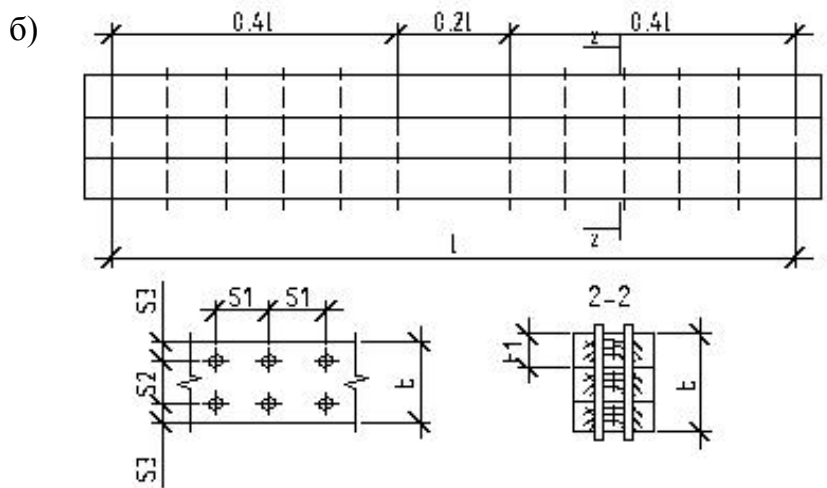


Рис. 9. Конструкция составных балок (окончание):
б – на стальных цилиндрических нагелях

За расчетный изгибающий момент принимают меньший из M_{σ} и $M_{н}$. Обозначим его M . Схемы возможного нагружения балки приведены на рис. 10.

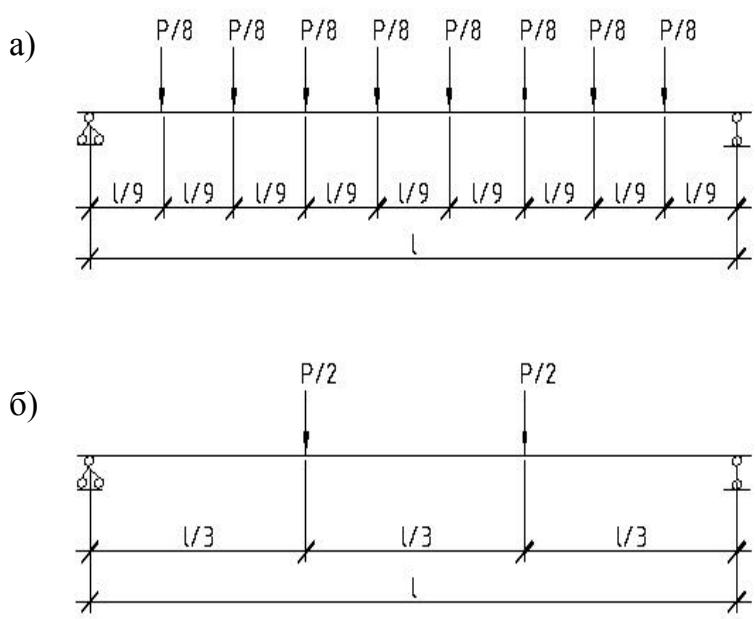


Рис. 10. Схема нагружения балки:
а – эквивалентно равномерно распределенной нагрузке;
б – нагружение в третях пролета

1. При восьми точках нагружения одинаковой силой $P/8$, нагружение эквивалентно равномерно распределенной нагрузке:

$$q = P/l.$$

Так как $M = ql^2 / 8$, то $q = 8M / l^2$, а общая нагрузка на балку $P = ql$.

2. При загрузении в третях пролета силами $P/2$:

$$M = \frac{Pl}{6}, \text{ откуда } P = \frac{6M}{l}.$$

Напряжение в фибровых волокнах сечения при расчетной нагрузке

$$\sigma_{\tau} = \frac{M}{K_w W_{\text{ц}}}.$$

Прогиб при расчетной нагрузке рассчитывают исходя из схемы загрузки:

а) при равномерно распределенной нагрузке

$$f_{\tau} = \frac{5ql^4}{384E_{\text{д}} J_{\text{ц}} K_{\text{ж}}};$$

б) при загрузении в третях пролета

$$f_{\tau} = \frac{23Pl^3}{1296E_{\text{д}} J_{\text{ц}} K_{\text{ж}}},$$

где $K_{\text{ж}}$ – коэффициент, учитывающий влияние на прогиб податливости связей в шве, значения его берут согласно табл. 13 [1]; $E_{\text{д}}$ – модуль упругости древесины балки, его значение принимается с учетом кратковременного действия нагрузки

$$E_{\text{д}} = E / K_{\text{дл}}.$$

Здесь $E = 10000$ МПа по п. 3.5 [1]; $K_{\text{дл}} = 0,66$ – коэффициент длительного сопротивления древесины.

При полном использовании несущей способности нагелей согласно табл. 15 [1] максимальный сдвиг соединяемых элементов $\Delta'_m = 2$ мм с учетом кратковременного действия нагрузки.

УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ РАБОТЫ

При испытании измеряют прогиб балки в середине пролета, деформации сдвига соединяемых элементов составного сечения, величину и характер распределения напряжений по высоте поперечного сечения балки в средней ее части. Прогибы измеряют прогибомером П-3, осадку опор – индикаторами или прогибомерами П-1 и П-2.

Сдвиги измеряют индикаторами или сдвигомерами $U_1 + U_6$.

Распределение напряжений по высоте сечения балки определяют замером линейных деформаций древесины тензOMETрами $T_1 + T_4$ или ($T_1 + T_6$).

Схема размещения приборов приведена на рис. 11. Нагрузку на балку прикладывают за одну ступень и отсчеты по прогибам снимают при нулевой и расчетной нагрузке P . Нагрузку и разгрузку повторяют три раза, за результат замеров принимают среднюю арифметическую из трех. Запись ведут в журналах испытания, форма которых дана в табл. 4, 5, 6.

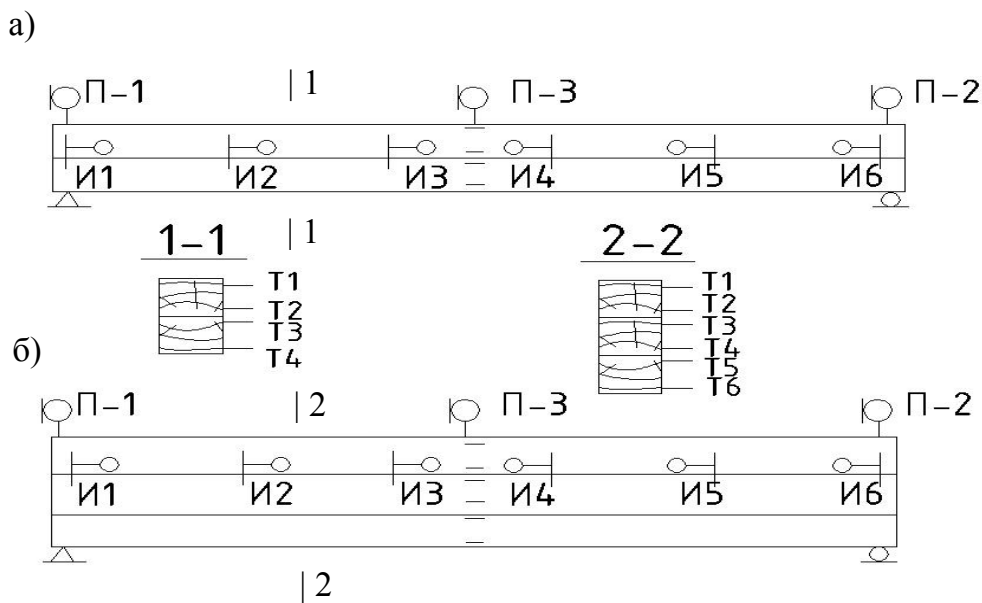


Рис. 11. Схема установки приборов на балку составного сечения:
а – из двух элементов; б – из трех элементов

Таблица 4

ЖУРНАЛ ИСПЫТАНИЯ
Определение прогибов

Нагрузка, кН	П-1		П-2		$\frac{\Delta_1 + \Delta_2}{2}$, мм	П-3		Прогиб, мм
	Отсчет по прибору	Δ_1 , мм	Отсчет по прибору	Δ_2 , мм		Отсчет по прибору	Δ_3 , мм	

ЖУРНАЛ ИСПЫТАНИЯ Определение сдвигов

Нагрузка, МН	Сдвигомеры (индикаторы)											
	И1		И2		И3		И4		И5		И6	
	Отсчет	Сдвиг	Отсчет	Сдвиг	Отсчет	Сдвиг	Отсчет	Сдвиг	Отсчет	Сдвиг	Отсчет	Сдвиг

По данным табл. 5 строят эпюру сдвигов по шву (рис. 12), учитывая расположение сдвигомеров по длине балки. В результате обработки данных табл. 6 строят эпюру распределения нормальных напряжений по сечению (рис. 13).

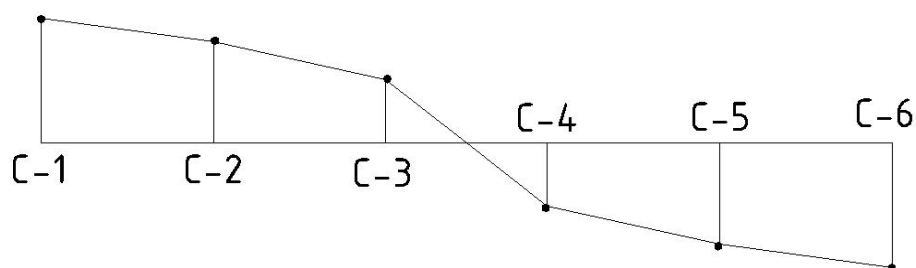


Рис. 12. Эпюра сдвигов по шву

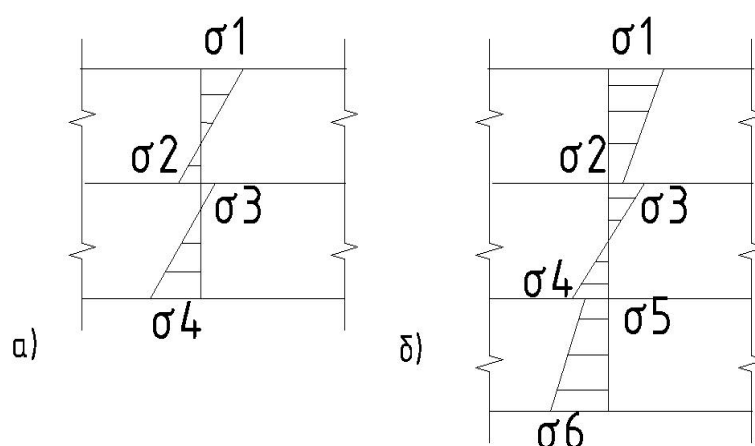


Рис. 13. Распределение напряжений по сечению:
а – в балках из двух элементов;
б – в балках из трех элементов

ЖУРНАЛ ИСПЫТАНИЯ
Определение напряжений

Параметр	Тензометры					
	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆
Нулевой отсчет						
Отсчет при расчетной нагрузке						
Разность отсчетов n						
Напряжение						

Примечание. Напряжение вычисляют по формуле

$$\sigma = \varepsilon E = E \frac{n_2 - n_1}{bt},$$

где ε – относительная деформация материала; n_1, n_2 – отсчет по шкале тензометра до и после загрузки; t – масштаб увеличения тензометра – 1000; b – база тензометра, мм; E – модуль упругости материала образца.

4. Сравнение опытных величин с теоретическими

Для сравнения с теоретическими напряжениями и сдвигами принимают максимальные величины фактических значений (см. табл. 4, 5, 6).

Сравнение фактических и теоретических напряжений, прогибов и сдвигов осуществляют следующим образом:

$$\frac{\sigma - \sigma_T}{\sigma_T} 100\%, \quad \frac{f - f_T}{f_T} 100\%, \quad \Delta < \Delta_T.$$

5. Выводы по результатам испытания

В выводах по результатам испытания анализируют сходимость теоретических и опытных величин, при несоответствии указывают возможные причины.

ОФОРМЛЕНИЕ ОТЧЕТА

В отчете представляют: цель и задачи работы, конструкцию балки и схему ее нагружения, результаты фактических размеров, определение

расчетной нагрузки, схему расстановки приборов, журналы испытания с необходимыми вычислениями, эпюры нормальных напряжений в сечении и сдвигов по шву.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Из каких условий назначается минимальный шаг нагелей в балках составного сечения?
2. Из каких соображений назначена длина пластинчатых нагелей, равная 4,5 их толщины?
3. Как располагаются волокна на пластинчатых нагелях относительно шва между соединяемыми элементами в балках Деревягина?
4. Как учитывается податливость нагельных соединений при определении прогиба балок составного сечения?
5. Как учитывается податливость нагельных соединений при расчете балок составного сечения на прочность по нормальным напряжениям при изгибе?
6. От каких параметров зависят коэффициенты K_w и K_j ?
7. Из какого условия назначается расчетная нагрузка для составных балок для податливых связей?
8. Как определить предельный момент для составной балки из условия прочности по нормальным напряжениям?
9. Как определить предельный момент составной балки из условия восприятия нагелями сдвигающих усилий?
10. Укажите вид напряженного состояния нагеля, характеризующего его работу в балке Деревягина.
11. Укажите вид напряженного состояния цилиндрического нагеля, характеризующего его работу в составной балке.
12. В какой зоне по длине балки, нагруженной равномерно распределенной нагрузкой, на нагели действуют большие усилия?
13. С какой целью при испытаниях составных балок измеряют вертикальные перемещения опорных сечений?
14. Какова эпюра сдвигов по длине шва в балках составного сечения на податливых связях?
15. Какова эпюра нормальных напряжений в поперечном сечении составной балки?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 5 ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ КЛЕЕНОЙ БАЛКИ

Цель работы

Определить действительные нормальные напряжения, несущую способность и деформативность деревянной балки при поперечном изгибе.

Задачи работы

1. Определить несущую способность балки по расчетным нормальным напряжениям.
2. Определить несущую способность балки по расчетным касательным напряжениям.
3. Определить теоретические и опытные значения прогиба при расчетной нагрузке.
4. Определить величину и характер распределения нормальных напряжений по высоте клееного сечения балки при расчетной нагрузке.
5. Определить усредненный модуль упругости и сопоставить его с расчетным значением.
6. Определить влияние поперечной силы на полный прогиб балки.

Оборудование и приборы

1. Испытательная машина с распределительной траверсой или рычажный испытательный стенд.
2. Тензометры Гугенбергера с базой 20 мм.
3. Прогибомеры 6ПАО с ценой деления 0,1 мм.
4. Штангенциркуль.

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Модели балок вырезаны из многослойного клееного пакета, предварительно склеенного из досок толщиной 26 мм. Сорт древесины удовлетворяет требованиям СНиП. Для склеивания пакета применен фенольно-резорциновый клей ФРФ-50. Расчетная схема модели клееной балки показана на рис. 14.

ПОРЯДОК ПРОВЕДЕНИЯ РАБОТЫ

1. Определение фактических размеров клееной балки

1. Замеряют и заносят в отчет по лабораторным работам следующие исходные данные:

- материал балки;
- влажность;
- высоту поперечного сечения h ;
- ширину поперечного сечения b ;
- пролет балки l .

2. Определяют геометрические характеристики поперечного сечения:

- площадь поперечного сечения $F = bh$;
- статический момент $S = bh^2 / 8$;
- момент сопротивления $W = bh^2 / 6$;
- момент инерции $J = bh^2 / 12$.

3. По п. 3.1 и 3.5 [1] принимают расчетные характеристики материала:

- расчетные сопротивления древесины изгибу $R_{и}$;
- расчетные сопротивления скалыванию $R_{ск}$;
- расчетный модуль упругости E ;
- расчетный модуль сдвига G .

a)

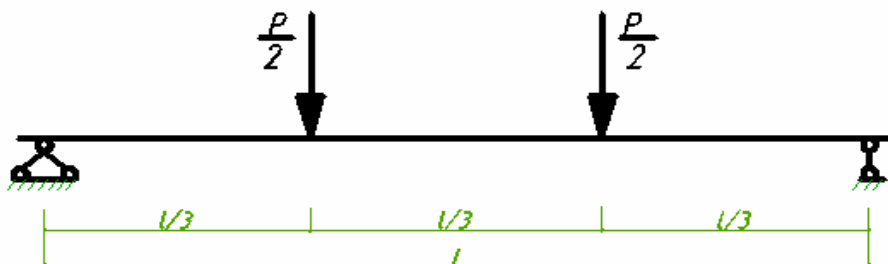


Рис. 14. Модель клееной балки (начало):
a – расчетная схема;

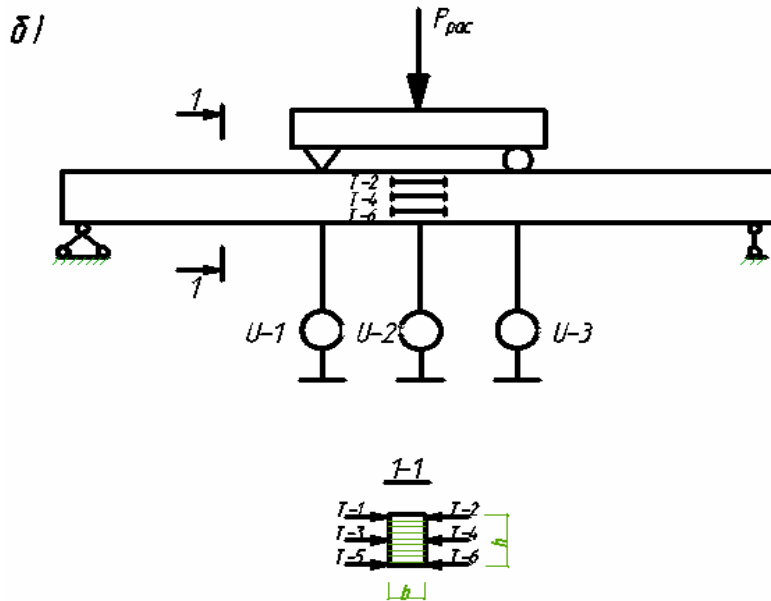


Рис. 14. Модель клееной балки (окончание):
б – схема расположения приборов

2. Определение несущей способности балки по расчетным нормальным напряжениям при изгибе

$$\sigma = \frac{M}{W} = \frac{P_{\text{рас}} l}{6W} \leq R_{\text{н}}; \quad P_{\text{рас}} = \frac{6R_{\text{н}} W}{l}.$$

3. Определение несущей способности балки по расчетным касательным напряжениям при изгибе

$$\tau = \frac{QS}{Jb} = \frac{3Q}{2F} = \frac{3P_{\text{рас}}}{4F} \leq R_{\text{ск}}, \quad P_{\text{рас}} = \frac{4FR_{\text{ск}}}{3}.$$

4. Определение несущей способности балки из условия предельных деформаций (по 2-му предельному состоянию)

Величина предельного изгиба балки $1/300$ пролета по табл. 16 [1].

$$\frac{f}{l} = \frac{23Pl^2}{1296EJn} \leq \frac{1}{300},$$

где $n = 1, 2$ – усредненный коэффициент перегрузки при пересчете расчетной нагрузки в нормативную

$$P = \frac{108EJn}{575l^2}.$$

Несущая способность балки по второму предельному состоянию с учетом влияния поперечных сил составит

$$\frac{f_{\text{общ}}}{l} = \frac{23l^2 P}{648EJn^2} \left(1 + 1,172 \frac{Eh^2}{Gl^2} \right) \leq \frac{1}{300},$$
$$P_{\text{общ}} = \frac{108EJn}{575l^2 (1 + 1,172Eh^2 / Gl^2)}.$$

За расчетную способность (несущую) балки принимается минимальная из вычисленных величин сосредоточенной нагрузки $P_{\text{рас}}$.

При определении теоретической разрушающей нагрузки необходимо значение расчетной нагрузки увеличить на коэффициент надежности по материалу $K = 3,8$, учитывающий снижение прочности древесины при длительном действии нагрузки, масштабный фактор и наличие пороков в деревянном элементе, тогда

$$P_{\text{раз.т}} = P_{\text{рас}} K.$$

УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ РАБОТЫ

При испытании определяют:

а) величину и характер распределения нормальных напряжений по высоте поперечного сечения балки при расчетной нагрузке;

б) прогиб балки на каждой ступени загрузки;

в) величину разрушающей нагрузки (по усмотрению преподавателя).

Нагружение балки осуществляют ступенями по $0,25 P_{\text{рас}}$. Показания тензометра записывают в журнал испытания (табл. 7) при нулевой и расчетной нагрузках. Показания индикаторов или прогибомеров записывают на каждой ступени нагрузки до величины $2 P_{\text{рас}}$, после чего приборы снимают и образец нагружают до разрушения.

Показания прогибомеров записывают в журнал испытания (табл. 8).

По данным испытаний определяют: во-первых, фибровые деформации балки и строят эпюру нормальных напряжений по высоте ее поперечного сечения; во-вторых, прогибы балки в середине пролета с построением графика зависимости прогибов от нагрузки. По величинам прогибов балки при нагрузках $0,25 P_{\text{рас}}$ и $0,5 P_{\text{рас}}$ вычисляют усредненный модуль упругости балки при кратковременном нагружении и оценивают влияние поперечной силы на прогиб балки.

Для этого по показаниям прогибомера № 2 определяют прогиб балки в середине пролета и вычисляют усредненный модуль упругости древесины без учета влияния поперечной силы

$$E_{(A-B)} = \frac{23Pl^3}{108bh^3 f^2}.$$

Затем определяют наибольшее приращение прогиба балки на участке между грузами по показаниям трех индикаторов

$$f_{(1-3)} = \frac{f_1 + f_3}{2} - f_2$$

и вычисляют усредненный модуль упругости древесины в зоне чистого изгиба

$$E_{(1-3)} = \frac{Pl^3}{36bh^3 f_{(1-3)}}.$$

Сравнение результатов, полученных по формулам $E_{(A-B)}$, $E_{(1-3)}$, дает возможность экспериментально оценить влияние поперечной на прогиб балки при кратковременном нагружении и сравнить его со значениями, полученными с учетом, расчетных значений E и G .

5. Сравнение опытных величин с теоретическими

1. Разрушающих нагрузок

$$\frac{P_{\text{раз.оп}} - P_{\text{раз.т}}}{P_{\text{раз.т}}} 100\%;$$

2. Прогибов при расчетной нагрузке

$$\frac{f_{\text{оп}} - f_{\text{т}}}{f_{\text{т}}} 100\%.$$

Сравнение экспериментальных и теоретических значений влияния поперечной силы на прогиб балки при условии одинакового влияния при кратковременном и длительном действии нагрузки

$$\Delta f_{\text{т}} = \frac{f_M + Q}{f_M} 100\%,$$

$$\Delta f_{\text{оп}} = \frac{E_{(1-3)} - E_{(A-B)}}{E_{(A-B)}} 100\%,$$

где $f_M + Q$ – прогиб балки с учетом влияния поперечной силы; f_M – прогиб балки без учета влияния поперечной силы;

3. Максимальных нормальных напряжений σ_x при расчетной нагрузке

$$\frac{\sigma_x - \sigma_{x_{оп}}}{\sigma_{x_T}} 100\%$$

6. Выводы по результатам испытания

В выводах по результатам испытания анализируют сходимость теоретических и опытных величин, разрушающих нагрузок, нормальных напряжений, прогибов при расчетной нагрузке, дополнительного прогиба от поперечной силы, а при их несоответствии указывают возможные причины.

ОФОРМЛЕНИЕ ОТЧЕТА

В отчете представляют: цель и задачи работы, конструкцию балки и схему ее нагружения, результаты фактических размеров, определение расчетной и разрушающей нагрузки, теоретические величины напряжений и прогибов при действии расчетной нагрузки, схему расстановки приборов, журналы испытания с необходимыми вычислениями (см. табл. 7, 8), эпюры нормальных напряжений в сечении, график зависимости прогиба от нагрузки.

Таблица 7

ЖУРНАЛ ИСПЫТАНИЯ

Определение относительных деформаций балки

Виды отсчетов и вычислений	Тензометры (база = 20 мм, $m = 1000$)					
	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4	№ 5	№ 6
Начальные отсчеты $P = 0$, Н (кгс)						
Конечные отсчеты P , Н (кгс)						
Разность отсчетов						
Средняя разность отсчетов n						
Напряжение σ_n , МПа (кгс/см ²)						

Примечание. m – увеличение тензометра; $\sigma_n = \frac{5000}{m} n = 5n$.

ЖУРНАЛ ИСПЫТАНИЯ
Определение прогибов балки

Нагрузка		Отсчет по индикатору, мм			Прогиб, мм	
В ДОЛЯХ от $P_{рас}$	H (кгс)	$U-1$	$U-2$	$U-3$	f_2	$f_{(1-3)}$

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Из каких условий назначается расчетная нагрузка для клееной балки?
2. Как определить предельный момент для клееной балки из условия прочности по нормальным напряжениям?
3. Как распределяются нормальные напряжения по высоте сечений балки?
4. Как распределяются касательные напряжения по высоте сечения балки?
5. При каких соотношениях h/l происходит разрушение балок от действия касательных напряжений?
6. При каких параметрах h/l необходимо учитывать влияние дополнительного прогиба от поперечных сил?
7. Как определить предельный изгибающий момент из условия прочности по касательным напряжениям?
8. Как определить изгибающий момент из условия прогиба?
9. Какие виды разрушения может иметь клееная балка?
10. От каких геометрических параметров зависит вид и характер разрушения клееной балки?
11. Что происходит с волокнами древесины в сжатой зоне сечения перед разрушением балок по нормальному сечению?

12. Как экспериментально определить усредненный модуль упругости балки?
13. Какие стадии работы имеет клееная балка при загрузении до разрушения?
14. Как теоретически определяют полный прогиб балки?

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. СНиП II-25-80*. Деревянные конструкции. Нормы проектирования. – М.: Стройиздат, 1982. – 31 с.
2. Арленинов, Д.К. Конструкции из дерева и пластмасс / Д.К. Арленинов [и др.]. – М. : АСВ, 2006. – 246 с. – ISBN 5-93093-467-3.
3. Зубарев, Г.Н. Конструкции из дерева и пластмасс / Г.Н. Зубарев, И.М. Лялин. – М. : Высш. шк, 1980. – 311 с.
4. Карлсен, Г.Г. Конструкции из дерева и пластмасс / Г.Г. Карлсен [и др.] ; под ред. Г.Г. Карлсен, Ю.В. Слицкоухова. – М. : Стройиздат, 1986. – 543 с.
5. Щуко, В.Ю. Клееные армированные деревянные конструкции : учеб. пособие / В.Ю. Щуко, С.И. Рощина. – Владимир : Изд-во Владим. гос. ун-та, 2008. – 68 с. – ISBN 978-5-89368-877-1.
6. Гапоев, М.М. Конструкции из дерева и пластмасс : учебник / М.М. Гапоев [и др.]. – М. : АСВ, 2004. – 440 с. – ISBN 5-93093-302-2.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
Лабораторная работа № 1. Изучение работы лобовой вырубки	4
Лабораторная работа № 2. Исследование работы гвоздевого соединения	13
Лабораторная работа № 3. Испытание соединения на нагелях	21
Лабораторная работа № 4. Исследование работы составной балки на податливых связях	27
Лабораторная работа № 5. Исследование работы клееной балки	37
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	44

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
К ЛАБОРАТОРНЫМ РАБОТАМ ПО КОНСТРУКЦИЯМ
ИЗ ДЕРЕВА И ПЛАСТМАСС

Составители:

РОЩИНА Светлана Ивановна
СМИРНОВ Евгений Александрович
ГРЯЗНОВ Михаил Витальевич

Ответственный за выпуск – зав. кафедрой доцент С.И. Рощина

Подписано в печать 18.11.10.
Формат 60x84/16. Усл. печ. л. 2,56. Тираж 100 экз.
Заказ
Издательство
Владимирского государственного университета.
600000, Владимир, ул. Горького, 87.