Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
ФГБОУ ВО «Кубанский государственный технологический университет»
Армавирский механико-технологический институт

Кафедра машиностроения

КОНСТРУКЦИИ ИЗ ДЕРЕВА И ПЛАСТМАСС

Методические указания по изучению дисциплины и выполнению контрольных работ для студентов заочной формы обучения направления 08.03.01 Строительство
(профиль «Промышленное и гражданское строительство»)

Армавир
2021

Составитель: Е.С. Гейценредер

Конструкции из дерева и пластмасс: методические указания по изучению дисциплины и выполнению контрольных работ для студентов заочной формы обучения направления подготовки 08.03.01 Строительство (профиль «Промышленное и гражданское строительство») / Сост.: Е.С. Гейценредер; Арм. мех.-технол. ин-т. Кафедра машиностроения. – Армавир, 2021. – 51 с.

Включает в себя руководство по изучению дисциплины, в том числе цели, задачи изучения, сферу профессионального применения полученных знаний; основную информацию о дисциплине и ее структуре, формы итогового контроля; план лабораторных занятий по каждой теме, соответствующий рабочей программе дисциплины; темы и варианты заданий на контрольные работы, ссылки на литературу.

Рецензенты: канд. техн. наук, проф. кафедры СК КубГТУ В.П. Починок;
канд. техн. наук, доц. кафедры МС АМТИ О.А. Сумская;
главный специалист ООО «ДСУ-4» В.В. Нечаев

© АМТИ, 2021

Содержание

1. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ ……... 4
2. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ИЗУЧЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ 5
3. ОБЩИЕ МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ …… 12
4. ЗАДАНИЯ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ ……. 13
СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ ……. 50

1 ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

В результате освоения дисциплины «Геология» студент должен приобрести:

1. Способность участвовать в изысканиях и проектировании объектов профессиональной деятельности:

– выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать для их решения соответствующие методы формализации, доводки и освоения технологических процессов строительного производства;

– владеть методами сбора и систематизации информационных и исходных данных для проектирования зданий, сооружений, инженерных систем и оборудования; расчета и конструирования деталей и узлов с использованием стандартных средств автоматизации проектирования.

2. Способность проводить испытания строительных материалов, грунтов, изделий и конструкций и составлять отчеты по выполненным работам:

– осуществлять составление отчетов по результатам испытаний строительных материалов, грунтов, изделий и конструкций.

– осуществлять совместно с технологами и специалистами разработку технологических регламентов на производство и применение строительных материалов, грунтов, изделий и конструкций.

1.2. Структура дисциплины

№ раздела дисциплины	Наименование раздела дисциплины	Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы
1	Конструкционные свойства древесины и пластмасс	*	*	*
2	Основы расчета элементов деревянных конструкций	*	*	
3	Соединения элементов конструкций и их расчет	*	*	*
4	Сплошные плоскостные конструкции	*	*	
5	Сквозные плоскостные конструкции	*	*	
6	Ограждающие конструкции	*	*	
7	Основные понятия технологии изготовления деревянных и пластмассовых конструкций. Основы эксплуатации конструкций из древесины	*	*	*

2 МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ИЗУЧЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

Раздел 1. Конструкционные свойства древесины и пластмасс

1.1. Древесина и пластмассы как конструкционные материалы. Область применения.

1.2. Нормативная и учебная литература.

1.3. Сортность и сортамент древесины.

1.4. Пороки древесины.

1.5. Основные виды пластмасс и древесных пластиков. 1.6. Нормирование расчетных сопротивлений

Вопросы для самоконтроля

1. Какие существуют деревянные строительные конструкции? Каковы их основные достоинства и недостатки

2. В каких областях народного хозяйства наиболее рационально применение деревянных конструкций?

3. Какие выдающиеся деревянные конструкции были возведены в нашей стране в прошлом и за последние годы?

4. На какие основные два класса делятся деревянные конструкции по методам изготовления?

5. Каковы основные направления прогресса в изготовлении и применении деревянных конструкций?

6. Какие существуют конструкционные пластмассовые строительные материалы?

7. Какие существуют пластмассовые строительные конструкции?

8. В каких областях народного хозяйства наиболее рационально применение пластмассовых конструкций?

9. Какие физические и механические свойства имеет древесина?

10. Чем отливаются лесоматериалы от пиломатериалов?

11. Какой вид пиломатериалов является самым массовым при производстве и использовании?

12. Что такое сортамент древесины?

13. Дайте классификацию хвойной древесины по ГОСТ

14. Какие показатели качества хвойного пиломатериала нормируются?

15. Какие конструкционные пластмассы применяются для строительных конструкций и каковы их общие достоинства и недоставтки7

16. Что такое стеклопластики, их строение, прочность и применение?

17. Что такое оргстекло, его основное достоинство и применение?

18. Что такое пенопласты, какова их структура, плотность и применение

19. Что такое воздухопроницаемые ткани. Каково их строение и где они применяются?

20. Что такое древесные пластики, их строение, свойств и применение?

21. Какие неорганические конструкционные материалы применяются в конструкциях из дерева и пластмасс?

Раздел 2. Основы расчета элементов деревянных конструкций

2.1 Нормативная база в области проектирования зданий и сооружений с применением конструкций из дерева и пластмасс

2.2 Методика систематизации, проведения и расчета технологических и эксплуатационно-технических испытаний, в т.ч. с использованием автоматизированных пакетов расчета

2.3 Расчет сжато-изгибаемых и растянуто-изгибаемых элементов

2.4 Расчет на устойчивость плоской формы деформирования

Вопросы для самоконтроля

1. Как работают и рассчитываются растянутые деревянные элементы и как учитываются ослабления их сечений?

2. Как работают и рассчитываются сжатые элементы и как учитываются их устойчивость?

3. Как работают и рассчитываются изгибаемые элементы и как подбираются их сечения?

4. Как работают и рассчитываются сжато-изгибаемые элементы и как учитываются их прогибы?

5. Как работают и рассчитываются растянуто-изгибаемые элементы и как влияют на их работу прогибы?

6. Как работают и рассчитываются сминаемые элементы?

7. Что такое угол смятия и как он влияет на их прочность и деформативность?

8. Как работают и рассчитываются на скалывание изгибаемые элементы и где действуют максимальные напряжения скалывания?

9. Как работают и рассчитываются на скалывание соединения?

10. Какие предельные состояния имеются у конструкций из дерева и пластмасс?

11. Что такое нормативные и расчетные нагрузки и как их определяют?

12. Что такое нормативное сопротивление древесины и как их определяют?

13. Что такое коэффициент условий работы и что они учитывают?

14. Какие особенности имеет работа строительной фанеры?

15. Какие особенности имеет работа конструкционных пластмасс?

16. Каков порядок расчета конструкций на прочность и устойчивость?

Раздел 3. Соединения элементов конструкций и их расчет

3.1. Классификация видов соединений.

3.2. Податливость соединений.

3.3. Контактные соединения.

3.4. Врубки, методы их конструирования и расчета.

3.5. Особенности гвоздевых соединений.

3.6. Соединения на нагельных пластинах и пластинчатых нагелях: характеристика работы, методы конструирования и расчета.

3.7. Клеевые соединения. Основные принципы конструирования и расчета клеевых соединений

Вопросы для самоконтроля

1. Какие преимущества и недостатки клеевых соединений пластмасс и сопутствующих материалов?

2. Что такое термореактивные клеи и какие материалы ими склеивают?

3. Что такое термопластичные клеи и какие материалы ими склеивают?

4. Как работают и рассчитываются клеевые соединения пластмасс и сопутствующих материалов?

5. Что такое клееметаллические соединения и в чем их преимущества?

6. Что такое сварные соединения пластмасс и как они работают?

7. Что такое шитые и клеешитые соединения и как они работают?

Раздел 4. Сплошные плоскостные конструкции

4.1. Конструкции из цельной древесины.

4.2. Настилы и обрешетки.

4.3. Прогоны стропила и балки.

4.4. Ограждающие конструкции. Дощатые щиты. Ребристые панели. Панели сплошного сечения.

4.5. Распорные конструкции.

4.6. Дощатоклееные арки, треугольные системы.

4.7. Рамы, особенности конструирования и расчета.

4.8. Конструирование и расчет узлов.

4.9. Принципы расчета конструкций, выполняемых из различных материалов

Вопросы для самоконтроля

1. Что такое дощатые настилы, каково их назначение и основные преимущества?

2. Какую конструкцию имеет двойной перекрестный дощатый настил и каково назначение его элементов?

3. Как работает и рассчитывается дощатый разреженный настил – обрешетка?

4. Как работает и рассчитывается дощатый двойной перекрестный настил?

5. Что такое клеефанерные настилы, каково их назначение и преимущества?

6. Как работают и рассчитываются брусчатые прогоны? Как работают и рассчитываются дощато-гвоздевые прогоны?

7. Какие формы и сечения имеют клеедеревянные балки?

8. Как работают и рассчитываются клеедеревянные балки7

9. Какую конструкцию имеют клеефанерные балки и в чем особенности их работы и расчета?

10. Как работают и рассчитываются брусчатые балки на податливых соединениях?

11. Что такое балки на пластинках, на шпонках и в чем принцип их работы и расчета?

12. Что такое дощато-гвоздевые балки и как работают их элементы?

13. Как работают и рассчитываются цельнодеревянные стойки?

14. Как работают и рассчитываются стойки составного сечения?

15. Как работают и рассчитываются клеедеревянные стойки переменного сечения?

16. Какие типы деревянных арок применяются и где?

17. На какие нагрузки и усилия рассчитываются арки и как они определяются?

18. Как подбирают и проверяют сечения клеедеревянных арок?

19. В чем особенности расчета стрельчатых арок?

20. Как конструируют и рассчитывают коньковые узлы арок?

21. Как определяют оптимальную кривизну осей полуарок стрельчатых клеедеревянных арок?

22. Что такое деревянные рамы?

23. Какие достоинства и области применения имеют деревянные рамы?

24. Какие конструкции имеют безраскосые клеедеревянные рамы?

25. Какие конструкции имеют подкосные клеедеревянные рамы?

26. Какие конструкции имеют цельнодеревянные рамы?

27. Как работают и рассчитываются подкосные клеедеревянные рамы?

28. Как работают и рассчитываются двухшарнирные клеедеревянные рамы?

Раздел 5. Сквозные плоскостные конструкции

5.1. Основные формы плоскостных сквозных конструкций.

5.2. Балочные и распорные сквозные конструкции.

5.3. Фермы из цельной древесины построечного изготовления.

5.4. Распорные сквозные конструкции.

5.5. Шпренгельные системы.

5.6. Металлодеревянные фермы индустриального изготовления, их конструирование и расчет.

5.7. Расчет узлов ферм.

Вопросы для самоконтроля

1. Что такое деревянные фермы, каково их назначение и области применения?

2. Какие формы имеют цельнодеревянные фермы, каковы их преимущества?

3. Какие формы имеют цельнодеревянные фермы и каковы их области применения7

4. Какие усилия действуют в стержнях деревянных ферм и как они определяются?

5. Как подбираются и проверяются сечения стержней деревянных ферм?

6. Какую конструкцию имеют узлы клеедеревянных ферм и как они работают?

7. Какую конструкцию имеют узлы цельнодеревянных ферм?

8. Как стержни верхнего пояса ферм центрируются в узлах и почему?

9. Какую конструкцию имеет кружально-сетчатый свод и как он работает?

10. Какую конструкцию имеет трехслойный свод из алюминия и пенопласта и как он работает?

11. Какую конструкцию имеет клеедеревянный ребристый купол и как он работает?

12. Какую конструкцию имеет кледеревянный ребристо-кольцевой купол и как он работает?

13. Какую конструкцию имеет клеедеревянные сетчатые купола и как они работают?

14. Назовите типы тонкостенных пространственных покрытий, применяемых в строительстве.

15. Что представляют собой покрытия из волнистых (складчатых) сводов?

16. Какие типы цилиндрических оболочек применяют в практике строительства?

17. Какие существуют типы складчатых покрытий?

Раздел 6. Ограждающие конструкции

6.1. Основные формы плит покрытия и стеновых панелей.

6.2. Ребристые и сплошные панели.

6.3. Однослойные и трехслойные панели.

6.4. Светопроницаемые панели.

6.5. Особенности конструирования и расчета

Вопросы для самоконтроля

1. Какие типы клеефанерных плит имеются и каково назначение плит каждого типа?

2. Как работают и рассчитываются клеефанерные плиты каждого типа?

3. Что такое трехслойные пластмассовые настилы, каковы их преимущества и области применения?

4. Как работают и рассчитываются настилы из стеклопластиковых прозрачных волокнистых листов?

5. Какую конструкцию имеют ребристые прозрачные плиты, как они работают и рассчитываются?

6. Какова конструкция сплошных трехслойных плит и каково назначение их слоев?

7. Как работают и рассчитываются сплошные трехслойные плиты с асбестоцементными обшивками?

8. Как работают и рассчитываются сплошные трехслойные плиты с обшивками из плоских алюминиевых листов?

9. Как работают и рассчитываются сплошные трехслойные плиты с обшивками из гофрированных алюминиевых листов?

Раздел 7. Основные понятия технологии изготовления деревянных и пластмассовых конструкций. Основы эксплуатации конструкций из древесины

7.1. Общая характеристика технологических процессов изготовления несущих конструкций из цельной и клееной древесины.

7.2. Сушка древесины: атмосферная, камерная, микроволновая и др.

7.3. Использование технологических отходов.

7.5. Основные положения и последовательность технологических операций по устройству деревянных конструкций на строительной площадке

7.4. Инженерное наблюдение за эксплуатацией несущих и ограждающих конструкций.

7.5. Принципы и способы усиления

Вопросы для самоконтроля

1. Назовите основные способы использования отходов производства древесины

2. Что относится к легким строительным материалам из древесины. Как они используются

3. Как производится фибролит и арболит

4. Расскажите об энергетическое использование древесных отходов

5. Опишите технологический процесс изготовления брикетов

6. Опишите технологический процесс изготовления ДВП

7. Для чего используется крафт-целлюлоза? Как она производится

8. Что такое сухая перегонка древесины?

9. Что такое углежжение?

10. Как используется кора хвойных пород для получения ароматических углеводородов?

11. От чего зависит состояние несущих и ограждающих конструкций?

12. Какие мероприятия проводят при обследовании деревянных конструкций?

13. Для чего необходимо проводить поверочные расчеты?

14. Какие мероприятия выполняют при обнаружении поражённой гниением древесины? Кто определяет их объём и характер?

15. Из каких элементов складывается наблюдение за условиями эксплуатации и состоянием деревянных конструкций?

16. Состояние каких элементов необходимо проверять при осмотре фанерных конструкций?

17. Опишите способ восстановления частей деревянных конструкций с помощью стеклопластиковых штырей

18. На каком способе основано восстановление влажных участков деревянных элементов?

19. Что такое техническое состояние конструкций?

20. Укажите основные требования, предъявляемые к усилению конструкций

21. Укажите основные причины аварий зданий и сооружений (в процентном соотношении)

22. Что может повлечь за собой нарушение правил эксплуатации?

23. Какие дефекты узловых соединений вы знаете?

24. Как происходит усиление стоек?

25. Как происходит усиление стропил?

26. Как происходит усиление клееных деревянных конструкций?

27. Какие элементы эффективно влияют на снижение внутренних усилий и опасности дальнейших расслоений при введение их в конструктивную схему?

2.1 Перечень лабораторных работ по дисциплине

№ раздела дисциплины	№ и наименование лабораторной работы	Количество часов Это для ЗФО
3	№ 2. Испытания лобовой врубки	1
3	№ 3. Испытание двухсрезного стыка на цилиндрических нагелях (на гвоздях)	1
4	№ 4. Испытание клееной балки	1
4	№ 5. Испытание клеефанерной балки	1
	ВСЕГО	**4**

2.2. Перечень практических занятий по дисциплине

№ раздела дисциплины	№ и наименование практического занятия	Количество часов Это для ЗФО
1	№ 1. Расчет элементов деревянных конструкций на центральное растяжение и центральное сжатие с учетом устойчивости, на поперечный изгиб	2
4	№4. Конструирование и расчет дощатоклееной балки покрытия	1
4	№6. Конструирование и расчет дощатоклееной арки	1
6	№ 9. Конструирование и расчет дощатого настила	1
	ВСЕГО	**6**

3 ОБЩИЕ МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ

В соответствии с требованиями Федерального Государственного образовательного стандарта, студенты заочной формы должны выполнить одну контрольную работу. Выполнение контрольной работы является необходимым этапом самостоятельной работы студентов при изучении дисциплины «Конструкции из дерева и пластмасс».

3.1. Алгоритм выбора варианта контрольной работы

Студенты заочного обучения выполняют одну контрольную работу по заданному варианту. Студент выполняет тот вариант задания, номер которого соответствует последним двум цифрам его шифра (номера зачетной книжки). Например, две последние цифры шифра зачетной книжки – 17. Тогда первая цифра – 1, а вторая цифра – 7

3.2. Требования к содержанию и оформлению контрольной работы

Контрольная работа заключается в решении задач по различным темам курса.

Контрольная работа выполняется в отдельной тетради объемом 12-18 листов или в печатном виде на листах А4, по следующим правилам:

– условия задания должны быть переписаны в тетрадь (на лист);

– необходимо пользоваться современной номенклатурой;

– все физические величины должны быть выражены в единицах Международной системы (СИ).

Перед решением задач следует ознакомиться с теоретическими основами соответствующего раздела. Ответы должны быть краткими, четкими, конкретными и при необходимости сопровождаться схемами.

На страницах текста оставьте поля для замечаний преподавателя. В конце выполненного контрольной работы необходимо дать список использованной литературы, указать дату выполненной работы и поставить свою подпись.

Необходимо оформить титульный лист выполненной контрольной работы согласно требований и сдать работу на кафедру – для регистрации.

Выполненная контрольная работа должна быть сдана студентом не позднее, чем за 10 дней до начала зачетно-экзаменационной сессии текущего семестра.

После рецензирования контрольной работы преподавателем студенту следует изучить все замечания рецензента и дать на них письменные ответы в конце тетради. Исправления в тексте после рецензии преподавателя – не допускаются!

Если работа не зачтена, то после ответа на замечания рецензента она посылается на повторное рецензирование!

Если работа не имеет замечаний при рецензировании, преподаватель ставит на титульном листе – «Зачтено», свою подпись и дату

4 ЗАДАНИЯ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ

Задание 1. Проверить несущую способность центрально-сжатого стержня (рис. 1).

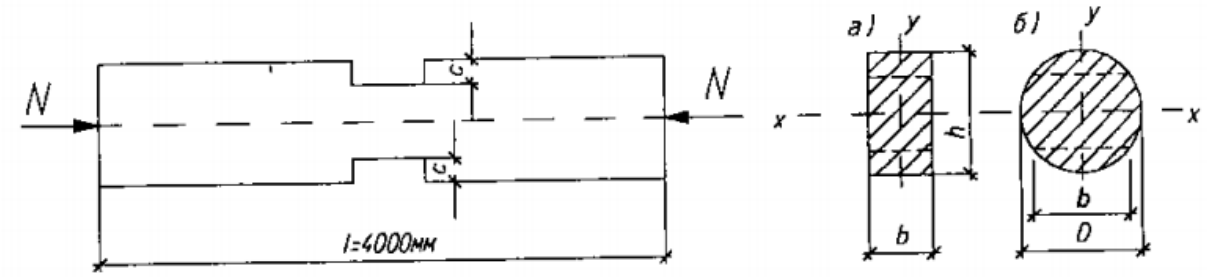


Рис. 1. Растянутый элемент

Исходные данные принять по таблице 1.

Таблица 1

№ варианта	Исходные данные										
	N, кН	Тип сечения	*h*, мм	*b*, мм	*D*, мм	*c*, мм	Условия закрепления концов стержня в плоскости		Материал	Сорт	Условия эксплуатации
							x-x	*y-y*			
1	100	а	225	150	-	20	З-Ш	Ш-Ш	сосна	2	А1
2	110	б	-	*d*/2	240	-	З-О	З-З	пихта	1	А2
3	120	а	225	175	-	30	З-З	Ш-З	береза	2	А3
4	130	б	-	*d*/2	260	-	Ш-Ш	З-О	лиственница	1	Б1
5	140	а	250	150	-	40	Ш-З	З-Ш	дуб	2	Б2
6	150	б	-	*d*/3	280	-	Ш-З	З-О	ель	1	Б3
7	160	а	250	175	-	50	З-З	Ш-Ш	вяз	2	В1
8	170	б	-	*d*/3	300	-	З-О	Ш-З	кедр	1	В2

9	180	а	250	200	-	60	З-Ш	Ш-З	ясень	2	В3
10	190	б	-	*d*/3	300	-	Ш-Ш	З-З	клен	2	А2
Примечание. З – защемление; О – свободный; Ш – шарнир.											

Теоретический материал

Центральное растяжение и сжатие

Основные расчетные формулы для проверки прочности центрально-растянутых и сжатых элементов и устойчивости сжатых элементов следующие:

$$\frac{N}{A_{нт}} \leq m_o R_p; \quad (1.1)$$

$$\frac{N}{A_{нт}} \leq R_c; \quad (1.2)$$

$$\frac{N}{A_{расч}} \leq \varphi R_c, \quad (1.3)$$

где $A_{нт}$ – площадь нетто ослабленного сечения. Ослабления для растянутого элемента считаются совмещенными в одном сечении, если расстояние между ними меньше 200 мм;

$A_{расч}$ – расчетная площадь сжатого элемента, принимается равной:
$A_{бр}$ – без ослаблений или при площади ослаблений $A_{осл} < 25\%\ A_{бр}$;
(4/3) $A_{нт}$ – при площади ослаблений > 25% $A_{бр}$;
$A_{нт}$ – при симметричных ослаблениях, выходящих на грань сечения;

m_o – коэффициент, учитывающий наличие ослаблений в растянутом элементе (m_o= 0,8);

φ – коэффициент продольного изгиба (находится по гибкости элемента λ).

Для древесины коэффициент φ подсчитывается по формулам:

$$\text{при } \lambda \leq 70\ \varphi = 1 - 0{,}8\left(\frac{\lambda}{100}\right)^2, \quad (1.4)$$

$$\text{при } \lambda \geq 70\ \varphi = \frac{3000}{\lambda^2}. \quad (1.5)$$

Для других материалов значения коэффициентов φ можно подсчитать по формулам таблицы 17П приложения.

Гибкость элемента подсчитывается по формуле

$$\lambda = \frac{l_0}{r} = \frac{\mu_0 l}{\sqrt{J/A}}, \quad (1.6)$$

где l_0– расчетная длина элемента;

r – радиус инерции сечения;

μ_0 – коэффициент приведенной длины (для деревянных конструкций) принимается равным:

1 – для свободно опертого стержня;

2,2 – для стержня с одним защемленным и другим свободным концами;

0,8 – для стержня с одним защемленным и другим шарнирно опертым концами;

0,65 – для защемленного с двух концов стержня.

Для прямоугольного сечения размером $h \times b$ радиусы инерции можно подсчитать по формулам:

$$r_x = 0{,}289 \cdot h,\ r_y = 0{,}289 \cdot b.$$

Для других сечений значения радиуса инерции и геометрических характеристик приведены в таблице 16П приложения.

2. Поперечный изгиб

Основные расчетные проверочные формулы поперечно изогнутых элементов следующие:

$$\sigma = \frac{M}{W_{нт}} \le R_и; \tag{1.7}$$

$$\tau = \frac{QS}{Jb} \le R_{ск} \text{ или} \tag{1.8}$$

$$\frac{1{,}5Q}{hb} \le R_{ск} \text{ – для прямоугольного сечения;}$$

$$\frac{M}{W_{бр}} \le \varphi_м R_и, \tag{1.9}$$

где $\varphi_м = 140\,\frac{b^2}{lh}\,k_ф$;

$$\frac{f}{l} \le \left[\frac{f}{l}\right]. \tag{1.10}$$

В написанных формулах приняты следующие обозначения:

M – изгибающий момент в проверяемом сечении;

Q – поперечная сила;

J – момент инерции поперечного сечения;

$W_{нт}$ – момент сопротивления нетто проверяемого сечения;

S – статистический момент сдвигаемой части сечения относительно нейтральной оси;

h, b – размеры поперечного сечения;

$k_ф$ – коэффициент, учитывающий форму эпюры изгибающих моментов, принимается по [1, прил.4, табл.2];

$R_и$, $R_{ск}$ – расчетные сопротивления материала соответственно изгибу и скалыванию.

Пример решения

Исходные данные приняты по варианту 1.

Решение

Проверка несущей способности центрально-сжатого стержня производится по формуле

$$N \le \varphi A_{расч} m_п m_в R_с.$$

Для рассматриваемого варианта $m_п$=1 (см. табл.7П приложения), $m_в$=1 (см. табл.8П приложения), $R_с$=13 Мпа (см. табл.6П приложения). Сечение имеет симметричное ослабление, выходящее на кромку сечения. Для такого стержня

$$A_{расч} = A_{нт} = (15 \cdot 22{,}5) - 2 \cdot 2 \cdot 15 = 277{,}5 \text{ см}^2.$$

Гибкость стержня

$$\lambda_x = \frac{\mu_{0x} l}{0{,}289 b} = \frac{0{,}8 \cdot 400}{0{,}289 \cdot 22{,}5} = 49{,}2;$$

$$\lambda_y = \frac{\mu_{0y} l}{0{,}289 h} = \frac{1{,}0 \cdot 400}{0{,}289 \cdot 15} = 92{,}3.$$

Наибольшая гибкость λ_y = 92,3 > 70, для нее коэффициент продольного изгиба

$$\varphi = \frac{3000}{\lambda^2} = \frac{3000}{92{,}3^2} = 0{,}352.$$

Проверка несущей способности стержня:

$$N = 100 \text{ кН} < \varphi A_{расч} m_п m_в R_с = 0{,}352 \cdot 0{,}02775 \cdot 1{,}0 \cdot 1{,}0 \cdot 13000 = 126{,}98 \text{ кН}$$

Вывод: несущая способность стержня достаточна.

Задание 2. Проверить прочность растянуто-изогнутого элемента прямоугольного поперечного сечения. Исходные данные принять по таблице 2 и рисунку 2.

Таблица 1

№ варианта	Исходные данные						
	Схема элемента	*N*, кН	*l*, мм	*e*, мм	*b*, мм	*h*, мм	Материал, сорт
1	а	200	3000	60	125	200	лиственница, 1с
2	б	150	4000	60	150	200	дуб, 2с
3	а	300	3000	50	150	175	лиственница, 1с
4	б	250	4000	50	125	225	клен, 2с
5	а	400	3000	40	200	250	вяз, 1с
6	б	400	4000	40	150	275	граб, 2с
7	а	350	3000	45	175	250	ель,1с
8	б	300	4000	45	125	250	ясень, 2с
9	а	250	3000	70	150	225	пихта,1с
10	б	200	4000	70	150	175	акация, 2с

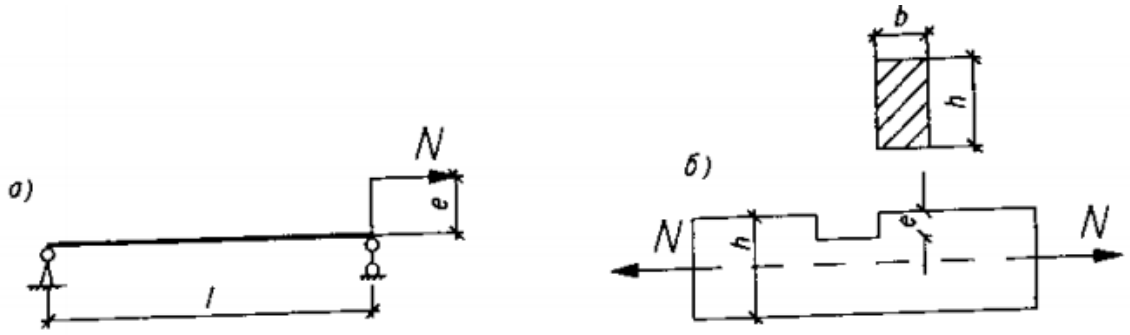


Рис. 2. Растянуто-изогнутые элементы

Теоретический материал

Сжатие с изгибом и растяжение с изгибом

Основными формулами при расчете сжато-изогнутых элементов являются следующие:

для проверки прочности

$$\frac{N}{A_{нт}} + \frac{M}{\xi W_{нт}} \leq R_c; \qquad (2.1)$$

для проверки устойчивости

$$\frac{N}{\varphi_y A R_c} + \left(\frac{M}{\xi W \varphi_м R_и}\right)^n \leq 1, \qquad (2.2)$$

где φ_y – коэффициент продольного изгиба элемента в плоскости наименьшей жесткости;

$\varphi_м$ – коэффициент устойчивости, подсчитываемый по формуле (1.10);

n = 1 – для элементов, имеющих закрепление растянутой зоны (связи);

n = 2 – для элементов без закреплений растянутой зоны;

ξ – коэффициент, учитывающий дополнительное увеличение изгибающего момента от действия силы N в деформированном элементе.

Следует заметить, что изгибающий момент в деформируемой схеме элемента увеличивается от действия силы N только в тех сечениях, где действительно произошли деформации. В сечениях же, закрепленных от деформирования, продольная сила N не изменяет изгибающие моменты.

Величина коэффициента ξ подсчитывается по формуле

$$\xi = 1 - \frac{\lambda^2 N}{3000 A R_c}. \qquad (2.3)$$

Устойчивость сжато-изогнутого элемента из плоскости производится без учета действия изгибающего момента по формуле

$$\frac{N}{A_{расч}} \leq \varphi_y R_c. \qquad (2.4)$$

Проверка прочности растянуто-изгибаемых элементов производится по формуле

$$\frac{N}{A_{нт}} + \frac{M R_p}{W_{нт} R_и} \leq R_р. \qquad (2.5)$$

Пример решения

Исходные данные приняты по варианту 1.

Решение. Проверку прочности производим по формуле (2.5). Предварительно найдем необходимые величины, входящие в эту формулу:

$$A = b \times h = 12{,}5 \cdot 20 = 250 \text{ см}^2;$$

$$W = \frac{bh^2}{6} = \frac{12{,}5 \cdot 20^2}{6} = 833{,}3 \text{ см}^2;$$

$$M = N_e = 200 \cdot 0{,}06 = 12 \text{ кН·м};$$

$$R_р = m_п R_р^о = 1{,}2 \cdot 10 = 12 \text{ МПа (для лиственницы)};$$

$$R_и = m_п R_и^о = 1{,}2 \cdot 14 = 16{,}8 \text{ МПа}.$$

Проверка прочности элемента:

$$\frac{200 \cdot 10}{250} + \frac{12 \cdot 10^3 \cdot 12}{833{,}3 \cdot 16{,}8} = 8 + 10{,}3 = 18{,}3 > R_р = 12 \text{ МПа}.$$

Прочность не обеспечена.

Задание 3. Для врубки, изображенной на рисунке 3, определить требуемый размер по данным таблицы 3, учитывая все основные требования к конструированию врубки. Материал брусьев – сосна второго сорта. Условия эксплуатации – нормальные.

Таблица 3

№ варианта	Исходные данные								
	N_c, кН	Сечение верхнего пояса		Сечение нижнего пояса		α_0	$l_{ск}$, мм	$h_{вр}$, мм	Искомый размер
		b_1	h_1	b_2	h_2				
1	105	150	150	150	-	30	-	-	h_2
2	105	150	150	150	-	30	-	-	$l_{ск}$
3	105	150	150	150	-	30	-	-	$h_{вр}$
4	105	150	150	150	-	30	-	-	$\alpha_{оп}$
5	$[N]_{нп}$	150	-	150	200	35	-	60	$l_{ск}$
6	$[N]_{вп}$	200	200	200	-	35	-	60	h_2
7	$[N]_{вп}$	200	200	200	-	35	-	60	$l_{ск}$
8	$[N]_{вп}$	200	200	200	-	35	-	60	$\alpha_{оп}$
9	120	175	-	175	-	40	-	-	$h_{вр}$
10	120	175	-	175	-	40	-	-	h_2
11	120	175	-	175	-	40	-	-	$l_{ск}$
12	120	175	-	175	-	40	-	-	$\alpha_{оп}$

Примечание. Под символом $[N]_{нп}$ и $[N]_{вп}$ принимать предельную несущую способность «н» – нижнего пояса или «в» – верхнего пояса.

Теоретический материал

Контактными называют такие соединения, в которых усилия от одного элемента к другому передаются через соответственно обработанные контактные поверхности. Дополнительно поставленные в таких соединениях механические связи несут обычно функции фиксации элементов или служат аварийными.

Наиболее распространенными контактными соединениями в деревянных конструкциях являются упоры и лобовые врубки. Упоры встречаются в соединениях стоек, в местах к горизонтальным ригелям, опирания прогонов, балок, ферм на стены и т.д.

В этих случаях расчет соединений сводится к проверки напряжений смятия по контактным поверхностям в деревянном элементе, в котором силы сжатия действуют перпендикулярно к волокнам. Проверка производится по формуле

$$\sigma_{см} = \frac{N}{A_{см}} \leq R_{см90}, \qquad (3.1)$$

где N – сила тяжести;

$A_{см}$ – площадь смятия (контакта);

$R_{см90}$ – расчетное сопротивление древесины смятию поперек волокон.

Если смятие происходит под углом α к волокнам древесины, то вместо $R_{см90}$ необходимо подставить $R_{см\alpha}$, величина которого определяется по формуле

$$R_{см\alpha} = \frac{R_{см}}{1 + \left(\frac{R_{см}}{R_{см90}} - 1\right)\sin^3\alpha}. \quad (3.2)$$

В тех случаях, когда смятие передается нижнему элементу поперек волокон лишь на части длины (при длине незагруженных участков не менее длины площадки смятия и толщины элементов), в формуле (3.1) вместо $R_{см90}$ подставляют величину $R^{м}_{см90}$, значение которой определяется по формуле

$$R^{м}_{см90} = R_{см90}\left(1 + \frac{8}{l_{см} + 1{,}2}\right). \quad (3.3)$$

Лобовой врубкой называют такое соединение, когда усилие от одного элемента к другому передается под углом по площади взаимного упора без иных рабочих связей. В таких соединениях хотя и ставятся дополнительные рабочие связи в виде болтов, хомутов или скоб, но они не учитываются в основной работе врубки и могут включаться в работу только в случаи аварии или при выполнении монтажа.

Правильное решение лобовой врубки показано на рисунке 3.1.

К опасным видам работы лобовой врубки относятся скалывание, смятие и разрыв по ослабленному сечению. Проверка на смятие производится для нижнего элемента по площади контакта по формуле

$$\sigma_{см} = \frac{N_c}{A_{см}} \le R_{см\alpha}, \quad (3.4)$$

где $A_{см} = \frac{h_{вр} b}{\cos\alpha}$ – площадь смятия,

$R_{см\alpha}$ определяется по формуле (3.2).

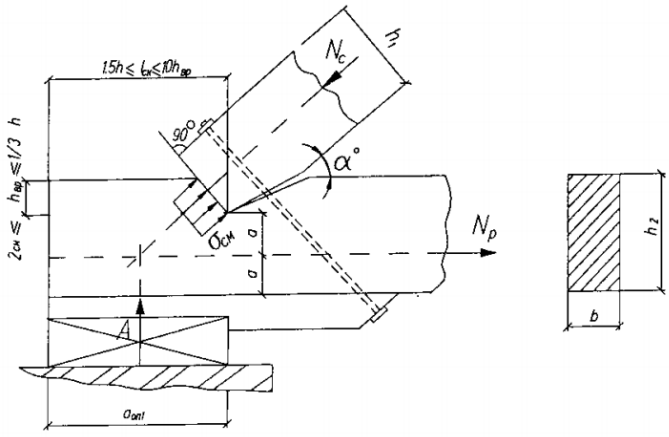


Рис. 3. Лобовая врубка

Пример решения

Исходные данные приняты по варианту 1.

Решение.

Для сосны второго сорта при нормальных условиях эксплуатации согласно таблицы 6П приложения выписываем значения расчетных сопротивлений R_c= 13 МПа; $R_p m_0$= 7·0,8 = 5,6 МПа; $R_{см90}$= 3 МПа; $R_{ск}$= 2,1 МПа; расчетное сопротивление древесины смятию под углом α = 30º будет равно:

$$R_{см30}=\frac{13}{1+\left(\frac{13}{3}-1\right)\sin^3\alpha}=9{,}2 \text{ МПа.}$$

Для того чтобы определить требуемую высоту сечения нижнего растянутого бруса, необходимо найти глубину врубки. Требуемую площадь смятия определяем из формулы:

$$A_{см}^{тр}=\frac{N_c}{R_{см\alpha}}=\frac{105\cdot 10^{-3}}{9{,}2}=0{,}0114 \text{ м}^2=114 \text{ см}^2,$$

с другой стороны, $A_{см}=\frac{bh_{вр}}{cos\alpha}$, откуда

$$h_{вр}=\frac{A_{см}cos\alpha}{b}=\frac{114cos30^{\circ}}{15}=6{,}6 \text{ см.}$$

Из условия прочности нижнего растянутого элемента по ослабленному сечению находим:

$$A_{нт}^{тр} = \frac{N_р}{R_р\, m_0} = \frac{90{,}93 \cdot 10^{-3}}{5{,}6} = 0{,}0162 \text{ м}^2 = 162 \text{ см}^2,$$

где $N_р = N_с\ cos\alpha$ = 105cos30° = 90,33 кН – усилие в нижнем элементе.

По известной площади $A_{нт}^{тр}$ находим

$$h_2^{тр} = \frac{A_{нт}^{тр}}{b} + h_{вр} = \frac{162}{15} + 6{,}6 = 17{,}4 \text{ см}.$$

В соответствии с сортаментом пиломатериалов ближе к этому размеру брус высотой h = 175 мм. Однако принимаем h = 200 мм, учитывая требования правильного конструирования лобовых врубок, а именно, чтобы $h_{вр} \leq (1/3)h$. Однако принимаем для нижнего пояса брус сечением 150×200 мм (для него $h_{вр}$ = 6,6 см < (1/3)h = 6,666 см).

Задание 4. Найти необходимое число нагелей (гвоздей, болтов или винтов) и произвести их расстановку для крепления стальных накладок по рис. 4.1. Исходные данные взять из таблицы 4.

Таблица 4

№ варианта	Исходные данные					
	Схема по рис.15	*N*, кН	Сечение элемента, мм	Порода древесины	Условия эксплуатации	Тип нагелей (диаметр, длина)
1	а	24	175×175	пихта	А3	гвозди 5×120
2	б	30	150×150	сосна	Б1	глухари 10×80
3	в	22	200×200	береза	А2	болты Ø 12
4	г	20	150×150	кедр	Б2	болты Ø 14
5	а	18	175×175	лиственница	А1	глухари 8×80
6	б	20	150×150	ясень	Б3	гвозди 5×100
7	в	18	175×175	клен	В3	болты Ø 16
8	г	16	250×250	вяз	В2	болты Ø 16
9	а	22	200×200	ель	В1	глухари 10×100
10	б	17	200×200	дуб	А2	гвозди 4×100

Теоретический материал

Соединения на нагелях

Нагелями называются гибкие стержни, пластинки или иные вкладыши, препятствующие взаимному сдвигу соединяемых элементов и работающие в основном на изгиб. Нагельные соединения являются безраспорными, что обеспечивается защемлением нагеля в нагельном гнезде.

Нагели бывают пластинчатыми и цилиндрическими. К последним относятся болты, штыри, шуруп, глухари. Наибольшее применение в практике строительства получили цилиндрические нагели, которые в зависимости от вида материала могут быть изготовлены из стали, алюминия, стек-

лопластика, прочных пород дерева – дуба, бука, березы. Цилиндрические нагели чаще всего используются при выполнении узловых и стыковых сопряжений элементов. Общий вид стыкового сопряжения показан на рисунке 3.1.

Конструируя нагельные соединения, необходимо учитывать следующие требования:

1. Размеры нагелей принимать в соответствии с сортаментом (см. табл.5П приложения).

2. Под цилиндрические нагели (штыри, стержни, болты) отверстия сверлить в пакете после сборки соединения диаметром, равным диаметру нагеля. Гвозди $d_{гв} \leq 6$ мм забивать без рассверловки отверстий. При $d_{гв} > 6$ мм (а для пород древесины из ольхи, лиственницы, дуба при $d_{гв} > 5$ мм) требуется предварительно рассверливать гнезда диаметром 0,9 $d_{гв}$, о чем указывается в проекте.

3. Чтобы исключить раскалывание древесины, необходимо соблюдать нормы расстановки нагелей согласно п.п. 5.18, 5.19, 5.21, и 5.22 [1].

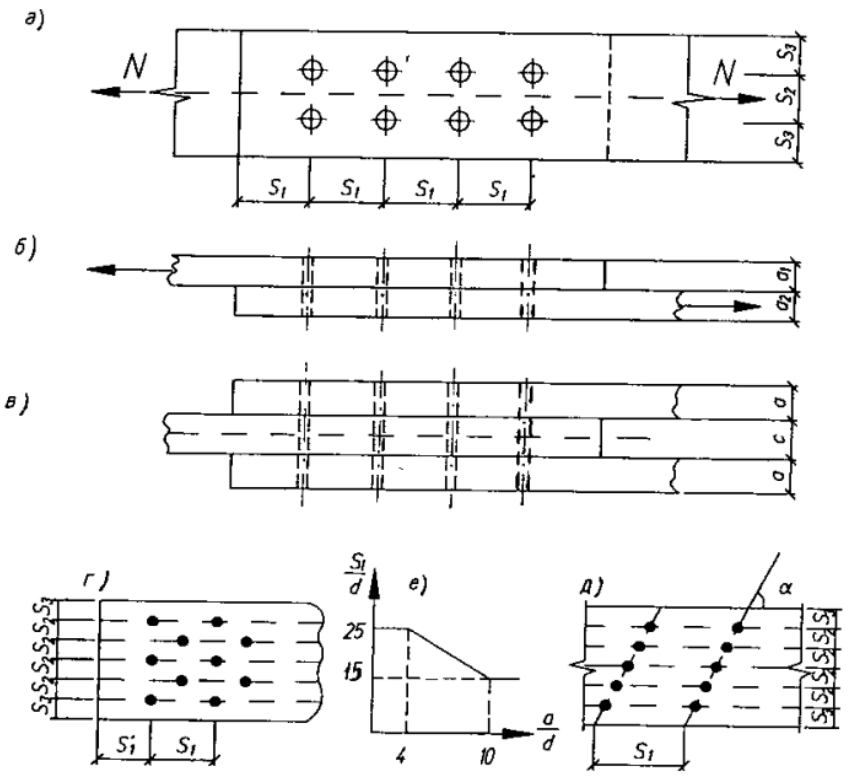


Рис. 4.1. Общий вид стыка на цилиндрических нагелях

Расстояния между осями цилиндрический нагелей вдоль волокон древесины S_1, поперек волокон S_2 и от кромки элемента до первого ряда нагелей S_3 (см. рис. 3.1) должны быть:

для стальных нагелей $S_1 = 7d$; $S_2 = 3{,}5d$; $S_3 = 3d$;

для алюминиевых и стеклопластиковых нагелей $S_1 = 6d$; $S_2 = 3{,}5d$; $S_3 = 3d$;

для дубовых нагелей $S_1 = 5d$; $S_2 = 3d$; $S_3 = 2{,}5d$.

При толщине пакета b меньше 10 d допускается применять:

для стальных, алюминиевых и стеклопластиковых нагелей $S_1 = 6d$; $S_2 = 3d$; $S_3 = 2{,}5d$;

для дубовых нагелей $S_1 = 4d$; $S_2 = S_3 = 2{,}5d$.

Расстояние между осями гвоздей вдоль волокон древесины для прибиваемых элементов должно быть принято согласно графику (см.рис.14, е). Для элементов, не пробиваемых насквозь гвоздями, независимо от их толщины принимают $S_1 \geq 15d$. Расстояние от торца элемента до первого ряда гвоздей во всех случаях должно быть $S_1 \geq 15d$.

Расстояние между гвоздями поперек волокон древесины при прямой расстановке гвоздей должно быть $S_2 \geq 4d$, при шахматной расстановке или расстановке косыми рядами под углом 45° (см.рис.3.1, г, д) это расстояние может быть уменьшено до $S_2 = 3d$.

Расстояние S_3 во всех случаях принимается не меньше $4d$.

Для шурупов и глухарей при завинчивании их в отверстия диаметром $d = 0{,}8d_ш$ расстановка в соединении принимается следующая: $S_1 = 10d_ш$; $S_2 = S_3 = 5d_ш$.

4. Диаметр гвоздей следует принимать не более 0,25 толщины пробиваемых элементов.

5. При определении расчетной длины защемления конца гвоздя не следует учитывать его заостренную часть длиной $1{,}5d$. Кроме того, из длины гвоздя следует отнимать по 2 мм на каждый шов между соединяемыми элементами.

При свободном выходе гвоздя из пакета расчетную толщину последнего элемента следует уменьшить на $1{,}5d$.

6. Расчетная длина защемленного гвоздя должна быть не меньше $4d$. Если она меньше, чем $4d$, то гвоздь в работе не учитывается.

7. Для обеспечения плотности нагельного соединения из общего числа нагелей должно быть поставлено с каждой стороны стыка не менее 3 болтов (такого же диаметра). В соединениях на гвоздях, шурупах и глухарях плотность обеспечивается без болтов.

8. Нагели следует размещать преимущественно в 2 или 4 ряда. Постановка нагелей по середине ширины доски нежелательна, так как здесь возможны усушечные трещены.

9. При расчете нагельных соединений расчетная несущая способность определяется на один «срез» нагеля как минимальная величина из условия смятия древесины нагельного гнезда в крайнем и среднем (если такой имеется) элементах и изгиба нагеля. «Срез» нагеля – понятие условное, под ним понимается пересечение оси нагеля со швом между сдвигаемыми элементами.

Эти три условия получаются непосредственным расчетом по формулам табл.17 [1]. Некоторые данной этой таблицы приведены табл.19П приложения.

Несущая способность шурупов и глухарей (винтов) определяется по правилам расчета для стальных цилиндрических нагелей с диаметром d, равным диаметру ненарезной части винта, кроме случая, когда заглубление гладкой части винта в древесину менее $2d$. В этом случае расчет следует вести по внутреннему диаметру ослабленного резьбой сечению.

Нагельные соединения со стальными накладками (рис.4.2) принимают в тех случаях, когда обеспечена необходимая плотность постановки нагелей. С этой целью в них используют шурупы, глухари и болты. Глухие стальные нагели должны иметь заглубление в древесину не менее $5d$.

Соединения со стальными накладками, вставляемыми в прорези деревянного элемента (см. рис. 3.2, в, г), более предпочтительны, так как при прочих одинаковых условиях они обладают большей несущей способностью, чем соединения с накладными стальными полосами (см. рис.3.2, а, б). Однако такие соединения более сложны в изготовлении и возможны к применению лишь тогда, когда есть условия производить сверловку отверстий одновременно и в древесине, и в металле.

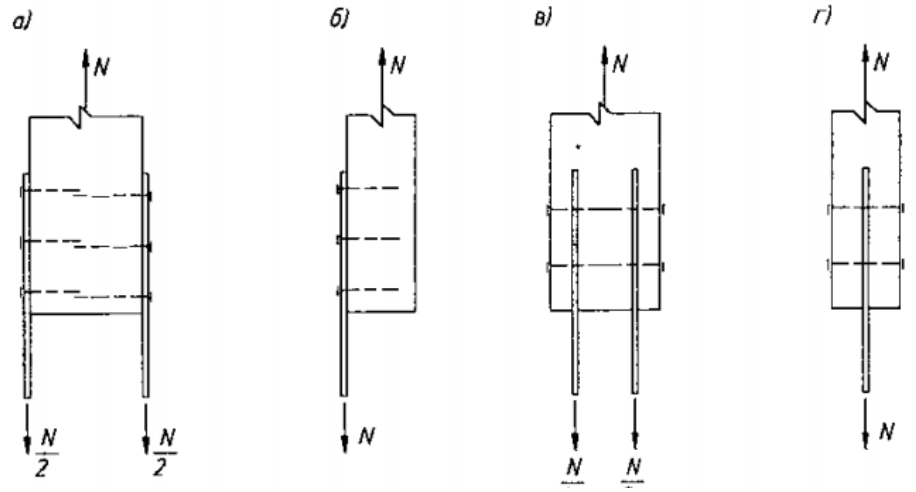


Рис. 4.2. Нагельные соединения со стальными накладками

Нагельные соединения со стальными накладками и прокладками рассчитываются согласно общим указаниям, отмеченным выше, причем в расчете из условия изгиба нагеля следует принимать наибольшее значение несущей способности.

Стальные накладки и прокладки следует проверять на растяжение по ослабленному сечению и на смятие под нагелем.

При направлении передаваемого нагелем усилия под углом к волокнам древесины сопротивление смятию в нагельном гнезде изменится, поэтому расчетную несущую способность надо дополнительно умножить:

а) на коэффициент $k\alpha$ – при расчете на смятие древесины;

б) на $\sqrt{k\alpha}$ – при расчете нагеля на изгиб, причем угол α принимается равным наибольшему из углов смятия нагелем элементов, примыкающих к рассматриваемому шву. Значения $k\alpha$ приведены в табл.21П приложения.

При d < 6мм (т.е. для гвоздей) $k\alpha = 1$.

Для элементов из древесины других пород, при других условиях температурно-влажного режима эксплуатации, наличии только постоянной или кратковременной нагрузки, а также в конструкциях гидротехнических сооружений несущая способность соединения должна быть скорректирована умножением:

на соответствующие коэффициенты $m_п$, $m_в$, $m_н$ (см. табл.7П, 8П, 9П приложения) – при расчете из условия смятия древесины элементов;

на корень квадратный из этих коэффициентов – при расчете из условия изгиба нагеля.

Соединения из пластинчатых нагелей в соединениях деревянных конструкций применяются лишь для сплачивания брусьев в составных балках, арках, верхних поясах ферм. Пластинчатые нагели изготавливаются из твердых пород дерева (дуб, бук, береза) с размерами, изображенными на рисунке 4.3.

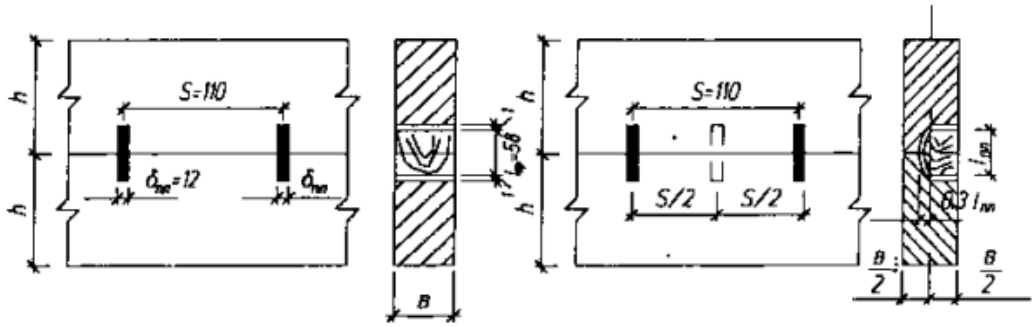


Рис.4.3. Соединения на пластинчатых нагелях

Сплачивание по высоте более трех брусьев не допускается.

Расчетная несущая способность одного дубового или березового нагеля с размерами, изображенными на рис.16, определяется по формуле

$$T = 0{,}75b_{пл} \text{ (или } 75b_{пл}\text{, кгс)},$$

где $b_{пл}$ – ширина пластинчатого нагеля в см,

для сквозных нагелей $b_{пл} = b$, для глухих нагелей $b_{пл} = 0{,}5b$.

Пример решения

Исходные данные приняты по варианту 1.

Решение.

Сначала найдем несущую способность одного среза нагеля (гвоздя). Для заданного случая она определяется исходя из работы гвоздя на изгиб и притом по максимальной величине согласно табл.19П приложения, т.е.

$4{,}0d^2$. С учетом породы древесины соединяемых элементов и условий эксплуатации несущая способность одного среза гвоздя

$$T_{гв.н} = \sqrt{m_п}\sqrt{m_в} \cdot 4{,}0d^2_{гв} = \sqrt{0{,}8}\sqrt{0{,}9} \cdot 4{,}0 \cdot 0{,}5^2 = 0{,}848 \text{ кН}.$$

Принимаем стальную накладку толщиной 4 мм, тогда глубина защемления гвоздя

$$a_{защ} = l_{гв} - t - 0{,}2 - 1{,}5\, d_{гв} = 12{,}0 - 0{,}4 - 0{,}2 - 1{,}5 \cdot 0{,}5 =$$
$$= 10{,}65 \text{ см} > 4\, d_{гв} = 4 \cdot 0{,}5 = 2 \text{ см (гвоздь защемлен)}.$$

Несущая способность одного среза гвоздя из условия смятия древесины

$$T_{см} = 0{,}35 a d_{гв}\, m_п\, m_в = 0{,}35 \cdot 10{,}65 \cdot 0{,}5 \cdot 0{,}8 \cdot 0{,}9 = 1{,}34 \text{ кН} > T_{гв.н}$$

Она заведомо больше, чем из условия изгиба гвоздя, поэтому за расчетную несущую способность среза гвоздя принимаем $T_{гв}^{min} = 0{,}848$ кН.

Гвоздь работает как односрезный, поэтому расчетная несущая способность его будет равна 0,848 кН.

Необходимое количество гвоздей для крепления одной пластины

$$n = \frac{N}{2T_{гв}} = \frac{24}{2 \cdot 0{,}848} = 14{,}15.$$

Принимаем 16 гвоздей, расставляя их в два ряда по 8 штук.

Расстояние между осями гвоздей вдоль длины элемента принимаем $S_1 = 15\, d_{гв} = 15 \cdot 5 = 75$ мм. Расстановка гвоздей показана на рисунке 4.3.

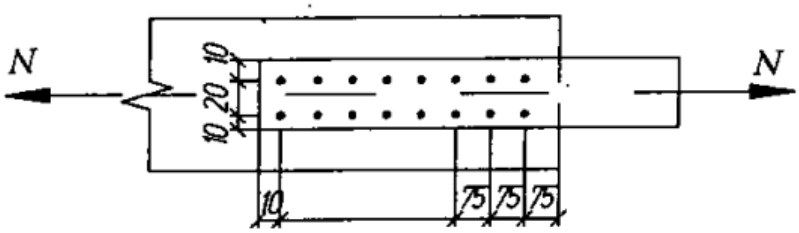


Рис. 4.3. Крепление стальных накладок к деревянному элементу

Проверка прочности стальных накладок по ослабленному сечению:

$$\sigma_р = \frac{N}{2A_{нт}} = \frac{24}{2 \cdot (4 \cdot 0{,}4 - 2 \cdot 0{,}5 \cdot 0{,}4)} = \frac{24 \cdot 10}{2{,}4} = 100 \text{ МПа} < R = 210 \text{ МПа}.$$

Прочность обеспечена.

Задание 5. Из условия прочности подобрать сечение рабочего настила под кровлю из рулонного материала или волнистых асбоцементных листов. Исходные данные взять из таблицы 5.

Таблица 5.

№ варианта	Исходные данные					
	Пролет, мм	Расчетная нагрузка, кН/м^2		Материал настила, сорт	Длина асбестоцементных листов	Схема работы настила
		постоянная	временная			
1	1000	0,25	1,6	сосна, 2с	1200	двухпролетный
2	800	0,20	1Ю4	пихта, 3с	-	двухпролетный
3	1750	0,29	1,8	лиственница, 3с	1750	однопролетный
4	900	0,24	1,9	осина, 2с	-	однопролетный
5	1200	0,38	2,6	береза, 3с	1750	двухпролетный
6	1000	0,24	1,7	дуб, 2с	-	двухпролетный
7	1100	0,52	3,6	ель,1с	1200	однопролетный
8	1100	0,22	1,5	вяз, 1с	-	однопролетный
9	1100	0,46	3,2	клен, 2с	1750	двухпролетный
10	1200	0,18	1,2	кедр, 2с	-	двухпролетный

Теоретический материал

Ограждение стен, покрытий и перекрытий в конструкциях из дерева и пластмасс могут быть выполнены:

– в виде различных настилов, уложенных по прогонам покрытия или ригелям фахверка;

– в виде индустриальных щитов, укладываемых на прогоны покрытия или несущие конструкции каркаса здания;

– из крупных индустриальных панелей, монтируемых, как правило, на основные несущие конструкции каркаса здания.

В состав ограждающих конструкций в общем случае входят настилы, прогоны, щиты, панели.

Настилы могут быть выполнены из досок, брусков, листов фанеры, древесно-стружечных плит, стеклопластика и др.

Расчет деревянных настилов производится по схеме двухпролетной балки на два сочетания нагрузок:

1) собственный вес и временная нагрузка (снег);

2) собственный вес и сосредоточенный груз P = 1 кН с γ_f = 1,2.

Проверка прочности настилов осуществляется по формуле

$$\sigma = \frac{M}{W} \leq R_и m_в. \qquad (5.1)$$

Проверка прогибов производится по обычной формуле как для изгибаемого элемента, при этом максимальная величина прогиба для двухпролетной балки подсчитывается по формуле

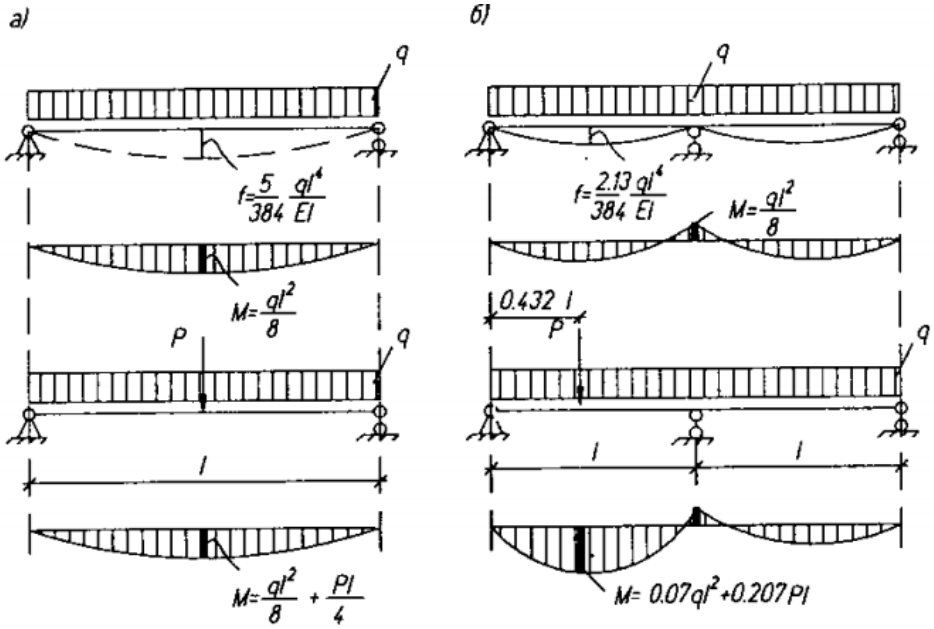
$$f = \frac{2{,}13}{384}\frac{q^{н} l^4}{EJ}. \qquad (5.2)$$

Сосредоточенный груз P считается приложенным к двум доскам (брускам), если расстояние между осями досок (брусков) менее 150 мм, при расстоянии более 150 мм весь груз прикладывается к одной доске (бруску).

При наличии двойного настила (один из которых защитный) груз P распределяется на ширину рабочего настила, равную 0,5 м.

При расчете прочности настила на действие монтажной нагрузки расчетное сопротивление древесины умножается на коэффициент $m_н$ = 1,2.

Значение прогибов и изгибающих моментов в настиле в зависимости от схемы его работы приведены на рис. 5.1.



а – разрезные, б – двухпролетные.

Рис.5.1. Расчетные схемы настилов:

Пример решения

Исходные данные приняты по варианту 1.

Решение.

Настил под асбестоцементную кровлю принимаем в виде обрешетки из брусков. Шаг обрешетки назначаем таким образом, чтобы лист опирался на три бруска и при этом не менее чем 100 мм оставалось на нахлестку листов. Для данного варианта получаем шаг обрешетин

$$B = \frac{1200-200}{2} = 500 \text{ мм}.$$

Расчет ведем на одну обрешетину, для которой погонные нагрузки будут равны:

$$q = 0{,}25 \cdot 0{,}5 = 0{,}125 \text{ кН/м};$$
$$p = 1{,}6 \cdot 0{,}5 = 0{,}8 \text{ кН/м}.$$

Максимальные изгибающие моменты при сочетании нагрузок:
а) постоянная + временная

$$M = \frac{(q+p)l^2}{8} = \frac{(0{,}125+0{,}8)\cdot 1^2}{8} = 0{,}116 \text{ кН·м};$$

б) постоянная + P = 1,2 кН

$$M = 0{,}07ql^2 + 0{,}207Pl = 0{,}07 \cdot 125 \cdot 1^2 + 0{,}207 \cdot 1{,}2 \cdot 1{,}0 =$$
$$= 0{,}09 + 0{,}248 = 0{,}256 \text{ кНм}.$$

Требуемый момент сопротивления обрешетины

$$W_{\text{тр а}} = \frac{0{,}116 \cdot 10^{-3}}{13} = 0{,}00000892 \text{ м}^3 = 8{,}92 \text{ см}^3;$$
$$W_{\text{тр б}} = \frac{0{,}257 \cdot 10^{-3}}{1{,}2 \cdot 13} = 0{,}00001647 \text{ м}^3 = 16{,}47 \text{ см}^3.$$

В соответствии с сортаментом принимаем брусок сечением 32×60 мм (W = 19,2 см^3 > $W_{\text{тр}}$).

Задание 6. Проверить прочность, устойчивость и прогиб изображенной на рисунке 6 дощатоклееной однопролетной балки, склеенной из досок толщиной 35 мм (в чистоте). Исходные данные для расчета взять из таблицы 6.

Таблица 6

№ варианта	Исходные данные						
	Схема балки по рис.34	Пролет, м	Нагрузка, кН/м^2		Сечение, мм		Материал, сорт
			нормативная	расчетная	h	b	
1	а	9	12,3	15,0	700	142	сосна, 2с
2	б	10	10,0	12,2	770	142	лиственница, 2с
3	в	11	13,2	15,8	910	168	кедр, 2с
4	а	12	12,3	15,0	980	168	ясень, 2с
5	б	11	13,8	14,6	945	144	лиственница, 2с
6	в	10	12,1	13,8	875	142	пихта, 1с
7	а	9	14,0	17,5	805	144	Ель, 1с
8	б	9	14,2	16,7	735	168	пихта, 2с

9	в	9	13,5	15,2	840	144	ель, 1с
10	а	10	10,8	13,4	665	142	кедр, 2с

Теоретический материал

Клеевые балки могут быть склеены из досок (дощатоклееные) и из досок и фанеры (клеефанерные). Для изготовления используют дости толщиной не более 50 мм и шириной не более 200 мм с влажностью древесины менее 15 %. Доски перед склееванием фрезеруют, поэтому при компоновки поперечного сечения балки необходимо учитывать припуски на механическую обработку досок.

Типы клеедощатых балок показаны на рисунке 6.1.

а) б) в)

Рис. 6.1 Дощатоклееные балки

Балки представляют пакет склеенных между собой досок, укладываемых плашмя. Для склеивания используют фенолформальдегидные или резорциновые клеи. Толщина клеевого шва в расчетах не учитывается, поскольку очень мала (≈ 0,1 мм).

Поперечное сечение дощатоклееных балок принимают в основном прямоугольным (рис. 6.2), как более технологичное, хотя могут быть изготовлены балки и более рациональных форм сечений (например, двутавровых).

Допускается сочетать по высоте сечения балки древесину двух сортов, используя в средней зоне более низкий сорт, а в крайних зонах на 0,15h более высокий, по которому назначают расчетные сопротивления ($R_с$, $R_р$, $R_и$).

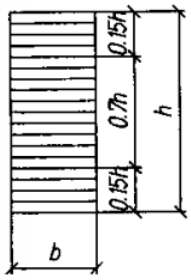


Рис. 6.2. Поперечное сечение клееных балок

Расчет дощатоклееных балок производят как балок цельного сечения, но при этом необходимо учитывать ряд специфических коэффициентов $m_б$, $m_{сл}$, $m_{гн}$, которые вводятся к расчетному сопротивлению древесины и значения которых приведены в табл. 10П, 11П, 12П приложения.

Для балок, изображенных на рис. 6, б, опасное сечение при действии равномерно распределенной нагрузки находится на расстоянии x от опоры, которое подсчитывается по формуле

$$x = \frac{l h_{оп}}{2h}, \tag{6.1}$$

величина изгибающего момента в этом сечении

$$M_x = \frac{qx}{2}(l\text{-}x). \tag{6.2}$$

Для гнутоклееных балок (см. рис. 6.1, в) необходимо дополнительно выполнять проверку прочности на действие радиальных растягивающих напряжений по формуле

$$\frac{(\sigma_0 + \sigma_1)h_1}{2r_1} \le R_{p90}, \tag{6.3}$$

где σ_0 – нормальное напряжение в крайнем волокне растянутой зоны;

σ_1 – нормальное напряжение в промежуточном волокне сечения, где определяются радиальные растягивающие напряжения;

h_1 – расстояние между крайним и рассматриваемым волокнами;

r_1 – радиус кривизны линии, проходящей через центр тяжести части эпюры нормальных растягивающих напряжений, заключенной между крайним и рассматриваемым волокнами;

R_{p90} – расчетное сопротивление древесины растяжению поперек волокон.

Для максимальной величины растягивающих напряжений (по нейтральной линии) вместо формулы (6.3) можно пользоваться формулой

$$\sigma_p^{max} = \frac{1{,}5M}{bhr_0}, \tag{6.4}$$

где r_0 – радиус кривизны линии, проходящей выше на (1/3)h нейтральной оси (радиус кривизны по нейтральной оси принимать не менее 300 толщин склеиваемых досок).

Пример решения

Исходные данные приняты по варианту 2.

Решение

Опасное сечение в балке находится на расстоянии от опоры, равном (см. формулу (6.1)):

$$x = \frac{l h_{оп}}{2h} = \frac{10 \cdot 385}{2 \cdot 770} = 2{,}5 \text{ м},$$

где $h_{оп}$ = 385 м – высота балки на опоре (принята конструктивно не менее h, 2).

Изгибающий момент в сечении x (формула 6.2)

$$M_x = \frac{qx}{2}(l\text{-}x) = \frac{12{,}2 \cdot 2{,}5}{2}(10 - 2{,}5) = 114{,}375 \text{ кН·м}.$$

Высота балки в сечении x

$$h_x = h_{оп} + \frac{2(h - h_{оп})}{l} x = 385 + \frac{2(770 - 385)}{10} \cdot 2{,}5 = 577{,}5 \text{ мм}.$$

Момент сопротивления балка в сечении x

$$W_x = \frac{b h_x^2}{6} = \frac{14{,}2 + 57{,}75^2}{6} = 7893 \text{ см}^3.$$

Проверка прочности балки:

$$\sigma = \frac{Mx}{Wx} = \frac{144{,}375 \cdot 10^3}{7893} = 14{,}5 \text{ МПа} < m_п\, m_б\, m_{сл}\, R_и =$$
$$= 1{,}2 \cdot 0{,}99 \cdot 1{,}0 \cdot 13 = 15{,}44 \text{ МПа}.$$

где коэффициенты $m_п$ $m_в$ $m_{сл}$ приняты по табл.7П, 10П, 11П приложения (по данным задачи).

Прочность по нормальным напряжениям обеспечена.

Проверяем прочность балки на действие касательных напряжений. Максимальная поперечная сила

$$Q = \frac{ql}{2} = \frac{12{,}2 \cdot 10}{2} = 61 \text{ кН}.$$

Для опорного сечения (где действует Q_{max}) имеем

$$J = \frac{b h_{оп}^3}{12} = \frac{14{,}2 \cdot 38{,}5^3}{12} = 67428 \text{ см}^4;$$
$$S = \frac{b h_{оп}^2}{8} = \frac{14{,}2 \cdot 38{,}5^2}{8} = 2632 \text{ см}^3;$$

Проверка прочности по касательным напряжениям:

$$\tau = \frac{QS}{Jb} = \frac{61 \cdot 2631 \cdot 10}{67528 \cdot 14{,}2} = 1{,}6 \text{ МПа} > m_п\, m_{сл}\, R_{ск} = 1 \cdot 1 \cdot 1{,}5 = 1{,}5 \text{ МПа}.$$

Прочность не обеспечена. Для проверки устойчивости подсчитываем коэффициент $\varphi_м$ по формуле (1.10). При отсутствии связей по верхним поясам балок $l_р$ = 10 м, тогда

$$\varphi_м = 140\frac{b^2}{l_р h} k_ф = 140\frac{14{,}2^2}{1000 \cdot 77}\, 1{,}13 = 0{,}414.$$

Изгибающий момент в середине пролета

$$M = \frac{ql^2}{8} = \frac{12{,}2 \cdot 10^2}{8} = 152{,}5 \text{ кН·м}.$$

Момент сопротивления сечения в середине пролета

$$W = \frac{bh^2}{6} = \frac{14{,}2 \cdot 77^2}{6} = 14032 \text{ см}^3.$$

Проверка устойчивости:

$$\sigma = \frac{M}{W} = \frac{152{,}5 \cdot 10^3}{14032} = 10{,}868 \text{ МПа} > \varphi_м\, m_п\, m_б\, m_{сл}\, R_и =$$
$$= 0{,}414 \cdot 1{,}2 \cdot 0{,}91 \cdot 1 \cdot 13 = 11{,}8 \text{ МПа}.$$

Устойчивость балок при отсутствии связей не обеспечена. Необходимо поставить связи. Ставим их с шагом 5 м, тогда $l_р$ = 5000 мм, коэффициент $\varphi_м$ будет равен 0,828 и условие устойчивости будет выполнено, так как

$$\sigma = 10{,}868 \text{ МПа} < 0{,}828 \cdot 1{,}2 \cdot 0{,}91 \cdot 1 \cdot 13 = 11{,}8 \text{ МПа}.$$

Проверку прогиба балки производим по формуле

$$\frac{f}{l} = \frac{f_0}{l k_{нк}}\left(1 + \alpha\frac{h^2}{l^2}\right) = \frac{0{,}0024}{0{,}575}\left(1 + 17{,}3\frac{770^2}{10000^2}\right) =$$
$$= 0{,}0046 = \frac{1}{218} > \left[\frac{1}{300}\right],$$

где

$$\frac{f_0}{l} = \frac{5}{384} = \frac{q^{н} l^3}{EJ} = \frac{5 \cdot 10 \cdot 10^3 \cdot 10^6}{384 \cdot 10^4 \frac{14{,}2 \cdot 77^3}{12}} = 0{,}0024;$$

$$k_ж = 0{,}15 + 0{,}85\ (h_{оп}/h) = 0{,}15 + 0{,}85 \cdot 0{,}5 = 0{,}575;$$

$$\alpha = 15{,}4 + 3{,}8(h_{оп}/h) = 15{,}4 + 3{,}8 \cdot 0{,}5 = 17{,}3.$$

Жесткость балки не обеспечена.

ПРИЛОЖЕНИЕ

Таблица 1П

Сортамент пиломатериалов хвойных пород по ГОСТ 24454-80

Номинальные размеры толщины и ширины, мм

Толщина	Ширина								
16	75	100	125	150	-	-	-	-	-
19	75	100	125	150	175	-	-	-	-
22	75	100	125	150	175	200	225	-	-
25	75	100	125	150	175	200	225	250	275
32	75	100	125	150	175	200	225	250	275
40	75	100	125	150	175	200	225	250	275
44	75	100	125	150	175	200	225	250	275
50	75	100	125	150	175	200	225	250	275
60	75	100	125	150	175	200	225	250	275
75	75	100	125	150	175	200	225	250	275
100	-	100	125	150	175	200	225	250	275
125	-	-	125	150	175	200	225	250	-
150	-	-	-	150	175	200	225	250	-
175	-	-	-	-	175	200	225	250	-
200	-	-	-	-	-	200	225	250	-
250	-	-	-	-	-	-	-	250	-

Примечание. По требованию потребителя допускается изготовлять пиломатериалы с размерами, не указанными в таблице.

Таблица 2П

Сортамент и плотность фанеры

Наименование материала	Размеры, мм			Плотность, кг/м3	ГОСТ
	длина	ширина	толщина		
Строительная фанера марок ФСФ и ФК	2440 2440 2135 1830 1525 1220 1500	1525 1220 1525 1220 1525 1220 725 1200 725 1200 1500	1,5; 2; 2,5 3 4 5 6, 7, 8, 9, 10 12 15.18,19 5 7	750	3916.1-96
Бакелизированная фанера ФСБ	4400 4900 5000 5600	1500 1250 1200 1500 1200	10 12 14 16	1010	11539-2014

Таблица 3П

Сортамент фанерных труб

Наименование изделия	Внутренний диаметр, мм	Толщина стенки, мм
Фанерные трубы в звеньях	50	6,5

толщиной 1,4 -1,5 м и с укрупнением до 5-7 мм	100 150 200 250 300	8,0 11,0 11,0 13,0 13,0

Таблица 4П

Сортамент фанерных швеллеров

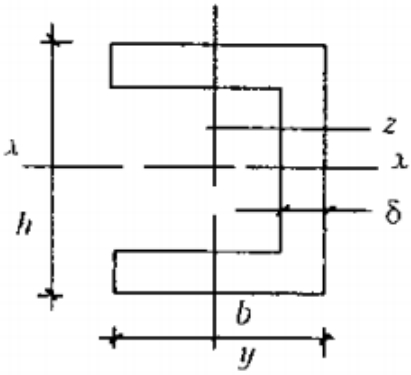
Поперечное сечение профиля	Геометрические характеристики							
	№ профиля	h, мм	b, мм	δ, мм	A, см^2	z_0, см	J_x, см^4	J_b, см^4
	10	100	60	10	20	2,0	253	62
	12	120	60	10	22	1,86	398	67
	12а	120	80	10	26	2,65	519	152
	14	140	80	10	24	1,65	584	71
	14а	140	80	10	28	2,5	753	169
	16	160	80	10	30	2,37	1040	171
	19	190	80	10	33	2,21	1579	182
	22	220	80	10	36	2,06	2259	191
	25	250	80	10	39	1,94	3096	199
	30	300	80	12	53	1,77	5863	252

Таблица 5П

Рекомендуемый сортамент строительных гвоздей

Диаметр, мм	Длина, мм	Масса 1000 шт., кг
3	70 80	3,88 4,44
3,5	90	6,80
4	100 120	9,80 11,77
5	120 150	18,30 22,40
6	150 200	33,20 44,20

Рекомендуемый сортамент болтов

Диаметр, мм		Площадь сечения, см^2		Размеры квадратных шайб стяжных болтов, мм	
По стержню	По нарезке	По стержню	По нарезке	ширина	толщина

12	9,7	1,13	0,74	45	4
16	13,4	2,01	1,41	55	4
20	16,7	3,14	2,18	70	5
24	20,1	4,52	3,16	90	7
27	23,1	5,72	4,18	100	8
30	25,4	7,06	5,06	–	–
36	30,8	10,17	7,44	–	–

Рекомендуемый сортамент шурупов с потайной и полукруглой головкой

Диаметр, мм	Длина, мм
2	7, 10, 13
3	10, 13, 16, 20, 25, 30
4	13, 16, 20, …, 60 с градацией через 5 мм
5	13, 16, 20, …, 70 с градацией через 5 мм
6	20, …, 100 с градацией через 5 мм
8	50, …, 100 с градацией через 5 мм
10	80, 90, 100 с градацией через 5 мм

Сортамент глухарей (винты для дерева)

Диаметр, мм	6	8	10	12	16	20
Длина, мм	35	–	–	–	–	–
	40	40	40	–	–	–
	50	50	50	–	–	–
	65	65	65	65	–	–
	–	80	80	80	80	–
	–	–	100	100	100	–
	–	–	120	120	120	120
	–	–	–	140	140	140
	–	–	–	–	160	160
	–	–	–	–	180	180
	–	–	–	–	–	200
	–	–	–	–	–	225
	–	–	–	–	–	250

Таблица 6П

Расчетные сопротивления

Напряженное состояние и характеристика элементов	Расчетное сопротивление, МПа, для сортов древесины

	Обозначение	1	2	3
1 Изгиб, сжатие и смятие вдоль волокон:	$R_и^A$, $R_с^A$, $R_{см}^A$			
а) элементы прямоугольного сечения [за исключением указанных в б), в)] высотой не более 50 см. При высоте сечения более 50 см [см. 6.9в)]		21	19,5	13
б) элементы прямоугольного сечения шириной от 11 до 13 см при высоте сечения от 11 до 50 см		22,5	21	15
в) элементы прямоугольного сечения шириной более 13 см при высоте сечения от 13 до 50 см		24	22,5	16,5
г) элементы из круглых лесоматериалов без врезок в расчетном сечении		-	24	15
2 Растяжение вдоль волокон:	$R_р^A$			
а) элементы из цельной древесины		15	10,5	-
б) клееные элементы		18	13,5	-
3 Сжатие и смятие по всей площади поперек волокон	$R_{с90}^A$, $R_{см90}^A$	2,7	2,7	2,7
4 Смятие поперек волокон местное:	$R_{см90}^A$			
а) в опорных частях конструкций, лобовых врубках и узловых примыканиях элементов		4,5	4,5	4,5
б) под шайбами при углах смятия от 90 до 60°		6	6	6
5 Скалывание вдоль волокон:	$R_{ск}^A$			
а) при изгибе элементов из цельной древесины		2,7	2,4	2,4
б) при изгибе клееных элементов		2,4	2,25	2,25
в) в лобовых врубках для максимального напряжения		3,6	3,2	3,2
г) местное в клеевых соединениях для максимального напряжения		3,2	3,2	3,2
6 Скалывание поперек волокон в соединениях:	$R_{ск90}^A$			
а) элементов из цельной древесины		1,5	1,2	0,9
б) клееных элементов		1,05	1,05	0,9
7 Растяжение поперек волокон элементов из клееной древесины	R_{R90}^A	0,23	0,15	0,12
8 Срез под углом к волокнам 45°	$R_{ср45}^A$	9	7,5	6
Срез под углом к волокнам 90°	$R_{ср90}^A$	16,5	13,5	12

Примечания

1 В конструкциях построечного изготовления величины расчетных сопротивлений на растяжение, принятые по пункту 2а) настоящей таблицы, следует снижать на 30%.

2 Расчетное сопротивление изгибу для элементов настила и обрешетки под кровлю из древесины 3-го сорта следует принимать равным 19,5 МПа.

Таблица 7П

Переходные коэффициенты $m_п$

Древесные породы	Коэффициенты $m_п$ для расчетных сопротивлений		
	Растяжению, изгибу, сжатию и смятию вдоль волокон $R_р$, $R_и$, $R_с$, $R_{см}$	Сжатию и смятию поперек волокон $R_{с90}$, $R_{см90}$	скалыванию $R_{ск}$
Хвойные			
1. Лиственница, кроме европейской и японской	1,2	1,2	1
2. Кедр сибирский, кроме кедра Красноярского края	0,9	0,9	0,9
3. Кедр красноярского края, сосна веймутовая	0,65	0,65	0,65
4. Пихта	0,8	0,8	0,8
Твердые лиственные			
5. Дуб	1,3	2	1,3
6. Ясень, клен, граб	1,3	2	1.6
7. Акация	1,5	2,2	1,8
8. Береза, бук	1,1	1,6	1.3
9. Вяз, ильм	1	1,6	1
Мягкие лиственные			
10. Ольха, липа, осина, тополь	0,8	1	0,8

Примечание. Коэффициенты $m_п$, указанные в таблице для конструкций опор воздушных линий передачи, изготавливаемых из не пропитанных антисептиками лиственницы (при влажности ≤ 25%), умножаются на коэффициент 0,85

Таблица 8П

Значение коэффициента $m_в$ учета работы древесины в разных условиях эксплуатации конструкций

Условия эксплуатации (по табл. 9 СП 64.13330.2017)	1 и 2	3	4а	4б
Коэффициент $m_в$	1	0,9	0,85	0,75

Таблица 9П

Значение коэффициентов $m_и$

Нагрузка	Коэффициент $m_и$	
1. Ветровая, монтажная, кроме указанной в п. 3	1,2	1,4
2. Сейсмическая		

для опор воздушных линий передач	1,4	1,6
3. Гололедная, монтажная, ветровая при гололеде, от тяжения проводов при температуре ниже среднегодовой При обрыве проводов и тросов	1,45 1,9	1,6 2,2

Таблица 10П

Значение коэффициентов $m_в$

Высота сечения, см	50 и менее	60	70	80	100	120 и более
Коэффициенты $m_в$	1	0,96	0,93	0,90	0,85	0,8

Таблица 11П

Значение коэффициентов $m_{сл}$

Толщина слоя, см	19 и менее	26	33	43
Коэффициенты $m_{сл}$	1,1	1,05	1	0,95

Таблица 12П

Значение коэффициентов $m_{гн}$

Напряженное состояние	Обозначение расчетных сопротивлений	Коэффициент $m_{гн}$ при отношении $r_к/a$			
		150	200	250	500 и более
Сжатие и изгиб	$R_с$, $R_и$	0,8	0,9	1	1
Растяжение	$R_р$	0,6	0,7	0,8	1

Таблица 13П

Расчетные сопротивления строительной фанеры

Вид фанеры	Расчетное сопротивление, МПа				
	растяжению в плоскости листа $R^{А}_{ф.р}$	сжатию в плоскости листа $R^{А}_{ф.с}$	изгибу из плоскости листа $R^{А}_{ф.и}$	скалыванию в плоскости листа $R^{А}_{ф.ск}$	срезу перпендикулярно плоскости листа $R^{А}_{ф.ср}$
1 Фанера клееная березовая марки ФСФ сортов В/ВВ, В/С, ВВ/С: а) 7-слойная толщиной 8 мм и более: вдоль волокон поперек волокон наружных слоев	 21 13,5	 18 13	 24 10	 1,2 1,2	 9 9

под углом 45° к волокнам	7	10,5	-	1,2	13,5
б) 5-слойная толщиной 5-7 мм:					
вдоль волокон наружных слоев	21	19,5	27	1,2	7,5
поперек волокон наружных слоев	9	10,5	4,5	1,2	9
под углом 45° к волокнам	6	9	-	1,2	13,5
2 Фанера клееная из древесины лиственницы марки ФСФ сортов В/ВВ и ВВ/С 7-слойная толщиной 8 мм и более:					
вдоль волокон наружных слоев	13,5	26	27	0,9	7,5
поперек волокон наружных слоев	11,5	19,5	16,5	0,75	7,5
под углом 45° к волокнам	4,5	7,5	-	1,05	11,5
3 Фанера бакелизированная марки ФБС толщиной 7 мм и более:					
вдоль волокон наружных слоев	48,5/32	42,5/28	50/33	2,7/1,8	16,5/11
поперек волокон наружных слоев	36,5/24	35/23	38/25	2,7/1,8	18/12
под углом 45° к волокнам	25/16,5	32/21	-	2,7/1,8	24/16

Примечания

1 Расчетные сопротивления смятию и сжатию перпендикулярно плоскости листа для березовой фанеры марки ФСФ - $R^{А}_{ф.с90} = R^{А}_{ф.см90} = 6$ МПа и марки ФБС - $R^{А}_{ф.с90} = R^{А}_{ф.см90} = 12$ МПа.

2 Расчетные сопротивления растяжению перпендикулярно к плоскости листа - отрыв шпона принимают $R^{А}_{ф.р90} = 0{,}15$ МПа.

Таблица 14П

Модули упругости $E_ф$, модули сдвига $G_ф$ и коэффициенты Пуассона $\nu_ф$ для строительной фанеры

Вид фанеры	Модуль упругости $E_ф$,	Модуль сдвига	Коэффициент Пуассона $\nu_ф$

	МПа	$G_ф$, МПа	
1 Фанера клееная березовая марки ФСФ сортов В/ВВ, В/С, ВВ/С семислойная и пятислойная:			
вдоль волокон наружных слоев	9	0,75	0,085
поперек волокон наружных слоев	6	0,75	0,065
под углом 45° к волокнам	2,5	3	0,6
2 Фанера клееная из древесины лиственницы марки ФСФ сортов В/ВВ и ВВ/С семислойная:			
вдоль волокон наружных слоев	7	0,8	0.07
поперек волокон наружных слоев	5,5	0,8	0,06
под углом 45° к волокнам	2	2,2	0,6
3 Фанера бакелизированная марки ФБС:			
вдоль волокон наружных слоев	12	1	0,085
поперек волокон наружных слоев	8,5	1	0,065
под углом 45° к волокнам	3,5	4	0,7
Примечание - Коэффициент Пуассона $\nu_ф$ указан для направления перпендикулярно оси, вдоль которой определен модуль упругости $E_ф$.			

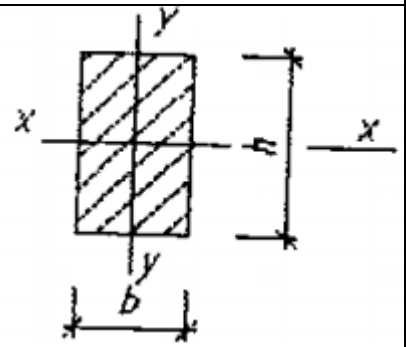
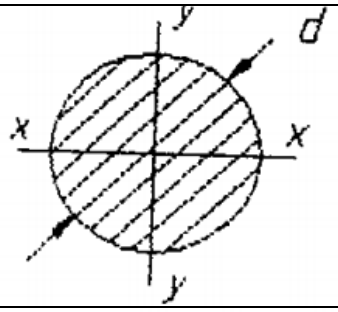
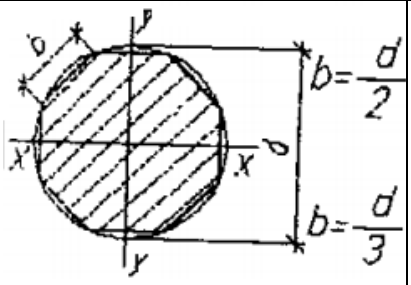
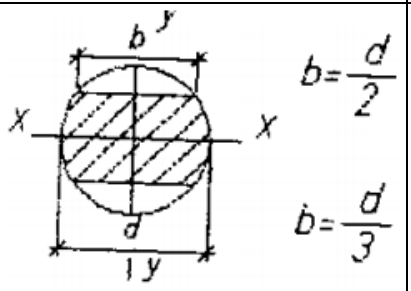
Таблица 15П

Расчетные характеристики фанерных профилей и некоторых конструкционных пластмасс

Наименование и марка материала	Расчетные сопротивления, МПа				Модули, МПа	
	Растяжению R	сжатию R	изгибу R	скалыванию $R_{ск}/R_{ср}$	упругости E	сдвига G
Фанерные трубы марки Ф1:						
∅ 50-150	25	25	20	–	8100	–
∅ 200-300	25	25	15	–	7300	–
Фанерные профили:						
вдоль волокон наружных слоев	14	11,5	16	0,6/3.5	11000	750
поперек волокон наружных слоев	5	5	–	0,8/5	500	750
Стеклопластики:						
КАТ-В	110	45	55	30	19000	–
СВАМ (1:1)	160	140	250	50	24000	–
АГ-4с (1:1)	220	90	110	–	15000	5,70
полиэфирный	15	15	15	9	3000	–
Древесно-слоистый пластик марки ДСП-Б, толщиной 15-60 мм	109	80	130	7	15000	
Винипласт	14	14	20	8,5	1600	

Таблица 16П

Геометрические характеристики поперечных сечений

Сечение	Площадь инерции A, см^2	Радиус инерции r_x, см	Момент инерции J, см^4	Момент сопротивления W, см^3	Статический момент полусечения, S, см^3
	bh	0,289h	$\frac{bh^3}{12}$	$\frac{bh^3}{6}$	$\frac{bh^3}{8}$
	$\frac{\pi d^2}{4}$	$\frac{d}{4}$	$\frac{\pi d^4}{64}$	$\frac{\pi d^3}{32}$	$\frac{d^3}{12,5}$
	$0,695d^2$ $0,76d^2$	$0,236d$ $0,246d$	$0,039d^4$ $0,046d^4$	$0,09d^3$ $0,098d^3$	$0,07d^3$ $0,08d^3$
	$0,74d^2$ $0,77d^2$	$0,231d$ $0,244d$	$0,039d^4$ $0,046d^4$	$0,09d^3$ $0,098d^3$	$0,07d^3$ $0,08d^3$

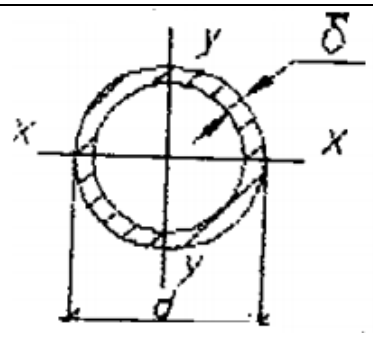
	$\pi d\delta$	$0{,}353d$	$\frac{\pi d^3\delta}{64}$	$\frac{\pi d^2\delta}{32}$	

Таблица 17П

Коэффициента продольного изгиба для некоторых материалов

Материал	λ_1	ϕ при $\lambda > \lambda_1$	ϕ при $\lambda < \lambda_1$
Фанера строительная	70	$\frac{2500}{\lambda^2}$	$1-\left(\frac{\lambda}{100}\right)^2$
Фанера профильная	60	$\frac{2150}{\lambda^2}$	$1-1{,}12\left(\frac{\lambda}{100}\right)^2$
Фанерные трубы	70	$\frac{2390}{\lambda^2}$	$1-1{,}046\left(\frac{\lambda}{100}\right)^2$
Стеклопластики СВАМ (1:1) АГ-4С (1:1) КАСТ-В Винипласт	 40 40 62 38	 $\frac{1260}{\lambda^2}$ $\frac{1230}{\lambda^2}$ $\frac{3120}{\lambda^2}$ $\frac{790}{\lambda^2}$	$1-\left(\frac{\lambda}{100}\right)^2\left(1-\frac{R_y}{R_т}\right)$ Ry – условный предел пропорциональности Ry – условный предел текучести –

Таблица 18П

Вертикальные предельные прогибы элементов конструкций

Элементы конструкций	Предъявляемые требования	Вертикальные предельные прогибы f_u	Нагрузки для определения вертикальных прогибов

1 Балки крановых путей подмостовые и подвесные краны, управляемые: с пола, в том числе тельферы (тали) из кабины при группах режимов работы: 1К-6К 7К 8К	Технологические Физиологические и технологические	*l*/250 *l*/400 *l*/500 *l*/600	От одного крана То же ″ ″
2 Балки, фермы, ригели, прогоны, плиты, настилы (включая поперечные ребра плит и настилов): а) покрытий и перекрытий, открытых для обзора, при пролете *l*, м: $l \leq 1$ $l = 3$ $l = 6$ $l = 24$ (12) $l \geq 36$ (24)	Эстетико-психологические	 *l*/200 *l*/150 *l*/200 *l*/250 *l*/300	Постоянные и длительные
б) покрытий и перекрытий при наличии перегородок под ними	Конструктивные	Принимаются в соответствии с приложением Д.1 СП 20.13330.2016	Приводящие к уменьшению зазора между несущими элементами конструкций и перегородками, расположенными под элементами
в) покрытий и перекрытий при наличии тельферов (талей), подвесных кранов, управляемых: с пола из кабины	Технологические Физиологические	 *l*/300 или *a*/150 (меньшее из двух) *l*/400 или *a*/200 (меньшее из двух)	 Кратковременные с учетом нагрузки от одного крана или тельфера (тали) на одном пути От одного крана или тельфера (тали) на одном пути
г) перекрытий, подверженных действию: перемещаемых грузов, материалов, узлов и эле-	Физиологические	 *l*/350	Наиболее неблагоприятное из следующих двух значений: 0,7 полных нормативных значе-

ментов оборудования и других подвижных нагрузок (в том числе при безрельсовом напольном транспорте) нагрузок от рельсового транспорта: узкоколейного ширококолейного		 *l*/400 *l*/500	ний кратковременных нагрузок на перекрытие или нагрузки от одного транспортного средства От одного состава вагонов (или одной напольной машины) на одном пути То же
д) покрытий и перекрытий автостоянок в зданиях, при пролете *l*, м:	Физиологические и технологические		Постоянные и длительные
L = 6		*l*/200	
L = 12		*l*/250	
l ≥ 24		*l*/300	
3 Элементы лестниц (марши, площадки, косоуры), балконов, лоджий	Эстетико-психологические	Те же, что в позиции 2, *а*	
	Физиологические	Определяются в соответствии с Д.2.2 СП 20.13330.2016	
5 Перемычки и навесные стеновые панели над оконными и дверными проемами (ригели и прогоны остекления)	Конструктивные	*l*/200	Приводящие к уменьшению зазора между несущими элементами и оконным или дверным заполнением, расположенным под элементами
	Эстетико-психологические	Те же, что в позиции 2, *а*	

Обозначения, принятые в таблице:
l -- расчетный пролет элемента конструкции;
а - шаг балок или ферм, к которым крепятся подвесные крановые пути.
Примечания
1 Для консоли вместо *l* следует принимать удвоенный ее вылет.
2 Для промежуточных значений *l* в позиции 2, а предельные прогибы следует определять линейной интерполяцией, учитывая требования Д.1.7 приложения Д СП 20.13330.2016.
3 В позиции 2, *а* цифры, указанные в скобках, следует принимать при высоте помещений до 6 м включительно.
4 Особенности вычисления прогибов по позиции 2, г указаны в Д.1.8 приложения Д СП20.13330.2016.
5 При ограничении прогибов эстетико-психологическими требованиями допускается пролет *l* принимать равным расстоянию между внутренними поверхностями несущих стен (или колонн).

Таблица 19П

Расчетная несущая способность для цилиндрических нагелей

Схема соединений	Напряженное состояние соединения	Расчетная несущая способность T на один шов сплачивания (условный срез), кН
1 Симметричные соединения	а) Смятие в средних элементах	$0{,}75cd_0$
	б) Смятие в крайних элементах	$1{,}2ad_0$
2 Несимметричные соединения	а) Смятие во всех элементах равной толщины, а также в более толстых элементах односрезных соединений	$0{,}53cd_0$
	б) Смятие в более толстых средних элементах двухсрезных соединений при $a \le 0{,}5c$	$0{,}38cd_0$
	в) Смятие в более тонких крайних элементах при $a \le 0{,}35c$	$0{,}8ad_0$
	г) Смятие в более тонких элементах односрезных соединений и в крайних элементах при $c > a > 0{,}35c$	$1{,}5k_н ad_0$
3 Симметричные и несимметричные соединения	а) Изгиб нагеля из арматуры А300	$2{,}5d^2+0{,}025l_н^2$, но не более $3{,}9d^2$
	б) Изгиб нагеля из арматуры А400	$3{,}1d^2+0{,}025l_н^2$, но не более $4{,}5d^2$

Примечания

1 В таблице приведены следующие обозначения: c - толщина средних элементов, а также равных по толщине или более толстых элементов односрезных соединений; a - толщина крайних элементов, а также более тонких элементов односрезных соединений; d - номинальный диаметр вклеенного нагеля; d_0 - диаметр отверстия; все размеры выражены в сантиметрах.

Таблица 20П

Значения коэффициентов $k_н$ для односрезных соединений

Вид нагеля	Значения коэффициентов $k_н$ для односрезных соединений						
	0,35	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
Гвоздь, стальной, алюминиевый и стеклопластиковый нагель	0,8	0,58	0,48	0,43	0,39	0,37	0,35

Дубовый нагель	0,5	0.5	0,44	0,38	0.32	0,26	0,2

Таблица 21П

Значения коэффициентов k_a для нагельных соединений

Угол, град.	Коэффициент k_a				
	Для стальных, алюминиевых и стеклопластиковых нагелей диаметров, мм				Для дубовых нагелей
	12	16	20	24	
30	0,95	0,9	0,9	0,9	1
60	0,75	0,7	0,65	0,6	0,8
90	0,7	0,65	0,55	0,5	0,7

Примечания
1. Значение k_a для промежуточных углов определяется интерполяцией
2. при расчете односрезных соединений для более толстых элементов, работающих на смятие под углом, значение k_a следует умножать на дополнительных коэффициент 0,9 при с/а < 1,5 и на 0,75 при с/а ≥ 1.5.

Таблица 22П

Значения коэффициента k_c

	Коэффициент k_c	
Вид связей	при центральном сжатии	сжатии с изгибом
1. Гвозди	$\frac{1}{10d^2}$	$\frac{1}{5d^2}$
2. Стальные цилиндрические нагели: а) диаметром ≤ 1/7 толщины соединяемых элементов б) диаметром > 1/7 толщины соединяемых элементов	 $\frac{1}{5d^2}$ $\frac{1}{ad^2}$	 $\frac{1}{2,5d^2}$ $\frac{3}{ad}$
3. Дубовые цилиндрические нагели	$\frac{1}{d^2}$	$\frac{1,5}{d^2}$
4. Дубовые пластинчатые нагели	–	$\frac{1,4}{\delta b_и}$
5. Клеи	0	0

Примечание диаметры d гвоздей и нагелей, толщину a элементов, ширину $b_и$ и толщину δ пластинчатых нагелей следует принимать в см.

Таблица 23П

Значения коэффициентов k_w и $k_ж$ для расчета изгибаемых элементов на податливых связях

Обозначение коэффициента	Число слоев в конструкции	Значение коэффициентов при пролетах, м			
		2	4	6	9 и более
	2	0,70	0,85	0,90	0,90

k_w	3	0,60	0,8	0,85	0,90
	10	0,40	0,7	0,8	0,85
$k_ж$	2	0,45	0,65	0,75	0,80
	3	0,25	0,50	0,60	0,70
	10	0,07	0,20	0,30	0,40

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. СНиП II-25-80 Деревянные конструкции. – М.: ФГУП ЦПП, 2015. – 30 с.

2. СП 20.13330.2016 Нагрузки и воздействия. Актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85*.– М.: Стандартинформ, 2021. – 112 с.

3. СП 64.13330.2017 Деревянные конструкции. Актуализированная редакция СНиП II-25-80. –М.: ОАО «ЦПП» 2021. – 103 с.

4. Пособие по проектированию деревянных конструкций (к СНиП II-25-80) / ЦНИИСК им. Кучеренко. – М., Стройиздат, 1986. – 216 с.

5. Гиясов, Б.И. Конструкции из древесины и пластмасс : учебное пособие для вузов / Б.И. Гиясов, Н.Г. Серёгин, Д.Н. Серёгин. – М. : Изд-во АСВ, 2018. – 142 с. – Текст : электронный. – URL: http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785432301833.html.

6. Конструкции из дерева и пластмасс : Учебник для вузов / Э.В. Филимонов, М.М Гаппоев, И.М Гуськов и др. – М. : Изд-во АСВ, 2016. – 436 с. – Текст : электронный. – URL: http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785930933022.html

7. Малбиев С.А. Конструкции из дерева и пластмасс. Перекрестно-стержневые пространственные конструкции покрытий зданий: Учеб. пособие для строительных специальностей вузов. / С.А. Малбиев – М. : Изд-во АСВ, 2017. – 336 с. – Текст : электронный. – URL: http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785432301772.html

8. Дукарский Ю.М. Инженерные конструкции. Металлические конструкции и конструкции из древесины и пластмасс : учебник для вузов / Ю.М. Дукарский, Ф.В. Расс, О.В. Мареева. — М. : ИНФРА-М, 2018. — 262 с. – Текст : электронный. – URL: http://znanium.com/bookread2.php?book=899746

9. Семенов К.В. Конструкции из дерева и пластмасс. Деревянные конструкции : учебное пособие / К.В. Семенов, М.Ю. Кононова. — СПб.: Лань, 2016. — 136 с. — Текст : электронный. – URL: https://e.lanbook.com/book/75517.

10. Серов Е.Н. Проектирование деревянных конструкций : учеб. пособие для вузов / Серов Е.Н. – М. : Издательство АСВ, 2015. – 536 с. – Текст : электронный. – URL: http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785930937930.html

11. Семенов, Кононова: Конструкции из дерева и пластмассы. Деревянные конструкции. Учебное пособие, – М.: Издательство: Лань, 2016 г. – Текст : электронный. – URL: https://www.labirint.ru/books/542286/