

Министерство образования Республики Беларусь  
БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

Кафедра «Металлические и деревянные конструкции»

## **КОНСТРУКЦИИ ИЗ ДЕРЕВА И ПЛАСТМАСС**

Методические рекомендации  
по дисциплине для самостоятельной работы  
студентов специальности 1–70 02 02  
«Экспертиза и управление недвижимостью»

А.В. Оковитый

*Электронный учебный материал*

Минск 2014

УДК 624.011.1(076.5)(075.8)  
ББК 38.55я7  
К 65

### **Автор**

А.В. Оковитый

### **Рецензент**

Ф.П. Босовец, доцент кафедры железобетонных и каменных конструкций  
Белорусского национального технического университета, кандидат  
технических наук, доцент

Методические рекомендации содержат теоретический раздел, включающий типовую программу по дисциплине с содержанием изучаемых тем, перечнем практических занятий и лабораторных работ, перечнем литературы, контрольные вопросы по теоретическому курсу дисциплины и раздел методических рекомендаций по конструированию и расчету элементов конструкций деревянного каркасного здания и выполнению графической части курсовой работы. Так же приведены основные справочные данные, необходимые для расчета конструктивных элементов.

Рекомендации предназначены для самостоятельной работы студентов специальности 1-70 02 02 «Экспертиза и управление недвижимостью» по дисциплине «Конструкции из дерева и пластмасс».

Белорусский национальный технический университет  
пр-т Независимости, 65, г. Минск, Республика Беларусь  
тел. (017) 292-77-52 факс (017) 292-91-37

E-mail: [emd@bntu.by](mailto:emd@bntu.by)

<http://www.bntu.by/sf-mdk.html/download/КДП Рек ЭиУН.doc>

Регистрационный номер №

© БНТУ, 2014

© Оковитый А.В., 2014

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение .....	4
1. Теоретический раздел .....	5
1.1. Учебная программа по дисциплине .....	5
1.2. Контрольные вопросы по теоретическому курсу дисциплины .....	22
2. Методические рекомендации по выполнению курсовой работы .....	26
2.1. Объем работы и образец задания на курсовую работу .....	26
2.2. Рекомендации по конструированию и расчету элементов конструкций каркасного здания .....	29
А. Ограждающие конструкции покрытия .....	29
А1. Дошчатые ограждающие конструкции покрытия .....	29
А2. Прогоны .....	32
А3. Панель покрытия .....	37
Б. Несущие конструкции покрытия .....	43
Б1. Двускатная клеодошчатая балка переменной высоты сечения .	43
Б2. Двускатная клефанерная балка переменной высоты сечения с плоскими стенками .....	46
В. Колонны .....	52
2.3. Рекомендации по выполнению графической части .....	61
Литература .....	62
Приложение .....	63

## **Введение**

В соответствии с учебным планом заочной формы получения образования по специальности 1 - 70 02 02 «Экспертиза и управление недвижимостью» учебная программа дисциплины «Конструкции из дерева и пластмасс» предусматривает самостоятельное изучение теоретических положений и выполнение курсовой работы в межсессионный период, а также выполнения практических занятий и лабораторных работ во время сессии.

В теоретическом разделе приведена типовая программа дисциплины, в которой отражены изучаемые темы и их содержание со списком рекомендуемой литературы, а также контрольные вопросы по изучаемой дисциплине. Приведены перечни тем практических занятий и лабораторных работ. В разделе по курсовой работе даны методические рекомендации по конструированию и расчету элементов конструкций деревянного каркасного здания и выполнению графической части курсовой работы. В приложении приведены основные справочные материалы, необходимые при выполнении курсовой работы.

# 1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

## 1.1. Учебная программа по дисциплине

**Министерство образования Республики Беларусь**

***Учебно-методическое объединение по образованию в области  
строительства и архитектуры***

**УТВЕРЖДАЮ**

Первый заместитель Министра образования

Республики Беларусь

\_\_\_\_\_ А.И. Жук

\_\_\_\_\_ 09.2011 \_\_\_\_\_

Регистрационный № ТД-   J.088   /тип.

## КОНСТРУКЦИИ ИЗ ДЕРЕВА И ПЛАСТМАСС

**Типовая учебная программа**

**для высших учебных заведений по специальностям:**

**1-70 02 01 Промышленное и гражданское строительство**

**1-70 02 02 Экспертиза и управление недвижимостью**

**СОГЛАСОВАНО**

Председатель учебно-методического  
объединения по образованию  
в области строительства и архитектуры

\_\_\_\_\_ Э.И. Батяновский

**СОГЛАСОВАНО**

Начальник Управления высшего и  
среднего специального образования  
Министерства образования Респуб-  
лики Беларусь

\_\_\_\_\_ Ю.И. Миксюк

Проректор по учебной и воспита-  
тельной работе Государственного  
учреждения образования  
«Республиканский институт высшей  
школы»

\_\_\_\_\_ В.И. Шупляк

Эксперт-нормоконтролер

Минск 2011

**СОСТАВИТЕЛИ:**

В.Ф. Фомичев, доцент кафедры металлических и деревянных конструкций Белорусского национального технического университета, кандидат технических наук, доцент;

А.В. Оковитый, доцент кафедры металлических и деревянных конструкций Белорусского национального технического университета, кандидат технических наук, доцент;

А.И. Згировский, доцент кафедры металлических и деревянных конструкций Белорусского национального технического университета, кандидат технических наук

**РЕЦЕНЗЕНТЫ:**

**Кафедра строительных конструкций** Учреждения образования «Брестский государственный технический университет»

(протокол № 4 от 30.12.2010 г.);

**Д.Д. Жуков**, доцент кафедры интерьера и оборудования Учреждения образования «Белорусская государственная академия искусств», кандидат технических наук, доцент

**РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ В КАЧЕСТВЕ ТИПОВОЙ:**

Кафедрой «Металлические и деревянные конструкции» Белорусского национального технического университета

(протокол № 2 от 14.09.2010 г.)

Научно-методической комиссией Белорусского национального технического университета

(протокол № 3 от 21.03.2011 г.)

Учебно-методическим объединением по образованию в области строительства и архитектуры

(протокол № 1 от 28.02.2011 г.)

Ответственный за редакцию: В.Ф. Фомичев

Ответственный за выпуск: А.В. Оковитый

## ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Типовая учебная программа «Конструкции из дерева и пластмасс» разработана в соответствии с образовательными стандартами по специальностям: 1–70 02 01 «Промышленное и гражданское строительство», 1–70 02 02 «Экспертиза и управление недвижимостью».

Дисциплина «Конструкции из дерева и пластмасс» является одной из ведущих, формирующей инженерный подход к пониманию устройства и работы конструктивных систем зданий и сооружений и развивающей навыки конструирования и расчета строительных конструкций из древесины и пластмасс.

Цель изучения дисциплины: дать студентам знания, необходимые для понимания работы конструктивных элементов и систем; развития навыков инженерного анализа, конструирования и расчета строительных конструкций из древесины и пластмасс; подготовка студентов к профессиональной деятельности при проектировании, возведении и обследовании зданий и сооружений с применением строительных конструкций из древесины и пластмасс.

Задачей дисциплины является: овладение студентами навыками принципов проектирования и компоновки зданий и сооружений с конструкциями из древесины и пластмасс; расчета, конструирования и технико-экономической оценки конструкций для решения конкретных инженерных задач с использованием национальной нормативной и справочно-технической литературы и средств автоматизации проектирования; знакомство с европейской нормативной литературой.

Изучение дисциплины базируется на знаниях, полученных студентами после усвоения полных курсов дисциплин: «Математика», «Физика», «Теоретическая механика», «Строительное материаловедение», «Сопrotивление материалов», «Строительная механика», «Архитектура».

В результате освоения дисциплины «Конструкции из дерева и пластмасс» студент должен:

**знать:**

- физико-механические свойства и качественные показатели древесины, древесных материалов и пластмасс, применяемых в строительстве;
- способы защиты древесины в конструкциях от биологического повреждения, возгорания и коррозии;
- способы и виды соединений элементов конструкций из древесины и пластмасс и предъявляемые к ним требования;
- основные виды строительных конструкций из древесины и пластмасс и области их эффективного применения;
- требования национальных норм по проектированию зданий и сооружений с деревянными конструкциями, гармонизированных с европейскими нормами;
- принципы расчета и конструирования конструкций из древесины и пластмасс;
- основы технологии изготовления и контроля качества индустриальных конструкций из древесины и пластмасс;

- показатели технико-экономической оценки и пути совершенствования и развития конструкций из дерева и пластмасс.

**уметь:**

- выбирать оптимальную конструктивную схему компоновки зданий и сооружений с конструкциями из древесины и пластмасс;
- выполнять расчет и конструирование отдельных элементов и конструкций из древесины и пластмасс, в том числе с использованием компьютерной техники, с учетом технологии их изготовления и монтажа;
- определять и анализировать технико-экономические показатели проектируемых конструкций.

### **Методы (технологии) обучения**

Основными методами обучения, отвечающими целям изучения дисциплины, являются:

- элементы учебно-исследовательской деятельности, реализуемые на практических занятиях и при самостоятельной работе;
- проектные технологии, используемые при проектировании конкретного объекта, реализуемые при выполнении курсового проекта.

### **Организация самостоятельной работы студентов**

При изучении дисциплины рекомендуется использовать следующие формы самостоятельной работы:

- контролируемая самостоятельная работа в виде решения индивидуальных задач в аудитории во время проведения практических занятий под контролем преподавателя в соответствии с расписанием;
- подготовка курсового проекта (курсовой работы) по индивидуальным заданиям, в том числе разноуровневым заданиям.

### **Диагностика компетенций студента**

Для оценки достижений студента рекомендуется использовать следующий диагностический инструментарий:

- обсуждение результатов лабораторных работ;
- проведение текущих контрольных опросов по отдельным темам;
- защита курсового проекта;
- сдача зачета и экзамена по дисциплине.

Типовая учебная программа дисциплины «Конструкции из дерева и пластмасс» рассчитана максимально на 172 часа учебных занятий, в том числе:

- для специальности 1–70 02 01 «Промышленное и гражданское строительство» аудиторных занятий 80 ч., из них: лекции – 48 ч., практические занятия – 16 ч., лабораторные занятия – 16 ч.;
- для специальности 1–70 02 02 «Экспертиза и управление недвижимостью» аудиторных занятий 64 ч., из них: лекции – 32 ч., практические занятия – 16 ч., лабораторные занятия – 16 ч.

В содержание программы дисциплины «Конструкции из дерева и пластмасс» вне объема часов аудиторных занятий включен раздел VII «Специальные деревянные конструкции», который рекомендуется изучать как раздел в отдельной дисциплине по специальным строительным конструкциям, входящей в учебный план специальности 1-70 02 01 «Промышленное и гражданское строительство» за счет вузовского компонента.

Вопросы эксплуатации, обследования и усиления деревянных конструкций рекомендуется рассматривать в дисциплинах «Техническая эксплуатация зданий и сооружений» и «Реконструкция зданий и сооружений», входящих в учебный план специальностей 1-70 02 01 «Промышленное и гражданское строительство» и 1-70 02 02 «Экспертиза и управление недвижимостью» за счет вузовского компонента.

Таблица 1

## Примерный тематический план

Наименование раздела и темы	Лекции (часы)	Лабораторные работы (часы)	Практические занятия (часы)	Всего аудиторных часов
1	2	3	4	5
<b>Раздел I. Основы конструкций из дерева и пластмасс</b>	16 (10)	8 (8)	4 (4)	28 (22)
Тема 1. Введение	1 (1)	-	-	1 (1)
Тема 2. Древесина, древесные материалы и пластмассы как конструкционные материалы. Защита древесины в конструкциях от биологического повреждения, возгорания и коррозии	5 (3)	-	-	5 (3)
Тема 3. Расчет элементов конструкций из цельной и клееной древесины и пластмасс	4 (2)	-	-	4 (2)
Тема 4. Соединения элементов конструкций из древесины и пластмасс	4 (2)	8 (8)	4 (4)	16 (14)
Тема 5. Особенности расчета деревянных элементов составного сечения на податливых связях	1 (1)	-	-	1 (1)
Тема 6. Основные конструктивные схемы и основы проектирования зданий с применением древесины и пластмасс	1 (1)	-	-	1 (1)
<b>Раздел II. Ограждающие конструкции</b>	4 (3)	-	2 (2)	6 (5)
Тема 7. Настилы, обрешетки, прогоны	2 (2)	-	-	2 (2)
Тема 8. Панели	2 (1)	-	2 (2)	4 (3)
<b>Раздел III. Плоскостные несущие конструкции</b>	14 (11)	8 (8)	10 (10)	32 (29)
Тема 9. Стропильные системы в покрытиях	1 (1)	-	-	1 (1)
Тема 10. Балки в покрытиях и перекрытиях	2 (2)	4 (4)	6 (6)	12 (12)
Тема 11. Стропильные фермы	4 (3)	4 (4)	-	8 (7)
Тема 12. Колонны, стойки	2 (1)	-	4 (4)	6 (5)
Тема 13. Арочные и рамные конструкции	4 (3)	-	-	4 (3)
Тема 14. Обеспечение пространственной неизменяемости плоскостных систем	1 (1)	-	-	1 (1)

## Окончание таблицы 1

1	2	3	4	5
<b>Раздел IV. Пространственные конструкции</b>	10 (5)	-	-	10 (5)
Тема 15. Купола, своды, оболочки, структурные конструкции	5 (3)	-	-	5 (3)
Тема 16. Рамно-каркасные и панельные системы	2 (1)	-	-	2 (1)
Тема 17. Пневматические строительные конструкции, висячие и тентовые покрытия	3 (1)	-	-	3 (1)
<b>Раздел V. Технологический процесс изготовления конструкций из цельной и клееной древесины</b>	3 (2)	-	-	3 (2)
Тема 18. Основные стадии и контроль качества изготовления конструкций	2 (1)	-	-	2 (1)
Тема 19. Способы защитной обработки конструкций	1 (1)	-	-	1 (1)
<b>Раздел VI. Техничко-экономическая оценка конструкций</b>	1 (1)	-	-	1 (1)
Тема 20. Техничко-экономические показатели оценки конструкций и основные направления повышения эффективности конструктивных решений	1 (1)	-	-	1 (1)
<b>ВСЕГО</b>	48 (32)	16 (16)	16 (16)	80 (64)

Примечание: В скобках даны часы аудиторных занятий для специальности 1-70 02 02 «Экспертиза и управление недвижимостью».

## СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

## Раздел I. ОСНОВЫ КОНСТРУКЦИЙ ИЗ ДЕРЕВА И ПЛАСТМАСС

## Тема 1. Введение

Краткий исторический обзор развития конструкций из дерева и пластмасс. Индустриализация производства строительных конструкций из дерева и пластмасс. Сырьевые запасы древесины. Вопросы полного использования древесины и восстановления лесных массивов. Современное состояние, перспективы развития и области применения в строительстве конструкций из дерева и пластмасс.

**Тема 2. Древесина, древесные материалы и пластмассы как конструкционные материалы. Защита древесины в конструкциях от биологического повреждения, возгорания и коррозии**

Достоинства и недостатки древесины как строительного материала. Строение и физические свойства основных хвойных пород древесины. Механические свойства древесины. Влияние различных факторов на ее прочность и де-

формативность. Влага в древесине, значение усушки и разбухания в элементах деревянных конструкций и меры борьбы с их вредным влиянием. Пороки и дефекты древесины.

Сортамент и требования к качеству строительных круглых и пиленых лесоматериалов из цельной древесины.

Многослойный материал, клеенный из полученных из досок ламелей и из шпона: размеры, качество, свойства.

Сортамент, качество и свойства древесных листовых и плитных материалов: фанеры и фанерных плит, древесно-стружечных, цементно-стружечных и древесно-волоконистых плит, древесных слоистых пластиков.

Пластмассы: состав, свойства, достоинства и недостатки. Конструкционные и теплоизоляционные пластмассы в строительстве: виды, сортамент, свойства, области применения. Влияние влажности и температуры на прочность и деформативность конструкционных пластмасс.

Длительное сопротивление древесины и пластмасс.

Процесс гниения древесины. Конструктивные и химические меры защиты древесины в конструкциях от загнивания. Защита древесины от насекомых-древоточцев.

Горючесть древесины. Огнестойкость и пожарная опасность конструкций. Конструктивные и химические меры защиты от пожарной опасности.

Особенности применения деревянных конструкций в зданиях и сооружениях с химически агрессивной средой.

### **Тема 3. Расчет элементов конструкций из цельной и клееной древесины и пластмасс**

Основы расчета конструкций из дерева и пластмасс по методу предельных состояний по национальным нормативным документам. Виды нагрузок. Расчетные сопротивления и коэффициенты условий работы древесины и пластмасс.

Работа и расчет элементов из цельной и клееной древесины на осевое растяжение, сжатие, поперечный изгиб. Расчет элементов на косой поперечный изгиб. Предельные прогибы. Особенности работы и расчет элементов на сжатие с изгибом и растяжение с изгибом. Расчет элементов на устойчивость плоской формы деформирования.

Особенности расчета деревянных конструкций и их элементов по европейским нормам проектирования деревянных конструкций – Еврокоду 5.

Особенности расчета элементов конструкций из пластмасс.

### **Тема 4. Соединения элементов конструкций из древесины и пластмасс**

Классификация и области применения различных видов соединений элементов деревянных конструкций. Основные требования, предъявляемые к соединениям. Податливость соединений.

Контактные соединения: на лобовых врубках и лобовым упором. Методика конструирования и расчета.

Соединения на механических связях. Соединения на цилиндрических нагелях, болтах, гвоздях. Основные виды нагельных соединений, их работа и методики расчета. Соединения на пластинчатых нагелях, шпонках, колодках, шайбах нагельного типа, пластинах: металлических зубчатых, нагельных.

Соединения на растянутых связях: болтах, тяжах, хомутах и т.п., работающих на растяжение. Гвозди и винты, работающие на выдергивание. Метод расчета соединений.

Клеевые соединения. Виды соединений для склеивания древесины и фанеры. Виды клеев. Требования, предъявляемые к древесине и клеям для несущих деревянных конструкций. Основные принципы конструирования и расчета клеевых соединений.

Соединения на клеестальных шайбах. Вклеенные стержни. Принцип конструирования и расчета.

Соединения элементов из пластмасс: на механических связях, сваркой, на клею, комбинированные.

### **Тема 5. Особенности расчета деревянных элементов составного сечения на податливых связях**

Податливость связей и ее влияние на распределение сдвигающих усилий по длине элементов, несущую способность и деформативность.

Виды составных элементов на податливых связях: балки, стержни. Особенности расчета составных элементов с учетом податливости связей на сжатие, поперечный изгиб и сжатие с изгибом.

### **Тема 6. Основные конструктивные схемы и основы проектирования зданий с применением древесины и пластмасс**

Общие понятия об основных конструктивных схемах и принципах проектирования производственных, общественных и жилых зданий заводского изготовления: каркасных, рамно-каркасных, панельных, объемно-блочных, с брусчатыми и бревенчатыми стенами.

## **РАЗДЕЛ II. ОГРАЖДАЮЩИЕ КОНСТРУКЦИИ**

### **Тема 7. Настилы, обрешетки, прогоны**

Конструктивные решения настилов и обрешетки в покрытиях, их назначение. Расчет настилов и обрешетки.

Виды прогонов, их конструктивное решение. Многопролетные прогоны: консольно-балочные и из спаренных досок. Расчет прогонов.

### **Тема 8. Панели**

Трехслойные панели на деревянном каркасе с обшивками из листовых и плитных древесных материалов и листовых недревесных материалов, их назначение. Конструктивные решения плит покрытия и стеновых панелей. Основные положения расчета плит покрытия.

Трехслойные панели с применением пластмасс. Светопроницаемые панели. Конструктивные решения, особенности расчета панелей из пластмасс.

## **РАЗДЕЛ III. ПЛОСКОСТНЫЕ НЕСУЩИЕ КОНСТРУКЦИИ**

### **Тема 9. Стропильные системы в покрытиях**

Наслонные и висячие стропильные системы покрытий. Основные элементы стропильных систем. Принципы конструирования и расчета.

### **Тема 10. Балки в покрытиях и перекрытиях**

Балки цельного сечения, составные брусчатые и дощатые. Конструктивные решения, расчет балок. Учет податливости составных балок на податливых связях. Строительный подъем составных балок.

Клееные балки: клеедощатые и клеефанерные. Клеедощатые неармированные и армированные балки. Клеефанерные балки с плоскими и волнистыми фанерными стенками. Конструктивные решения и основные положения расчета балок. Особенности расчета армированных клеедощатых балок. Учет податливости фанерной стенки при расчете клеефанерных балок с волнистой стенкой.

### **Тема 11. Стропильные фермы**

Классификация стропильных ферм по статической схеме, материалу элементов, очертанию поясов, типу решетки. Области применения ферм. Фермы деревянные и металлодеревянные, из цельной и клееной древесины. Компоновка ферм и выбор материалов для элементов ферм.

Конструктивные решения наиболее распространенных видов ферм: треугольных, многоугольных, сегментных и трапециевидных. Особенности приложения нагрузок на фермы. Определение внутренних усилий и подбор сечения элементов ферм. Особенности расчета верхних поясов ферм: прямолинейных при внецентренном приложении продольного усилия и криволинейных. Конструктивные решения, работа и принципы расчета основных узлов ферм.

Деформации (прогибы) ферм. Придание фермам строительного подъема.

### **Тема 12. Колонны, стойки**

Виды колонн и стоек. Колонны и стойки цельнобрусчатые, составные брусчатые, клеедощатые, решетчатые. Определение внутренних усилий и подбор сечения колонн и стоек. Учет податливости при расчете составных колонн и стоек на податливых связях. Конструктивные решения, работа и принципы расчета узлов колонн и стоек. Особенности расчета опорного узла упруго защемленных и шарнирно опертых колонн и стоек.

### **Тема 13. Арочные и рамные конструкции**

Классификация клееных распорных сплошных и решетчатых арок и распорных систем треугольного очертания по конструктивной схеме, очертанию, способу восприятия распора и материалу. Области применения арок и распорных систем треугольного очертания. Арки без затяжки и с затяжкой, кругового и стрельчатого очертания. Достоинства и недостатки различных типов арок.

Определение внутренних усилий и подбор сечения различных типов арок и распорных систем треугольного очертания. Конструкция, работа и принцип расчета основных узлов арок малых и больших пролетов. Особенности расчета арок и распорных систем треугольного очертания на устойчивость плоской формы деформирования. Особенности расчета прямолинейных элементов и конструирования узлов распорных систем треугольного очертания при внецентренном приложении продольного усилия.

Классификация клееных распорных сплошных и решетчатых рам по конструктивной схеме и материалу. Области применения рам. Рамы из прямолинейных элементов и гнутоклееные, бесконсольные и двухконсольные, с разборными и неразборными полурамами. Достоинства и недостатки различных типов рам.

Определение внутренних усилий и особенности подбора сечения различных типов рам. Особенности расчета рам на устойчивость плоской формы деформирования. Конструктивные решения, работа и принципы расчета основных узлов рам.

### **Тема 14. Обеспечение пространственной неизменяемости плоскостных систем**

Обеспечение поперечной и продольной неизменяемости и устойчивости зданий и сооружений с плоскостными конструкциями. Виды связей, правила их постановки. Использование жесткости косых настилов и панелей покрытий. Внутренние усилия в элементах связей, принцип их расчета.

## **РАЗДЕЛ IV. ПРОСТРАНСТВЕННЫЕ КОНСТРУКЦИИ**

### **Тема 15. Купола, своды, оболочки, структурные конструкции**

Основные формы пространственных конструкций из древесины и пластмасс, области применения.

Купола: тонкостенные, ребристые, сетчатые.

Сводь и оболочки: кружально-сетчатые своды с косяками из цельной и клееной древесины, цилиндрические своды-оболочки, оболочки двойкой кривизны, гиперболические оболочки.

Структурные конструкции в виде пространственных плит и оболочек из регулярно-стержневых и регулярно-пластинчатых образований.

Принципы конструирования и основные положения расчета.

### **Тема 16. Рамно-каркасные и панельные системы**

Конструктивные элементы рамно-каркасных и панельных зданий. Материалы, комплектность изготовления и поставки конструктивных элементов. Сборно-разборные пакетируемые объемные блоки.

### **Тема 17. Пневматические строительные конструкции, висячие и тентовые покрытия**

Воздухоопорные и пневмокаркасные пневматические конструкции, и их разновидности. Области применения, достоинства и недостатки. Материалы для конструкций. Принципы конструирования и расчета пневматических конструкций.

Понятие о висячих и тентовых покрытиях.

## **РАЗДЕЛ V. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС ИЗГОТОВЛЕНИЯ КОНСТРУКЦИЙ ИЗ ЦЕЛЬНОЙ И КЛЕЕНОЙ ДРЕВЕСИНЫ**

### **Тема 18. Основные стадии и контроль качества изготовления конструкций**

Основные стадии технологического процесса изготовления конструкций из цельной и клееной древесины: сушка пиломатериалов, механическая обработка перед склеиванием, склейка с запрессовкой, механическая обработка клееных пакетов, защитная обработка, сборка изделий.

Контроль качества изготовления конструкций: входной контроль сырья и материалов, пооперационный контроль на всех стадиях технологического процесса, испытание готовых изделий.

### **Тема 19. Способы защитной обработки конструкций**

Способы защиты древесины химическими средствами от увлажнения, биологического повреждения и возгорания. Выбор способов защиты в зависимости от вида и размеров конструкций и элементов, условий эксплуатации, вида защитных средств.

## **РАЗДЕЛ VI. ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА КОНСТРУКЦИЙ**

### **Тема 20. Техничко-экономические показатели оценки конструкций и основные направления повышения эффективности конструктивных решений**

Основные положения методики технико-экономической оценки конструкций. Система технико-экономических показателей и критерии сравнительной эффективности. Понятие о методике определения материалоемкости, стоимости и приведенных затратах.

Пути совершенствования и факторы, влияющие на эффективность и области применения конструкций из древесины и пластмасс: эффективные материалы, оптимальные конструктивные решения с учетом прогрессивной технологии их изготовления, рационального раскроя материалов и минимальных затрат энергоресурсов.

## **РАЗДЕЛ VII. СПЕЦИАЛЬНЫЕ ДЕРЕВЯННЫЕ КОНСТРУКЦИИ <sup>\*)</sup>**

### **Тема 21. Леса и кружала для возведения железобетонных и каменных сооружений**

Очертания кружал и опалубки. Основные типы и конструктивные схемы лесов и кружал для возведения арочных и сводчатых сооружений. Нагрузки и основные положения расчета. Основные узловые соединения.

### **Тема 22. Башни, мачты**

Области применения и основные конструктивные схемы решетчатых башен и мачт. Виды решеток. Нагрузки и основные положения расчета. Основные узловые соединения.

### **Тема 23. Мосты**

Области применения и основные конструктивные схемы мостов. Основные элементы мостов. Нагрузки и основные положения расчета. Основные узловые соединения.

<sup>\*)</sup> –Рекомендуется для изучения по специальности 1-70 02 01 «Промышленное и гражданское строительство» в разделе дисциплины по специальным конструкциям за счет вузовского компонента.

## **ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ**

### **ПРИМЕРНЫЙ ПЕРЕЧЕНЬ ТЕМ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ**

1. Испытание стыкового соединения на цилиндрических нагелях с определением несущей способности и деформаций сдвига.
2. Испытание стыкового соединения на гвоздях с определением несущей способности и деформаций сдвига.
3. Испытание соединения на лобовой врубке с определением несущей способности и деформаций смятия.
4. Испытание балки на поперечный изгиб с определением напряжений по высоте сечения и прогиба.
5. Испытание металлодеревянной фермы с определением усилий в элементах и прогиба.

## **ПРИМЕРНЫЙ ПЕРЕЧЕНЬ ТЕМ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ**

1. Расчет и конструирование стыковых соединений на цилиндрических нагелях, болтах, винтах, гвоздях.
2. Расчет и конструирование соединения на лобовой врубке.
3. Расчет и конструирование трехслойных панелей покрытия с обшивками, приклеиваемыми к каркасу.
4. Расчет и конструирование составных брусчатых балок.
5. Расчет и конструирование клеедощатых балок.
6. Расчет и конструирование клефанерных балок.
7. Расчет и конструирование составных брусчатых колонн (стоек) на податливых связях.
8. Расчет и конструирование клеедощатых колонн (стоек).

## **ПРИМЕРНОЕ СОДЕРЖАНИЕ КУРСОВОГО ПРОЕКТА**

(для специальности 1-70 02 01 «Промышленное и гражданское строительство»)

Курсовой проект «Деревянное каркасное здание».

Содержание: выбор схемы каркаса; компоновка поперечной рамы, стоек фахверка, покрытия; расчет и конструирование ограждающей и несущей конструкций покрытия, колонны и стойки фахверка, основных узлов конструкций каркаса; определение технико-экономических показателей конструкций.

Объем работы: расчетно-пояснительная записка с эскизами и обоснованием принятых решений и 3-4 листа чертежей формата А2.

## **ПРИМЕРНОЕ СОДЕРЖАНИЕ КУРСОВОЙ РАБОТЫ**

(для специальности 1-70 02 02 «Экспертиза и управление недвижимостью»)

Курсовая работа «Деревянное каркасное здание».

Содержание: выбор схемы каркаса из простейших конструкций; компоновка поперечной рамы, стоек фахверка, покрытия; расчет и конструирование ограждающей и несущей конструкций покрытия, колонны, стойки фахверка, основных узлов конструкций каркаса; определение технико-экономических показателей конструкций.

Объем работы: расчетно-пояснительная записка с эскизами и обоснованием принятых решений и два листа чертежей формата А2.

## **ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА**

1. Конструкции из дерева и пластмасс / Учебн. для вузов / Ю.В. Слицкоухов [и др.]; под ред. Г.Г. Карлсена и Ю.В. Слицкоухова. – 5-е изд. – Москва: Стройиздат, 1986. – 543 с.

2. Конструкции из дерева и пластмасс / Учебн. для вузов / М.М. Гаппоев [и др.]. – Москва: Издательство АСВ, 2004. – 440 с.
3. Конструкции из дерева и пластмасс / Учебн. для техн. вузов / Д.К. Арленинов [и др.]; под общ. ред. Д.К. Арленинова. – Москва: Издательство АСВ, 2002. – 280 с.

### **ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА**

1. Конструкции из дерева и пластмасс / Учебн. пособие для вузов / Г.Н. Зубарев [и др.]; под ред. Ю.Н. Хромец. – 3-е изд. – Москва: Academia, 2004. – 303 с.
2. Калугин, А.В. Деревянные конструкции / Учебн. пособие / А.В. Калугин. – Москва: Издательство АСВ, 2003. – 224 с.
3. Арленинов, Д.К. Деревянные конструкции. Примеры расчета и конструирования / Учебное пособие / Д.К. Арленинов, Ю.Н. Буслаев, В.П. Игнатьев; под ред. Д.К. Арленинова. – Москва: Издательство АСВ, 2006. – 246 с.
4. Ковальчук, Л.М. Деревянные конструкции в строительстве / Л.М. Ковальчук [и др.]. – Москва, Стройиздат, 1995. – 248 с.
5. Максимович, Б.Г. Проектирование и производство конструкций из клееной древесины / Б.Г. Максимович. – Минск: Вышэйшая школа, 1981. – 212 с.
6. Руководство по проектированию клееных деревянных конструкций / ЦНИИСК им. Кучеренко. – Москва: Стройиздат, 1977. – 192 с.
7. Пособие по проектированию деревянных конструкций (к СНиП II-25-80) / ЦНИИСК им. Кучеренко. – Москва: Стройиздат, 1986. – 216 с.
8. ТКП 45-5.05-146-2009. Деревянные конструкции. Строительные нормы проектирования / Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь. – Минск: РУП «Минсктиппроект», 2009. – 63 с.
9. СНиП 2.01.07-85. Нагрузки и воздействия / Госстрой СССР. – Москва: ЦИТП Госстроя СССР, 1986. – 36 с.
10. СНиП 2.01.07-85. Нагрузки и воздействия. Дополнения. Разд. 10. Прогибы и перемещения. – Москва: ЦИТП Госстроя СССР, 1988. – 11 с.
11. Изменение №1 к СНиП 2.01.07-85. Нагрузки и воздействия. / Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь. – Минск, 2004. – 7 с.
12. ТКП EN 1995-1-1-2009. Еврокод 5. Проектирование деревянных конструкций. Часть 1-1. Общие правила и правила для зданий. Минск: РУП «Минсктиппроект», 2010. – 98 с.

### **КОМПЬЮТЕРНЫЕ ПРОГРАММЫ И ДРУГИЕ НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ**

1. Многофункциональные комплексы LIRA, SCAD, MSC/NASTRAN и другие системы для расчета, исследования и проектирования конструкций на основе конечно-элементного анализа; пакет AutoCAD и др.
2. Программные и методические разработки кафедры по практическим занятиям, выполнению лабораторных работ, курсовых и дипломных проектов.

### КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ РЕЗУЛЬТАТОВ УЧЕБНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Баллы	Критерии оценки
1 <b>(один)</b>	Отсутствие приращения знаний и компетентности в рамках дисциплины; отказ от ответа
2 <b>(два)</b>	Фрагментарные знания в рамках дисциплины; знания отдельных литературных источников, рекомендованных учебной программой дисциплины; неумение использовать научную терминологию дисциплины, наличие в ответе грубых ошибок; пассивность на практических и лабораторных занятиях, низкий уровень культуры исполнения заданий
3 <b>(три)</b>	Недостаточно полный объем знаний в рамках дисциплины; знание части основной литературы, рекомендованной учебной программой дисциплины; использование научной терминологии, изложение ответа на вопросы с существенными ошибками; слабое владение инструментарием учебной дисциплины, неумение ориентироваться в основных теориях, методах и направлениях дисциплины; пассивность на практических и лабораторных занятиях; низкий уровень культуры исполнения заданий
4 <b>(четыре)</b>	Достаточный объем знаний в рамках дисциплины; усвоение основной литературы, рекомендованной учебной программой дисциплины; использование научной терминологии, логическое изложение ответа на вопросы, умение делать выводы без существенных ошибок; владение инструментарием учебной дисциплины, умение под руководством преподавателя решать стандартные ( типовые ) задачи; умение ориентироваться в основных теориях, методах и направлениях дисциплины и давать им оценку; работа под руководством преподавателя на практических и лабораторных занятиях, допустимый уровень культуры исполнения заданий
5 <b>(пять)</b>	Достаточные знания в объеме учебной программы; использование научной терминологии, грамотное, логически правильное изложение ответа на вопросы, умение делать выводы; владение инструментарием учебной дисциплины, умение его использовать в решении учебных задач; способность самостоятельно применять типовые решения в рамках учебной программы; усвоение основной литературы, рекомендованной учебной программой дисциплины; умение ориентироваться в теориях, методах и направлениях дисциплины и давать им сравнительную оценку; самостоятельная работа на практических и лабораторных занятиях, фрагментарное участие в групповых обсуждениях, достаточный уровень культуры исполнения заданий

6 <b>(шесть)</b>	Достаточно полные и систематизированные знания в объеме учебной программы; использование необходимой научной терминологии, грамотное, логически правильное изложение ответа на вопросы, умение делать обобщения и обоснованные выводы; владение инструментарием учебной дисциплины, умение его использовать в решении учебных задач; способность самостоятельно применять типовые решения в рамках учебной программы; усвоение основной литературы, рекомендованной учебной программой дисциплины; умение ориентироваться в теориях, методах и направлениях дисциплины и давать им сравнительную оценку; самостоятельная работа на практических и лабораторных занятиях, периодическое участие в групповых обсуждениях, достаточно высокий уровень культуры исполнения заданий
7 <b>(семь)</b>	Систематизированные, глубокие и полные знания по всем разделам учебной программы; использование научной терминологии, грамотное, логически правильное изложение ответа на вопросы, умение делать обоснованные выводы и обобщения; владение инструментарием учебной дисциплины, умение его использовать в постановке и решении научных задач; свободное владение типовыми решениями в рамках учебной программы; усвоение основной и дополнительной литературы, рекомендованной учебной программой дисциплины; умение ориентироваться в основных теориях, методах и направлениях дисциплины и давать им аналитическую оценку; активная самостоятельная работа на практических и лабораторных занятиях, участие в групповых обсуждениях, высокий уровень культуры исполнения заданий
8 <b>(восемь)</b>	Систематизированные, глубокие и полные знания по всем поставленным вопросам в объеме учебной программы; использование научной терминологии, грамотное и логически правильное
	изложение ответа на вопросы, умение делать обоснованные выводы и обобщения; владение инструментарием учебной дисциплины, умение его использовать в постановке и решении научных задач; способность самостоятельно решать сложные проблемы в рамках учебной программы; усвоение основной и дополнительной литературы, рекомендованной учебной программой дисциплины; умение ориентироваться в теориях, методах и направлениях дисциплины и давать им аналитическую оценку; активная самостоятельная работа на практических и лабораторных занятиях, систематическое участие в групповых обсуждениях, высокий уровень культуры исполнения заданий

9 (девять)	Систематизированные, глубокие и полные знания по всем разделам учебной программы; точное использование научной терминологии, грамотное, логически правильное изложение ответа на вопросы; владение инструментарием учебной дисциплины, умение его эффективно использовать в постановке и решении научных задач; способность самостоятельно и творчески решать сложные проблемы в нестандартной ситуации в рамках учебной программы; полное усвоение основной и дополнительной литературы, рекомендованной учебной программой дисциплины; умение ориентироваться в теориях, методах и направлениях дисциплины и давать им аналитическую оценку; систематическая активная самостоятельная работа на практических и лабораторных занятиях, творческое участие в групповых обсуждениях, высокий уровень культуры исполнения заданий
10 (десять)	Систематизированные, глубокие и полные знания по всем разделам учебной программы, а также по основным вопросам, выходящим за ее пределы; точное использование научной терминологии, грамотное, логически правильное изложение ответа на вопросы; безупречное владение инструментарием учебной дисциплины, умение его эффективно использовать в постановке и решении научных задач; выраженная способность самостоятельно и творчески решать сложные проблемы в нестандартной ситуации; полное и глубокое усвоение основной и дополнительной литературы по учебной дисциплине; умение свободно ориентироваться в теориях, методах и направлениях дисциплины и давать им аналитическую оценку, использовать научные достижения других дисциплин; самостоятельная творческая работа на практических и лабораторных занятиях, активное творческое участие в групповых обсуждениях, высокий уровень культуры исполнения заданий

## 1.2. Контрольные вопросы по теоретическому курсу дисциплины

### КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

по дисциплине «Конструкции из дерева и пластмасс» для студентов специальности «Экспертиза и управление недвижимостью»

1. Основные области эффективного применения деревянных конструкций в строительстве. Сырьевая база.
2. Состав и строение древесины. Положительные и отрицательные свойства древесины.

3. Влага в древесине, виды влаги. Усушка и разбухание древесины, их вредные последствия.
4. Физические свойства древесины: плотность, теплопроводность, температурное расширение, химическая стойкость.
5. Механические характеристики древесины, их показатели. Кратковременная и длительная прочности.
6. Основные факторы, влияющие на прочностные и деформационные характеристики древесины.
7. Сортамент и качество круглых лесоматериалов. Пороки и дефекты.
8. Сортамент и качество пиломатериалов. Пороки и дефекты.
9. Строительная фанера: строение, марки, сорта. Основные свойства, области применения.
10. Древесностружечные, цементностружечные и древесноволокнистые плиты. Основные свойства, области применения.
11. Гниение древесины и повреждение насекомыми. Меры защиты древесины от гниения в конструкциях стен, покрытий, перекрытий и от повреждения насекомыми.
12. Горючесть древесины и огнестойкость деревянных конструкций. Меры защиты древесины в конструкциях от возгорания.
13. Состав и свойства пластмасс. Соединения элементов из пластмасс.
14. Термопластичные пластмассы, области их применения.
15. Термореактивные пластмассы, области их применения.
16. Принцип расчета конструкций из древесины и пластмасс по предельным состояниям первой и второй групп. Расчетные сопротивления древесины и пластмасс. Коэффициенты условий работы.
17. Расчет элементов из цельной древесины на центральное растяжение.
18. Расчет коротких элементов из цельной древесины на центральное сжатие.
19. Расчет длинных элементов из цельной древесины на центральное сжатие.
20. Расчет элементов из цельной древесины на прямой поперечный изгиб.
21. Расчет элементов из цельной древесины на косой поперечный изгиб.
22. Расчет элементов из цельной древесины на сжатие с изгибом.
23. Расчет элементов из цельной древесины на растяжение с изгибом.
24. Особенности расчета составных деревянных элементов на податливых связях (на болтах) на центральное сжатие.
25. Особенности расчета составных деревянных элементов на податливых связях (на пластинчатых нагелях) на поперечный изгиб.
26. Особенности расчета составных деревянных элементов на податливых связях (на болтах) на сжатие с изгибом.
27. Основные группы соединений элементов деревянных конструкций. Требования, предъявляемые к ним.
28. Соединения элементов из древесины лобовым упором. Работа соединений и принцип расчета.
29. Соединения элементов из древесины на лобовых врубках. Работа соединений и принцип расчета.

30. Соединения элементов из древесины на шпонках. Работа соединений и принцип расчета.
31. Соединения элементов из древесины на пластинах (металлических зубчатых, нагельных). Работа соединений и принцип расчета.
32. Соединения элементов из древесины на цилиндрических нагелях и болтах, работающих на поперечный изгиб. Работа соединений и принцип расчета.
33. Соединения элементов из древесины на гвоздях и винтах (глухарях), работающих на поперечный изгиб. Работа соединений и принцип расчета.
34. Соединения элементов из древесины на пластинчатых нагелях. Работа соединений и принцип расчета.
35. Соединения элементов из древесины на гвоздях и винтах, работающих на выдергивание, и на растянутых болтах. Работа соединений и принцип расчета.
36. Соединения элементов из древесины на растянутых металлических связях: скобах, хомутах, подвесках, тросах. Работа соединений и принцип расчета.
37. Соединения элементов из древесины и фанеры на клеях. Клеевые стыки (поперечные, продольные, угловые). Виды клеев.
38. Требования к склеиваемой древесине и к клеям. Особенности конструирования и расчета конструкций из клееной древесины и фанеры.
39. Соединения элементов из древесины на вклеенных продольных стержнях. Работа соединений и принцип расчета.
40. Соединения элементов из древесины на вклеенных наклонных стержнях. Работа соединений и принцип расчета.
41. Обрешетка под кровлю из листовых и штучных материалов. Конструкция, расчет.
42. Дощатые настилы под кровлю из рулонных материалов. Конструкция, расчет рабочих элементов настила.
43. Прогоны, их виды. Конструкция, расчет.
44. Клеефанерные панели покрытий. Конструкция, расчет.
45. Панели покрытий с дощатыми ребрами и обшивками, прикрепляемыми с помощью гвоздей (шурупов). Конструкция, расчет.
46. Панели покрытий с применением пластмасс. Конструкция, принцип расчета.
47. Брусчатые балки на пластинчатых нагелях. Конструкция, расчет.
48. Клеедощатые балки (неармированные). Конструкция, расчет.
49. Клеедощатые армированные балки. Конструкция, особенности расчета.
50. Клеефанерные балки с плоскими фанерными стенками (одной, двумя). Конструкция, расчет.
51. Клеефанерные балки с волнистыми фанерными стенками (одной, двумя). Конструкция, особенности расчета.
52. Колонны цельнобрусчатые и клеедощатые в зданиях с двухшарнирными рамами. Конструкция, расчет. Опорные узлы заземленных и шарнирно опертых колонн.

53. Колонны брусчатые составные (на болтах) в зданиях с двухшарнирными рамами. Конструкция, расчет. Опорные узлы заземленных и шарнирно опертых колонн.
54. Колонны решетчатые. Конструкция, особенности расчета.
55. Трехшарнирные бесконсольные рамы из прямолинейных элементов (сплошные, решетчатые). Конструкция, принцип расчета. Узлы рам.
56. Трехшарнирные бесконсольные гнутоклееные рамы. Конструкция, принцип расчета. Узлы рам.
57. Трехшарнирные двухконсольные рамы (сплошные, решетчатые). Конструкция, принцип расчета. Узлы рам.
58. Трехшарнирные арки (с затяжкой и без затяжки) прямолинейные треугольные (сплошные, решетчатые). Конструкция, принцип расчета. Узлы арок.
59. Трехшарнирные арки (с затяжкой и без затяжки) криволинейные кругового очертания и стрельчатые (сплошные, решетчатые). Конструкция, принцип расчета. Узлы арок.
60. Треугольные фермы из неклееной древесины. Основные схемы. Сечения элементов. Усилия, принцип расчета.
61. Треугольные фермы из клееной древесины. Основные схемы. Сечения элементов. Усилия, принцип расчета.
62. Трапецидальные (пятиугольные) фермы из неклееной древесины. Основные схемы. Сечения элементов. Усилия, принцип расчета.
63. Трапецидальные (пятиугольные) фермы из клееной древесины. Основные схемы. Сечения элементов. Усилия, принцип расчета.
64. Многоугольные брусчатые фермы. Основные схемы. Сечения элементов. Усилия, принцип расчета.
65. Сегментные фермы из клееной древесины. Основные схемы. Сечения элементов. Усилия, принцип расчета.
66. Стропильные системы покрытий зданий (наклонные, висячие). Основные схемы. Сечения элементов. Усилия, принцип расчета.
67. Обеспечение пространственной неизменяемости деревянных каркасных зданий с двухшарнирными рамами. Связи в плоскости колонн и ригелей (ферм, балок). Усилия в элементах связей.
68. Обеспечение пространственной неизменяемости деревянных каркасных зданий с трехшарнирными рамами и арками. Связи в плоскости конструкций. Усилия в элементах связей.
69. Купола с применением древесины. Конструктивные схемы. Усилия, принцип расчета.
70. Своды с применением древесины. Конструктивные схемы. Усилия, принцип расчета.
71. Пневматические воздухоопорные конструкции из тканевых оболочек. Конструктивные схемы. Усилия.
72. Пневматические вздуваемые конструкции из тканевых оболочек. Конструктивные схемы. Усилия.

73. Основные стадии изготовления несущих конструкций из неклееной древесины (краткая характеристика основных технологических операций). Контроль качества при изготовлении конструкций.

74. Основные стадии изготовления несущих клеёдощатых конструкций (краткая характеристика основных технологических операций). Контроль качества при изготовлении конструкций.

75. Выбор деревянных конструкций и оценка их экономической эффективности. Показатели экономической эффективности.

### Литература:

1. Конструкции из дерева и пластмасс. Э.В.Филимонов и др. М.:2010.
2. Конструкции из дерева и пластмасс. Ю.В.Слицкоухов и др. М.:1986.
3. Г.Н.Зубарев. Конструкции из дерева и пластмасс. М.:1990.

## 2. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ КУРСОВОЙ РАБОТЫ

### 2.1. Объем работы и образец задания на курсовую работу

В курсовой работе разрабатывается одноэтажное однопролетное деревянное каркасное здание, представляющее собой в поперечнике двухшарнирную раму с заземленными в основании колоннами (рис. 1). Колонны – клеёдощатые или составные брусчатые. Ригель – двускатная балка: клеёдощатая или клеёфанерная. Ограждающие конструкции покрытия под мягкую рулонную кровлю – дощатые настил или щит по прогонам для неотапливаемого здания (рис. 1-а – вариант слева от линии симметрии) или утепленная плита для отапливаемого здания (рис. 1-б – вариант справа от линии симметрии). Стеновое ограждение – навесное из листовых или пиленых материалов по прогонам для холодного здания или утепленная стеновая панель для отапливаемого здания.

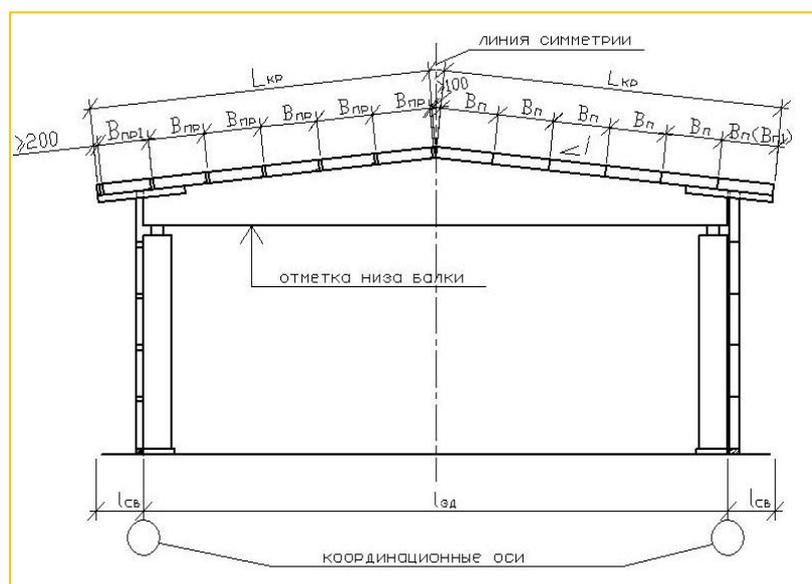


Рис. 1. Деревянное каркасное здание с поперечником в виде двухшарнирной рамы:  
а – вариант холодного здания с ограждающими конструкциями покрытия в виде дощатого настила или щита по прогонам;  
б – вариант отапливаемого здания с ограждающими конструкциями покрытия в виде утепленной плиты покрытия

Объем работы и образец задания на курсовую работу и ее содержание представлены ниже.

Строительный факультет БНТУ  
Кафедра «Металлические и деревянные конструкции»

У т в е р ж д а ю  
Заведующий кафедрой МДК

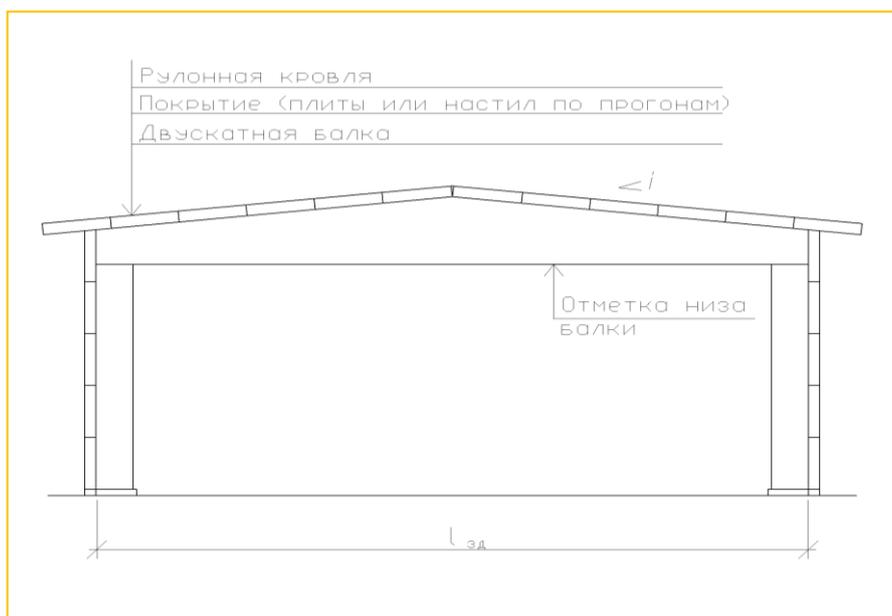
(Фамилия И. О.)

### З А Д А Н И Е

на курсовую работу по дисциплине «Конструкции из дерева и пластмасс»  
(тема работы «Деревянное каркасное здание»)

Группа \_\_\_\_\_

Здание отапливаемое или холодное, конфигурация в плане – прямоугольник, в поперечнике – двухшарнирная рама с заземленными в основании колоннами.



Конструкции покрытия и каркаса:

1. Утепленная клефанерная плита покрытия (ПФ) или дощатый настил (или щит) (НД) по прогонам (Пр) холодного здания.
2. Двускатная балка: клеодошчатая (БД) или клефанерная (БФ).
3. Колонна: клеодошчатая (КД) или брусчатая составная (КБ).

#### Содержание и объем работы:

##### 1. Расчетно-пояснительная записка:

- расчет несущих конструкций – плиты (ПФ) или дощатого настила (или щита) (НД) с прогоном (Пр); балки (БД или БФ), колонны (КД или КБ);
- определение технико-экономических показателей: расход материалов на  $1 \text{ м}^2$  пола, коэффициент собственной массы  $k_{см}$  – для балки.

##### 2. Графическая часть (2 листа А2):

- совмещенный план здания по стойкам, балкам, плитам, кровле. М 1:100 или 1:200;
- поперечный и продольный разрезы здания. М 1:50; узлы здания (карнизный, цокольный). М 1:10 или 1:20;
- рабочие чертежи плиты или настила (или щита) и прогона, балки и колонны. М 1:20 или 1:50.

Литература:

1. СНиП 2.01.07-85. Нагрузки и воздействия с Изменением №1, утвержденным приказом Минстройархитектуры от 18.06.2004 г. № 166.
2. ТКП 45-5.05-146-2009. Деревянные конструкции. Строительные нормы проектирования.
3. Зубарев Г.Н. Конструкции из дерева и пластмасс. Москва:1990.
4. Индустриальные деревянные конструкции. Под. ред. Слицкоухова Ю.В. Москва:1991.
5. Арленинов Д.К., Буслаев Ю.Н., Игнатъев В.П. Деревянные конструкции. Примеры расчета и конструирования. Москва:2006.
6. Методические указания к графической части курсов. проекта по курсу “Конструкции из дерева и пластмасс”. В.А.Иванов. Минск: 1986.

Таблица 1 ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ К РАБОТЕ

ПОКАЗАТЕЛИ		В А Р И А Н Т Ы													
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10				
Пролет здания /зд, м	1														
Шаг балок и колонн, м	2														
Длина здания, м	3														
Уклон кровли, $i$	4														
Отметка низа балки, м	5														
Вид покрытия*(ПФ или НД, Пр)	6														
Вид балки (БД или БФ)	7														
Вид колонны (КД или КБ)	8														
Снеговой район	9														
Класс условий эксплуатации	10														
Материал конструкций	11	пиломатериалы – сосна или ель; фанера – березовая или из лиственницы марки ФСФ;													

Окончание таблицы 1

	В А Р И А Н Т Ы														
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
1															
2															
3															
4															
5															
6															
7															
8															
9															
10															
11	утеплитель (для отапливаемых зданий) – минераловатные плиты плотностью 100...200 кг/м <sup>3</sup>														

Примечание: \*– Конструкции покрытия: теплые – клефанерная плита, холодные – дощатый настил по прогонам.

Руководитель работы

-----

## 2.2. Рекомендации по конструированию и расчету элементов конструкций каркасного здания

### А. ОГРАЖДАЮЩИЕ КОНСТРУКЦИИ ПОКРЫТИЯ

#### *А1. Дощатые ограждающие конструкции покрытия*

##### *А1.1. Конструкция и материалы*

Ограждающие дощатые конструкции покрытия в виде сплошного настила или кровельных щитов используются как основание под мягкую рулонную кровлю в основном для неотапливаемых зданий, хотя двойной перекрестный настил может использоваться в отапливаемых зданиях. В данном пособии рассмотрены 2 варианта дощатых ограждающих конструкций: двойного перекрестного настила и однослойного сплошного кровельного щита.

Дощатый двойной перекрестный настил состоит из двух слоев: нижнего – рабочего из разреженных (уложенных с зазором) досок и верхнего – защитного косоугольного из сплошного ряда досок (рис. 2, а). Доски рабочего слоя укладываются не менее чем на 3 прогона, шаг прогонов  $B_{пр} = 1,0 \dots 2,0$  м (стандартный шаг 1,5 м). Длина досок –  $2B_{пр}$ . Толщина досок – 25, 32 или 40 мм, толщина и шаг досок рабочего слоя определяются расчетом. Защитный косоугольный слой выполняется из досок толщиной 19 или 22 мм (толщина досок принимается без расчета), укладываемых под углом  $45 \dots 60^\circ$  к рабочему слою. Защитный слой обеспечивает совместную работу всех элементов настила. Все доски – шириной не менее 100 (100, 125 или 150) мм из древесины хвойных пород 2-го сорта (рабочий слой) и 3-го сорта (защитный слой). Соединение досок между собой и присоединение настила к прогонам – на гвоздях.

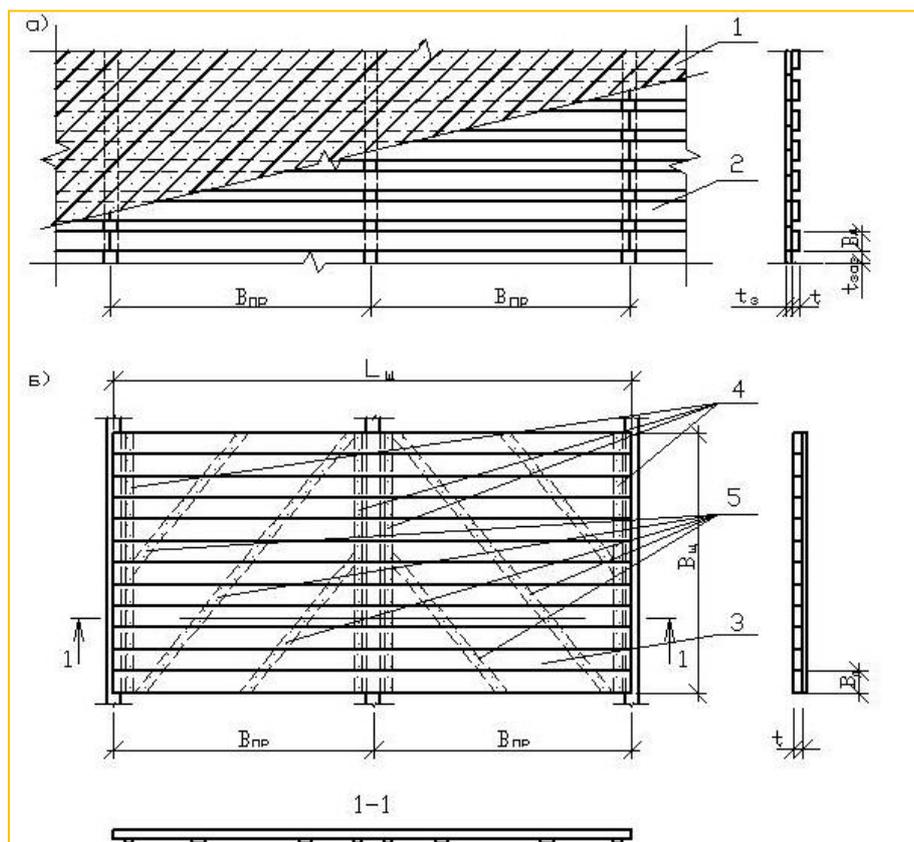


Рис. 2. Дощатые ограждающие конструкции покрытия:

а – двойной перекрестный настил:

1 – защитный косоугольный слой; 2 – рабочий слой;

б – однослойный сплошной кровельный щит:

3 – рабочий слой;

4 – поперечины;

5 – раскосы

Кровельные однослойные сплошные щиты, изготавливаемые до их монтажа, состоят из сплошного ряда рабочего слоя досок, опираемых на 3 прогона, к которым снизу прибиты гвоздями поперечины вдоль прогонов и диагональные раскосы, обеспечивающие жесткость щита в его плоскости (рис. 2, б). Номинальные размеры щита – длина  $L_{щ.н} = 2B_{пр}$ , ширина принимается из расчета 2...4 щита на длине здания, равном шагу балок, при этом принимают  $B_{щ.н} = 1,5...2$  м. Действительные размеры щита  $L_{щ}$  и  $B_{щ}$  принимают меньше номинальных на 2..5 мм с учетом возможных неточностей изготовления. Толщина досок рабочего слоя – 25, 32 или 40 мм, ширина – 100, 125 или 150 мм, толщина досок определяются расчетом. Поперечины и раскосы с целью унификации можно принять одного сечения –  $25 \times 75$  мм. Все доски – из древесины хвойных пород 2-го сорта.

Шаг прогонов по скату кровли определяется с учетом того, что количество шагов на скате должно быть четным и свес кровли по отношению к стеновому ограждению для защиты от атмосферных осадков следует принимать не менее 40 (40...60) см. Шаг прогонов

$$B_{пр} = L_{кр} / n_{ш.пр},$$

где  $L_{кр} = (l_{зд} / 2 + l_{св}) / \cos \alpha$  – ширина кровли по скату с учетом свеса.  $l_{св}$  – свес кровли, включающий толщину стенового ограждения и собственно свес. Рекомендуется принимать  $l_{св} \cong 60...70$  см;

$n_{ш.пр}$  – четное количество шагов прогонов с одной стороны ската.

### А1.2. Основные положения расчета настилов и щитов

Расчет рабочего слоя двойного перекрестного настила и рабочего слоя сплошного однослойного щита производится на поперечный изгиб по схеме двухпролетной балки при двух сочетаниях нагрузок: постоянной и временной снеговой; постоянной и монтажной. Расчет производится от нормальных составляющих нагрузок, действующих перпендикулярно скату. Для ограждающих конструкций по балкам, имеющих небольшой уклон ( $\leq 0,1$ ), расчет может выполняться от вертикальных нагрузок. Для расчета принимается полоса шириной 1 м (рис. 3).

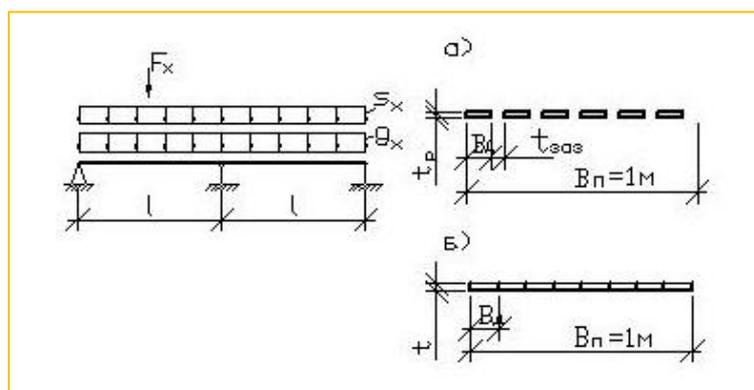


Рис. 3. Расчетная схема и поперечное сечение:

а – рабочего слоя двойного перекрестного настила;

б – рабочего слоя сплошного однослойного щита

При сочетании нагрузок: постоянной  $g$  и снеговой  $s$  – расчет производится:

а) на прочность по нормальным напряжениям

$$\sigma_{m,d} = M_{d1} / W_d \leq f_{m,d} \cdot k_{mod} / \gamma_n,$$

где  $M_{d1} = (g_{d,x} + s_{d,x}) \cdot l^2 / 8$  – расчетный изгибающий момент.  $l = B_{пр}$ ;

$W_d = \Sigma B_d \cdot t_p^2 / 6$  – расчетный момент сопротивления сечения. Для однослойного щита  $\Sigma B_d = B_n = 1$  м,  $t_p = t$ ;

$f_{m,d}$  – расчетное сопротивление древесины изгибу (п. 6.1.4.3 – [1]);

$k_{mod}$  – коэффициент, учитывающий условия эксплуатации и продолжительность действия нагрузок (табл. 6.3 – [1]);

$\gamma_n$  – коэффициент надежности по назначению, учитывающий класс ответственности здания (прилож. – [2]).

б) по прогибам от полной нормативной нагрузки

$$u = u_0 = 2,13 / 384 \cdot (g_{k,x} + s_{k,x}) \cdot l^4 / (E_0 \cdot k_{mod} / \gamma_n \cdot I_{sup}) \leq f_u,$$

где  $E_0 = 8500$  МПа – модуль упругости древесины вдоль волокон при расчете по предельным состояниям второй группы (п. 6.1.5.1 – [1]);

$I_{sup} = \Sigma B_d \cdot t_p^3 / 12$  – момент инерции сечения брутто. Для однослойного щита  $\Sigma B_d = B_n = 1$  м,  $t_p = t$ ;

$f_u = l / 150$  – предельный прогиб от полной нормативной нагрузки (п. 10.6 – [2, 3]).

При сочетании нагрузок: постоянной  $g$  и монтажной  $F$  – расчет производится

в) на прочность по нормальным напряжениям

$$\sigma_{m,d} = M_{d2} / W_d \leq f_{m,d} \cdot k_{mod} / \gamma_n,$$

где  $M_{d2} = 0,07 \cdot g_{d,x} \cdot l^2 + 0,207 \cdot 2 \cdot F_{d,x} \cdot l$  – расчетный изгибающий момент. На полосе  $B_n = 1$  м действуют 2 сосредоточенные нагрузки по  $F_d = 1,2$  кН каждая.

Порядок расчета рабочего слоя двойного настила и рабочего слоя щита:

1. При минимальной толщине рабочего слоя  $t_p$  из условия прочности по нормальным напряжениям при первом сочетании нагрузок находят требуемую суммарную ширину досок  $\Sigma B_d$  для двойного настила на полосе шириной 1 м, и если  $\Sigma B_d$  не превышает 1 м, то сечение считается подобранном, т.е. на полосе 1 м размещается  $n$  досок шириной  $B_d$  с зазором  $t_{зaz}$   $(B_d + t_{зaz}) \cdot n = 1$  м. Если же требуемая  $\Sigma B_d$  превышает 1 м, то увеличивают толщину рабочего слоя  $t_p$  и выполняют расчет, пока условие не будет выполнено. Для однослойного щита при минимальной толщине рабочего слоя  $t$  на полосе шириной 1 м, если

условие по нормальным напряжениям выполняется, то сечение считается подобранным. Если условие не выполняется, то увеличивают толщину рабочего слоя  $t$  и выполняют расчет, пока условие не будет выполнено.

2. Подбранное сечение по нормальным напряжениям при первом сочетании нагрузок проверяется по прогибам при том же сочетании нагрузок.

3. Подбранное сечение по нормальным напряжениям и по прогибам при первом сочетании нагрузок проверяется по нормальным напряжениям при втором сочетании нагрузок. Если условие не выполняется, то поступают как при расчете из условия прочности по нормальным напряжениям при первом сочетании нагрузок и подбирают окончательное сечение.

## ***A2. Прогонь***

### *A2.1. Конструкция и материалы*

Прогонь покрытий зданий проектируют, как правило, трех видов: однопролетный разрезной брусчатый, многопролетный консольно-балочный брусчатый и многопролетный неразрезной из спаренных досок (рис. 4).

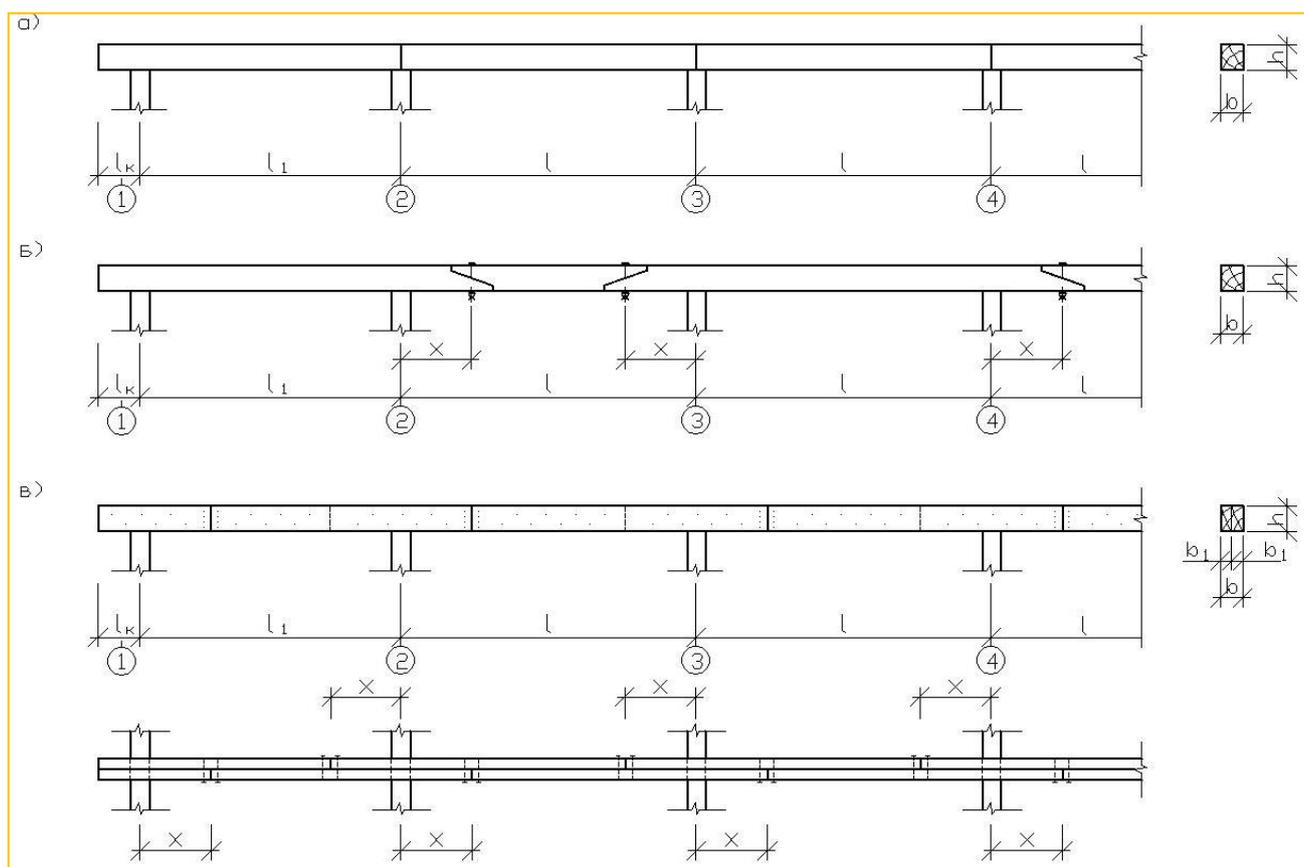


Рис. 4. Прогонь покрытия:

- а – однопролетный разрезной брусчатый прогон;
- б – многопролетный консольно-балочный брусчатый прогон;
- в – многопролетный неразрезной прогон из спаренных досок

Однопролетный брусчатый прогон стыкуют впритык на смежных балках и применяют при шаге балок 3...6 м (рис. 4, а).

Многопролетный консольно-балочный брусчатый прогон состоит из чередующихся двухконсольного бруса и бруса-вставки, стыкуемых в виде шарнирного косоугольного прируба, соединяемых одним болтом. Стыки располагают в зоне наименьших изгибающих моментов на расстоянии  $x = 0,15l$  или  $0,21l$  от опоры по 2 стыка в пролете через пролет, за исключением крайних пролетов. Консольно-балочный прогон применяют при шаге балок 3...4,5 м (рис. 4, б).

Многопролетный прогон из спаренных досок состоит из двух рядов, поставленных на ребро досок, сплачиваемых с помощью гвоздей. Стыки рядов досок устраивают вразбежку в зоне наименьших изгибающих моментов на расстоянии  $x = 0,21l$  от опор, причем стыки досок одного ряда перекрываются досками смежного ряда с прикреплением стыкуемых досок гвоздями. Прогон из спаренных досок применяют при шаге балок 3...6 м (рис. 4, в).

Шаг прогонов – 1...2 м (стандартный 1,5 м – см. дощатые настилы). Прогон изготавливают из стандартных пиломатериалов (брусьев или досок) хвойных пород 2-го сорта (см. табл. П1). При работе прогонов на косоугольный изгиб отношение высоты сечения к ширине принимают в пределах  $h/b = 1,3...1,5$ . При работе на прямой поперечный изгиб поперечное сечение прогонов из брусьев и досок принимают по сортаменту. Для прикрепления прогонов к балкам и закрепления их в проектом положении предусматривают упорные кобылки из брусков, прикрепляемые гвоздями к нижней грани прогонов с обеих сторон балки, и противоскатные бобышки (деревянные бобышки или стальные уголки), прикрепляемые к балкам и прогонам гвоздями или винтами.

#### *А2.2. Основные положения расчета прогонов*

Прогон рассчитывают на действие постоянной и временной снеговой нагрузок, причем расчет многопролетных прогонов производится в предположении равномерно распределенной нагрузки на всех пролетах.

При устройстве по прогонам кровельных однослойных щитов прогоны рассчитывают на косоугольный изгиб от нормальной и скатной составляющих нагрузок, в этом случае применять многопролетный прогон из спаренных досок не рекомендуется из-за податливости гвоздевого соединения рядов досок при действии скатной составляющей нагрузок. При устройстве по прогонам двойного перекрестного настила прогоны рассчитывают на прямой поперечный изгиб только от нормальной составляющей нагрузок, так как скатная составляющая нагрузок воспринимается косым защитным настилом.

Расчетные схемы прогонов приведены на рис. 5.

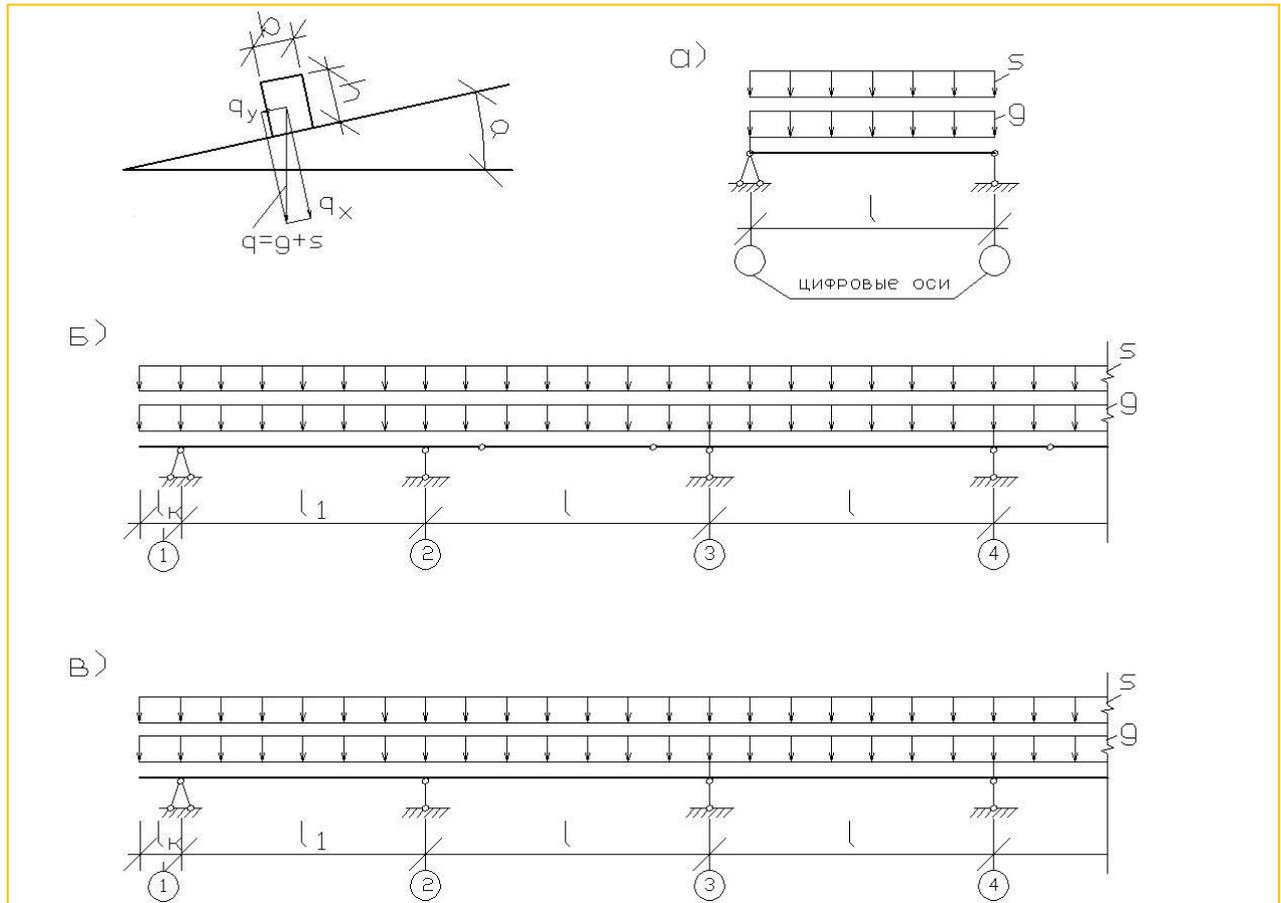


Рис. 5. Расчетные схемы прогонов:

- а – однопролетный разрезной брусчатый прогон;
- б – многопролетный консольно-балочный брусчатый прогон;
- в – многопролетный неразрезной прогон из спаренных досок

Расчет прогонов производят (при работе на кривой поперечный изгиб):

а) на прочность по нормальным напряжениям

$$\sigma_{m,d} = M_{d,x} / W_{d,x} + M_{d,y} / W_{d,y} \leq f_{m,d} \cdot k_{mod} / \gamma_n,$$

где  $M_{d,x}$ ,  $M_{d,y}$  – расчетный изгибающий момент от нормальной и скатной составляющей расчетных нагрузок;

$W_{d,x} = b \cdot h^2 / 6$ ,  $W_{d,y} = -$  расчетные моменты сопротивления сечения соответственно в нормальной и скатной плоскостях;

$f_{m,d}$  – расчетное сопротивление древесины изгибу (табл. 6.4 – [1]);

$k_{mod}$  – коэффициент, учитывающий условия эксплуатации и продолжительность действия нагрузок (табл. 6.3 – [1]);

$\gamma_n$  – коэффициент надежности по назначению, учитывающий класс ответственности здания (прилож. – [2]).

б) по прогибам от полной нормативной нагрузки

$$u = u_0 \cdot [1 + k_v \cdot (h / l)^2] \leq f_u,$$

где  $u_0 = \sqrt{u_{0,x}^2 + u_{0,y}^2}$  – равнодействующий вертикальный прогиб от нормальной и скатной с оставляющих нагрузок.  $u_{0,x} = k_1 \cdot (g_{k,x} + s_{k,x}) \cdot \beta / (E_0 \cdot k_{mod} / \gamma_n \cdot I_{sup,x})$ .

$$u_{0,y} = k_1 \cdot (g_{k,y} + s_{k,y}) \cdot \beta / (E_0 \cdot k_{mod} / \gamma_n \cdot I_{sup,y}).$$

$k_1$  – коэффициент, учитывающий расчетную схему прогона.

$E_0 = 8500$  МПа – модуль упругости древесины вдоль волокон при расчете по предельным состояниям второй группы (п. 6.1.5.1 – [1]).

$I_{sup,x} = b \cdot h^3 / 12$ ,  $I_{sup,y} = b^3 \cdot h / 12$  – момент инерции сечения брутто соответственно в нормальной и скатной плоскостях;

$k_v$  – коэффициент, учитывающий деформации сдвига (ползучесть во времени) от поперечной силы (табл. 8.2 – [1]);

$f_u = l / 150$  – предельный прогиб от полной нормативной нагрузки (п. 10.6 – [2, 3]).

При работе прогонов на прямой поперечный изгиб расчет производят по тем же формулам от действия только нормальных составляющих нагрузок.

Особенности расчета прогонов:

1. Однопролетный разрезной брусчатый прогон

Изгибающий момент в середине пролета определяют по формуле

$$M_d = (g_d + s_d) \cdot l^2 / 8.$$

При определении прогибов коэффициент  $k_1 = 5 / 384$ .

2. Многопролетный консольно-балочный брусчатый прогон

а) При расположении стыков на расстоянии  $x = 0,15l$  от опор прогон работает по равномоментной схеме. В этом случае в основных пролетах, кроме крайних, изгибающий момент на опоре и в пролете определяют по формуле

$$M_d = (g_d + s_d) \cdot l^2 / 16.$$

При определении прогибов коэффициент  $k_1 = 2 / 384$ .

В крайних пролетах изгибающий момент в пролете определяют по формуле

$$M_d = (g_d + s_d) \cdot l^2 / 10.$$

При определении прогибов коэффициент  $k_1 = 2,5 / 384$ .

б) При расположении стыков на расстоянии  $x = 0,21l$  от опор прогон работает по равнопрогибной схеме. В этом случае в основных пролетах, кроме крайних, изгибающий момент на опоре определяют по формуле

$$M_d = (g_d + s_d) \cdot l^2 / 12.$$

При определении прогибов коэффициент  $k_1 = 1 / 384$ .

В крайних пролетах, как и при равномоментной схеме, изгибающий момент в пролете определяют по формуле

$$M_{d1} = (g_d + s_d) \cdot l^2 / 10.$$

При определении прогибов коэффициент  $k_1 = 2,5 / 384$ .

### 3. Многопролетный неразрезной прогон из спаренных досок

Проектируют по равнопрогибной схеме при расположении стыков рядов досок на расстоянии  $x = 0,21l$  от опор аналогично консольно-балочному прогону. В основных пролетах, кроме крайних, изгибающий момент на опоре определяют по формуле

$$M_d = (g_d + s_d) \cdot l^2 / 12.$$

При определении прогибов коэффициент  $k_1 = 1 / 384$ .

В крайних пролетах изгибающий момент в пролете определяют по формуле

$$M_{d1} = (g_d + s_d) \cdot l^2 / 10.$$

При определении прогибов коэффициент  $k_1 = 2,5 / 384$ .

Гвоздевые соединения спаренных прогонов рассчитывают на восприятие поперечной силы  $V_d = M_d / (2 \cdot x_{ГВ})$ , где  $x_{ГВ}$  – расстояние от опоры до центра гвоздевого забоя.

Необходимое количество гвоздей с каждой стороны от стыка определяют по формуле

$$n_{ГВ} = V_d / R_{1d},$$

где  $R_{1d}$  – минимальное значение несущей способности одного среза гвоздя, вычисленное из условий смятия древесины элементов под гвоздем и изгиба гвоздя (п. 9.4.1.2 – [1]).

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

Порядок расчета прогонов:

а) Однопролетный разрезной брусчатый прогон.

При заданной ширине сечения  $b$  по нормальным напряжениям и по прогибам подбирается высота сечения  $h$ .

б) Многопролетные консольно-балочный брусчатый и неразрезной из спаренных досок прогон.

При заданной ширине сечения  $b$  по нормальным напряжениям и по прогибам подбирается высота сечения  $h$  для основных пролетов. В крайних пролетах сечение прогонов принимается как и для основных, если их пролет уменьшен и не превышает  $h_1 \leq 0,85 l$  / основных пролетов для прогонов по равномоментной схеме и  $h_1 \leq 0,80 l$  / для прогонов по равнопрогибной схеме. В противном случае сечение крайних пролетов следует проверить и, при необходимости, подобрать сечение по напряжениям и прогибам для крайних пролетов.

Для прогона из спаренных досок определяют требуемое количество гвоздей с каждой стороны от стыка и расставляют их в соответствии с требованиями [1]. На остальной части длины прогона гвозди расставляются в шахматном порядке с шагом 0,5 м.

### А3. Панель покрытия

#### А3.1. Конструкция и материалы

Для устройства совмещенных покрытий отапливаемых зданий с рулонной кровлей применяют трехслойные ребристые панели с деревянным каркасом и обшивками из фанеры или плоских асбестоцементных листов.

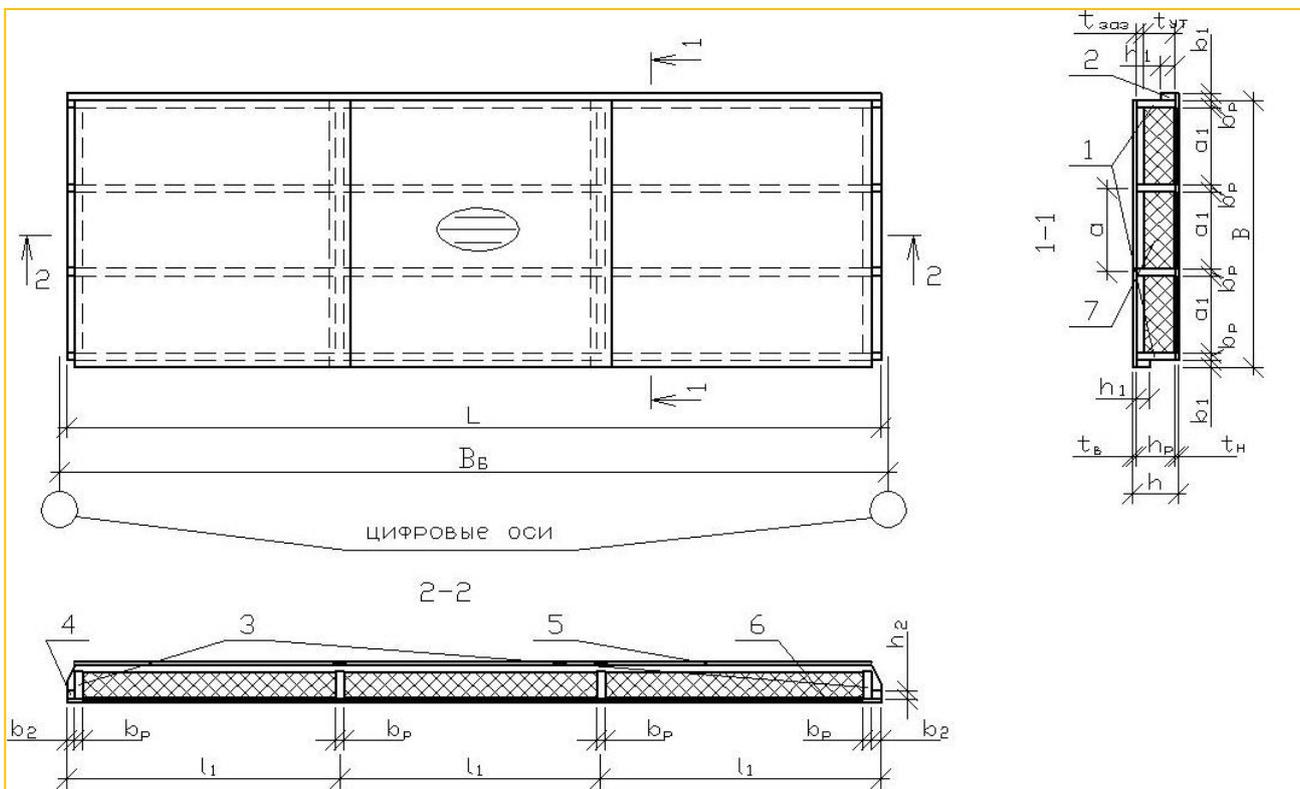


Рис. 6. Клеефанерная панель покрытия:

- 1 – продольные ребра;                      2 – соединительные продольные бруски;  
 3 – поперечные опорные и промежуточные ребра; 4 – торцовые бруски;  
 5 и 6 – нижняя и верхняя фанерные обшивки;

Клеефанерная панель состоит из деревянного каркаса из продольных и поперечных ребер и приклеиваемых водостойкими синтетическими клеями фанерных обшивок (рис. 6). Получается монолитное коробчатое сечение, в работу которого включаются и обшивки. Ширина панелей определяется с учетом стандартных размеров фанерных листов (см. табл. П2 – наиболее распространенный из которых  $1525 \times 1525$  мм), это обычно 1,5 м. Могут применяться доборные панели шириной 1,2 или 0,8 м, причем в целях унификации допускается применение в одном здании не более двух типоразмеров панелей. Длина панелей зависит от шага несущих конструкций, который равен 3...6 м. Высота панелей определяется из условия прочности, жесткости и теплотехнического расчета и находится в пределах  $1/30 \dots 1/35$  пролета панели. Действительные размеры панели: ширина – меньше номинальной на 5...10 мм, длина – меньше номинальной на 20 мм для свободной укладки в покрытии с учетом возможных неточностей при изготовлении.

Обшивки панелей (5, 6) изготавливают из водостойкой фанеры марки ФСФ (березовой или из лиственницы сорта не ниже соответственно III / IV и IIIx / IVx) толщиной не менее 6 (6, 8, 9, 10, 12) мм, при этом принимают нижнюю обшивку не менее 6 мм, а верхнюю – не менее 8 мм. Волокна наружных слоев фанеры ориентируют вдоль панели. Фанерные листы по длине стыкуют «на ус» с длиной стыка 10 толщин листа или на зубчатый шип с длиной шипа 10 мм.

Каркас панелей изготавливают из антисептированных пиломатериалов хвойных пород 2-го сорта. Каркас состоит из продольных ребер (1), размещаемых с шагом не более 500 мм, поперечных торцовых ребер, а также промежуточных (3), располагаемых в местах стыка фанерных обшивок, т.е., шаг промежуточных ребер не должен превышать при стыковании «на ус»  $(1525 - 10t_{\text{ф}})$  мм, где 1525 мм – длина листа фанеры,  $10t_{\text{ф}}$  – длина стыка. К крайним продольным ребрам приклеивают соединительные продольные бруски для крепления со смежными панелями. В торцах панели к нижним обшивкам приклеивают торцовые бруски (4) для крепления панели винтами к балке.

В качестве утеплителя (7) рекомендуется использование жестких минераловатных плит на фенольном связующем плотностью  $100 \dots 150$  кг/м<sup>3</sup>. Толщину утеплителя определяют теплотехническим расчетом (без расчета рекомендуется принять 120 мм). Между утеплителем и нижней обшивкой устраивается пароизоляционный слой: окрасочный (эмалями типа ПФ-115) или обмазочный водостойкими мастиками. Вентиляция утеплителя осуществляется вдоль плит, для чего между утеплителем и верхней обшивкой предусматривается зазор не менее 4 (4...5) см.

Продольные ребра изготавливают из стандартных досок  $t_{\text{д}} \times B_{\text{д}}$ , при этом доски по ширине фрезеруют перед приклеиванием фанерных обшивок. Поперечное сечение ребер принимают: толщину  $b_{\text{р}} = t_{\text{д}} = 25, 32, 40, 44$  или 50

мм, высоту  $h_p = B_d - \delta_{фр}$ , где  $B_d = 150, 175$  или  $200$  мм – ширина досок,  $\delta_{фр} = 6..8$  мм – припуск на фрезерование с обеих сторон, при этом высота ребер должна быть не менее  $h_p \geq + t_{зав}$  ( $t_{зав} = 40..50$  мм). У панелей стандартной ширины 1,5 м принимают обычно 4 продольных ребра одинаковой толщины.

Сечение поперечных ребер принимают: толщину как и у продольных ребер  $b_p$ , высоту или равной толщине утеплителя  $t_{ут}$  (для вентиляции утеплителя) или равной высоте продольных при устройстве в поперечных ребрах выше утеплителя вентиляционных каналов или отверстий.

Соединительные продольные бруски рекомендуется принимать сечением  $b_1 \times h_1 = 25 \times 40$  мм, торцовые бруски –  $b_2 \times h_2 = 40 \times 40$  мм.

#### А2.2. Основные положения расчета клефанерной панели покрытия

Клефанерные панели рассчитывают на нормальные составляющие постоянной и временных (монтажной, снеговой) нагрузок. При устройстве покрытия по балкам с уклоном до  $i \leq 0,1$  уклоном скатной поверхности можно пренебречь и расчет вести на вертикальные нагрузки.

Вначале определяется количество продольных ребер из условия расчета на местный поперечный изгиб верхней фанерной обшивки, заземленной на смежных продольных ребрах, от действия сосредоточенной монтажной расчетной нагрузки  $F_d = 1,2$  кН на полосе шириной 1 м (рис. 7, а)

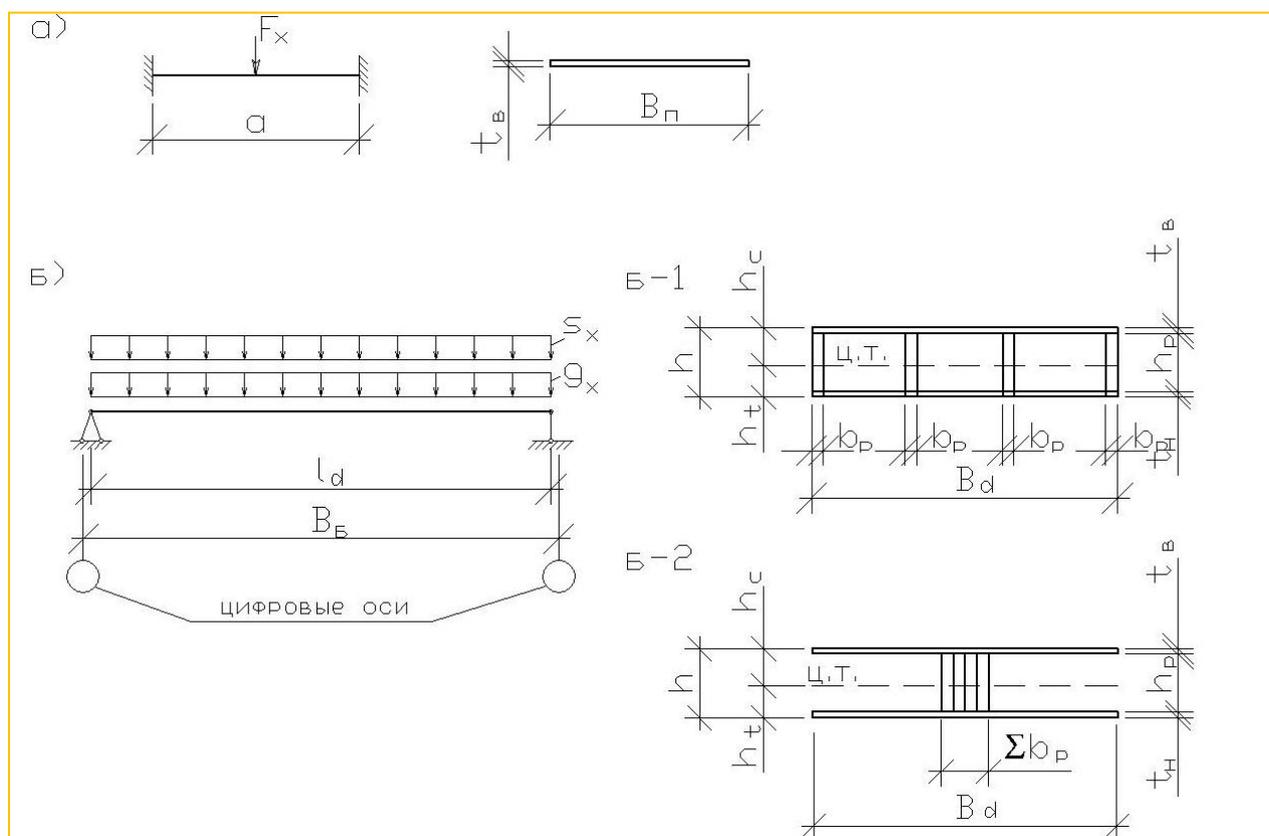


Рис. 7. Расчетные схемы панели покрытия:

а – верхней обшивки на местный изгиб от сосредоточенной монтажной нагрузки;

б – панели на поперечный изгиб от постоянной и снеговой нагрузок;

б-1 – поперечное коробчатое сечение; б-2 – поперечное двутавровое сечение

$$\sigma_{pm,d} = M_{d1} / W_{d1} \leq f_{pm,90,d} \cdot k_{mod} / \gamma_n,$$

где  $M_{d1} = F_d \cdot \cos \alpha \cdot l / 8$  – расчетный изгибающий момент.  $a$  – расстояние между осями продольных ребер;

$W_{d1} = B_n \cdot t_b^2 / 6$  – расчетный момент сопротивления сечения обшивки шириной  $B_n = 1$  м;

$f_{pm,90,d}$  – расчетное сопротивление фанеры изгибу из плоскости листа поперек волокон наружных слоев (табл. 6.12 – [1]);

$k_{mod}$  – коэффициент, учитывающий условия эксплуатации и продолжительность действия нагрузок (табл. 6.3 – [1]);

$\gamma_n$  – коэффициент надежности по назначению, учитывающий класс ответственности здания (прилож. – [2]).

Далее проверяется принятое сечение панели по схеме однопролетной свободно опертой балки расчетным пролетом  $l_d \cong B_B - 2 \cdot 2 / 3 \cdot 55$  мм, где  $B_B$  – шаг балок;  $2 \cdot 2 / 3 \cdot 55$  мм – расстояние между центрами опирания двух опорных площадок панели на балки величиной по 55 мм (п. 5.2.11 – [1]) с распределением давления по треугольнику (рис 7, б).

Поперечное коробчатое сечение панели, состоящее из совместно работающих деревянных ребер и фанерных обшивок (рис. 7, б-1), модули упругости которых отличаются, рассчитываются по приведенному сечению.

Центр тяжести сечения при разной толщине обшивок (высоту сечения растянутой зоны  $h_t$ ) находят из выражения

$$h_t = S_{ef,фан} / A_{ef,фан},$$

где  $S_{ef,фан} = S_{н.об} + S_{в.об} + S_{реб} \cdot E_0 / E_p$  – статический момент инерции поперечного сечения относительно нижней грани нижней обшивки.  $S_{н.об}$ ,  $S_{в.об}$ ,  $S_{реб}$  – статические моменты соответственно нижней и верхней обшивок и ребер относительно нижней грани нижней обшивки;

$A_{ef,фан} = A_{н.об} + A_{в.об} + A_{реб} \cdot E_0 / E_p$  – площадь поперечного сечения приведенного сечения.  $A_{н.об}$ ,  $A_{в.об}$ ,  $A_{реб}$  – площадь поперечного сечения соответственно нижней и верхней обшивок и ребер;

$E_0$ ,  $E_p$  – модули упругости соответственно древесины и фанеры (п. 6.1.5.1, табл. 6.13 – [1]).

Момент инерции сечения относительно нейтральной оси

$$I_{ef,фан} = I_{н.об} + I_{в.об} + I_{реб} \cdot E_0 / E_p,$$

где  $I_{н.об}$ ,  $I_{в.об}$ ,  $I_{реб}$  – моменты инерции соответственно нижней и верхней обшивок и ребер относительно нейтральной оси.

При определении приведенных геометрических характеристик поперечного сечения расчетная ширина обшивок принимается равной:

$$\text{при } l_d \geq 6 \cdot a \quad - \quad B_d = 0,9 \cdot B_i$$

$$\text{при } l_d < 6 \cdot a \quad - \quad B_d = 0,15 \cdot l_d / a \cdot B_i$$

что учитывает неравномерность распределения нормальных напряжений в обшивках между ребрами.

Принятое сечение панели проверяется:

1. По нормальным напряжениям в обшивках

- Устойчивость верхней сжатой обшивки

$$\sigma_{pc.d} = M_d / (W_{реб} \cdot E_0 / E_p + k_{pf} \cdot W_{об}) \leq f_{pc.0.d} \cdot k_{mod} / \gamma_n,$$

где  $M_d = (g_{d,x} + S_{d,x}) \cdot l_d^2 / 8$  – изгибающий момент в середине пролета;

$W_{реб} = l_{реб} / (h - h_t)$ ,  $W_{об} = (l_{н.об} + l_{в.об}) / (h - h_t)$  – расчетный момент сопротивления сечения соответственно ребер и обшивок;

$k_{pf}$  – коэффициент продольного изгиба.

При  $a_1 / t_b < 50$  –  $k_{pf} = 1 - (a_1 / t_b)^2 / 5000$ ; при  $a_1 / t_b \geq 50$  –  $k_{pf} = 1250 / (a_1 / t_b)^2$ ;

$E_0$ ,  $E_p$  – модули упругости соответственно древесины и фанеры (п. 6.1.5.1, табл. 6.13 – [1]).

$f_{pc.0.d}$  – расчетное сопротивление фанеры сжатию в плоскости листа вдоль волокон наружных слоев (табл. 6.12 – [1]);

$k_{mod}$  – учитывающий условия эксплуатации и продолжительность действия нагрузок (табл. 6.3 – [1]);

$\gamma_n$  – коэффициент надежности по назначению, учитывающий класс ответственности здания (прилож. – [2]).

- Прочность нижней растянутой обшивки

$$\sigma_{pt.d} = M_d / W_{ef.фан} \leq k_p \cdot f_{pt.0.d} \cdot k_{mod} / \gamma_n,$$

где  $W_{ef.фан} = I_{ef.фан} / h_t$  – расчетный момент сопротивления сечения, приведенный к фанере;

$k_p$  – коэффициент, учитывающий снижение расчетного сопротивления в стыках фанерных обшивок, принимаемый равным при соединении «на ус» или с двусторонними накладками:  $k_p = 0,6$  – для фанеры марки ФСФ,  $k_p = 0,8$  – для фанеры бакелизированной. При отсутствии стыков  $k_p = 1$ .

$f_{pt.0.d}$  – расчетное сопротивление фанеры растяжению в плоскости листа вдоль волокон наружных слоев (табл. 6.12 – [1]).

2. По скалывающим напряжениям в обшивках и ребрах

- Скалывающие напряжения в обшивках в месте приклеивания к ребрам

$$\tau_{pv.d} = V_d \cdot S_{об} / (I_{ef.фан} \cdot \Sigma b_p) \leq f_{pv.0.d} \cdot k_{mod} / \gamma_n,$$

где  $V_d = (g_{d,x} + S_{d,x}) \cdot l_d / 2$  – поперечная сила на опоре;

$S_{об}$  – статический момент фанерной обшивки;

$I_{ef.фан}$  – момент инерции приведенного сечения относительно нейтральной оси;

$\Sigma b_p$  – суммарная ширина сечения продольных ребер;

$E_0, E_p$  – модули упругости соответственно древесины и фанеры (п. 6.1.5.1, табл. 6.13 – [1]).

$f_{pv.0.d}$  – расчетное сопротивление фанеры скалыванию вдоль волокон наружных слоев (табл. 6.12 – [1]).

- Скалывающие напряжения в ребрах по нейтральной оси

$$\tau_{v.0.d} = V_d \cdot S_{ef.др} / (I_{ef.др} \cdot \Sigma t_{ф}) \leq f_{v.0.d} \cdot k_{mod} / \gamma_n,$$

где  $S_{ef.др}$  – статический момент части сечения относительно нейтральной оси;

$I_{ef.др} = (I_{н.об} + I_{в.об}) \cdot E_p / E_0 + I_{реб}$  – приведенный к древесине момент инерции сечения относительно нейтральной оси;

$\Sigma b_p$  – суммарная толщина фанерных стенок;

$f_{v.0.d}$  – расчетное сопротивление древесины скалыванию вдоль волокон (табл. 6.4 – [1]).

### 3. По прогибам

- Прогиб от полной нормативной нагрузки

$$u = u_0 / k_{h1} \cdot [1 + k_v \cdot (h / l_d)^2] \leq f_u,$$

где  $u_0 = 5 / 384 \cdot (g_{k,x} + 0,7 \cdot s_{k,x}) \cdot l_d^4 / [(E_0 \cdot I_{реб} + E_p \cdot I_{об}) \cdot k_{mod} / \gamma_n]$  – прогиб панели без учета деформаций сдвига;

$k_{h1}, k_v$  – коэффициенты, учитывающие влияние соответственно переменности высоты сечения и деформаций сдвига от поперечной силы (табл. 8.1 – [1]);

$f_u$  – предельно допустимый прогиб (разд. 10 – [2]).

- Прогиб из эстетико-психологических требований от постоянной и длительной (30% снеговой нагрузки района II Б) нормативной нагрузки

$$u = u_0 / k_{h1} \cdot [1 + k_v \cdot (h / l_d)^2] \leq f_u,$$

где  $u_0 = 5 / 384 \cdot (g_{k,x} + 0,3 \cdot s_{k,x}) \cdot l_d^4 / [(E_0 \cdot I_{реб} + E_p \cdot I_{об}) \cdot 0,7 \cdot k_{mod} / \gamma_n]$  – прогиб панели без учета деформаций сдвига.

Порядок расчета клеефанерной панели:

1. При приятном количестве продольных ребер по ширине панели и толщине верхней обшивки последнюю проверяют на местный поперечный изгиб (продавливание) от нормальной составляющей сосредоточенной монтажной нагрузки  $F_d$ .

2. Принятое приведенное поперечное сечение панели проверяют на поперечный изгиб от нормальной составляющей постоянной и временной

снеговой нагрузок по нормальным и скалывающим напряжениям и по прогибам.

## **Б. НЕСУЩИЕ КОНСТРУКЦИИ ПОКРЫТИЯ**

### ***Б1. Двускатная клеодошатая балка переменной высоты сечения***

#### ***Б.1. Конструкция и материалы***

Пролет зданий с двускатными балками –  $l_{зд} = 9...18$  м. Пролет балок с учетом опирания на колонны принимают на  $0,3...0,4$  м меньше пролета здания –  $l_{б} = l_{зд} - (0,3...0,4)$  м. Уклон верхней грани –  $i = 0,25...0,1$ . Поперечное сечение – прямоугольное. Высота сечения  $h$  назначается в пределах  $1/12...1/8$  пролета (рис. 8).

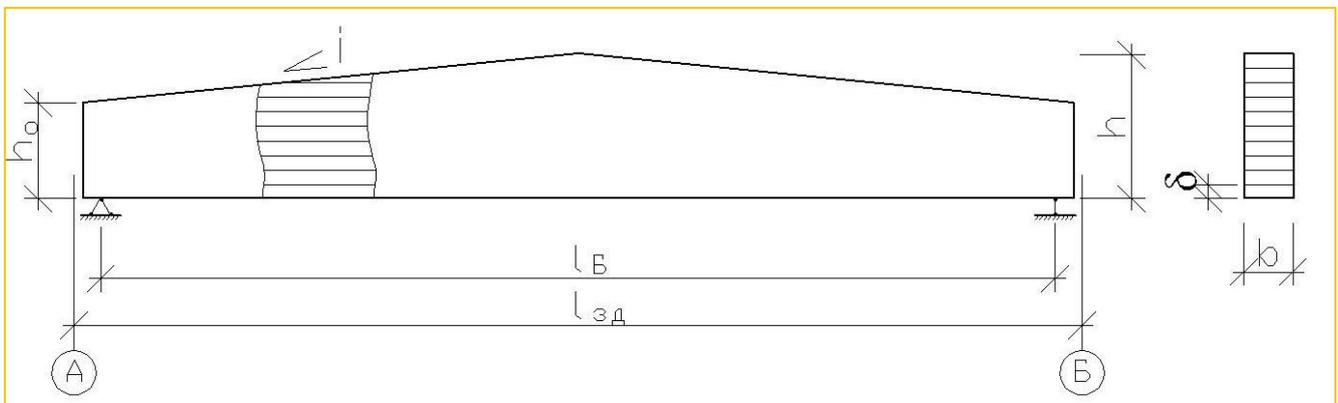


Рис. 8. Двускатная клеодошатая балка

Балки склеивают из горизонтально расположенных слоев оптимальной толщиной  $\delta = 33$  мм, полученных фрезерованием досок хвойных пород (сосна, ель) толщиной  $t_d = 40$  мм и шириной  $B_d$  125, 150, 175 или 200 мм. Ширина балки  $b_b = B_d - \Delta_{фрез}$ , где  $\Delta_{фрез} = 10$  мм при  $B_d \leq 150$  мм и  $\Delta_{фрез} = 10...15$  мм при  $B_d > 150$  мм. Слои располагают параллельно нижней грани. Стык слоев по длине при длине балки свыше максимальной длины досок 6,5 м осуществляется на зубчатый шип тип 1-32 по ГОСТ 19414, при этом слои смежных слоев стыкуют вразбежку и в одном сечении допускается стыковать не более  $1/4$  всех слоев. Балку по всей высоте можно изготавливать из пиломатериалов 2 сорта, либо с целью экономного расходования материалов крайние (нижний и верхний) слои высотой не менее  $0,15$  высоты  $h_x$  сечения  $x$  с максимальным нормальным напряжением – 2 или 1 сорта, а средние слои – на один сорт ниже, соответственно 3 или 2 сорта, при этом расчет по нормальным напряжениям ведут для древесины крайних слоев, а по скалывающим – для древесины среднего слоя.

Ширина балки с учетом опирания на нее панелей покрытия или однопролетных прогонов при стыковании встык – не менее 130 мм (минимальная площадка опирания панели – 55 мм). При применении других прогонов такого ограничения нет, однако минимальная ширина балки может быть принята из

условия смятия балки в месте опирания на обвязочный брус или колонну из выражения

$$\sigma_{\text{см.90.d}} = V_d / A_{\text{см}} \leq k_{\text{с.90}} f_{\text{см.90.d}} \cdot k_{\text{mod}} / \gamma_n,$$

где  $V_d$  – поперечная сила в опорном сечении балки;

$A_{\text{см}} = b_{\text{Б}} \cdot b_{\text{БР(К)}}$  – контактная площадка смятия балки.  $b_{\text{Б}}$  – ширина балки.  $b_{\text{БР(К)}}$  – ширина обвязочной балки или колонны;

$k_{\text{с.90}}$  – коэффициент концентрации напряжений смятия, принимаемый по табл. 6.7 3 – [1]);

$f_{\text{см.90.d}} \cdot k_{\text{mod}} / \gamma_n$  – расчетное сопротивление древесины смятию поперек волокон с коэффициентами условий работы и надежности по назначению (табл. 6.4 и 6.3 – [1], прилож. – [2]).

Ширину балки принимают минимальной, при этом рекомендуется отношение высоты к ширине принимать не более 8 ( $h / b \leq 8$ ) для обеспечения устойчивости плоской формы деформирования.

Балкам следует придавать строительный подъем 1 / 200 пролета путем выгиба слоев при склеивании.

### Б1.2. Основные положения расчета балок

Клеедощатые балки покрытия – однопролетные, нагруженные равномерно-распределенной нагрузкой: постоянной от конструкций кровли и временной снеговой (рис. 9).

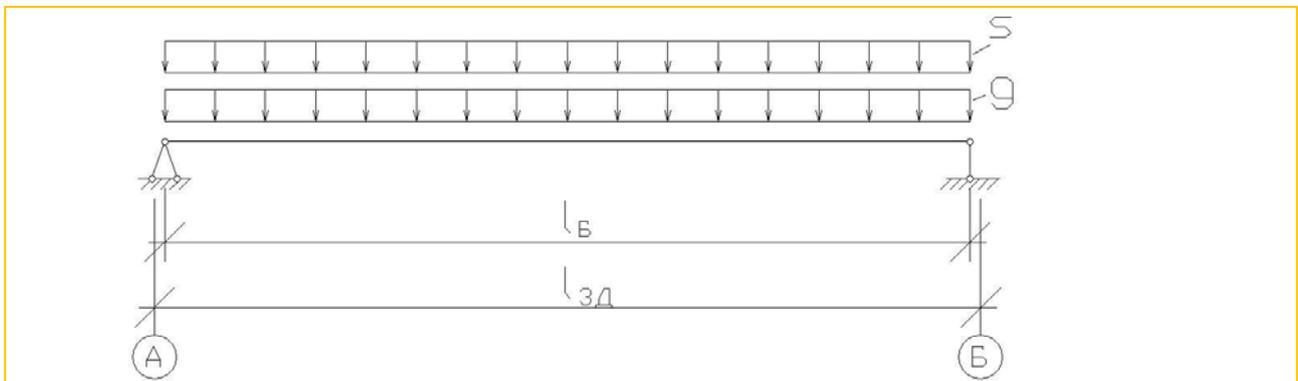


Рис. 9. Расчетная схема балки

Для определения нагрузок масса балки определяется из выражения:

- нормативная

$$g_{\text{к.с.м.}} = (g_{\text{к.покр}} + s_k) / [1000 / (k_{\text{с.м.}} \cdot l_{\text{Б}}) - 1];$$

- расчетная

$$g_{\text{д.с.м.}} = g_{\text{к.с.м.}} \cdot \gamma_F,$$

где  $g_{\text{к.покр}}$ ,  $s_k$  – нормативные нагрузки соответственно от покрытия и снеговая;

$k_{с.м.}$  – коэффициент собственной массы. Для клеодошчатых балок принимают  $k_{с.м.} = 7 \dots 9$ ;

$\gamma_F$  – коэффициент надежности по нагрузке.  $\gamma_F = 1,1$ .

Расчет балок ведут в следующей последовательности.

1. При наименьшей ширине сечения балки  $b$  (из условия опирания панелей покрытия или из условия смятия на опоре) определяют высоту сечения балки на опоре  $h_0$  из условия прочности при сдвиге

$$\tau_{v,0,d} = V_d \cdot S_d / (I_d \cdot b) \leq f_{v,0,d} \cdot k_{mod} \cdot k_{\delta} / \gamma_n,$$

где  $S_d = b \cdot h_0^2 / 8$  – статический момент половины сечения относительно нейтральной оси;

$I_d = b \cdot h_0^3 / 12$  – момент инерции сечения относительно нейтральной оси;

$f_{v,0,d} \cdot k_{mod} \cdot k_{\delta} / \gamma_n$  – расчетное сопротивление древесины скалыванию вдоль волокон с коэффициентами условий работы и надежности по назначению (табл. 6.4, 6.3, 6.9 – [1], прилож. – [2]).

2. Из условия прочности двускатной балки по нормальным напряжениям при изгибе в расчетном сечении  $x = l_B \cdot h_0 / (2 \cdot h) < l_B / 2$  с максимальным напряжением определяют высоту сечения балки  $h_x$  для двух случаев при угле ската  $\alpha \leq 10^\circ$ :

а) в крайних волокнах растянутой нижней кромки, параллельных поверхности

$$\sigma_{m,d} = M_{d,x} \cdot (1 + 4 \cdot \operatorname{tg}^2 \alpha) / W_{d,x} \leq f_{m,d} \cdot k_{mod} \cdot k_{\delta} \cdot k_h / \gamma_n;$$

б) в крайних волокнах сжатой верхней кромки, направленных под углом  $\alpha$  к скату

$$\sigma_{с.а,d} = M_{d,x} \cdot (1 - 4 \cdot \operatorname{tg}^2 \alpha) / W_{d,x} \leq f_{с.а,d} \cdot k_{mod} / \gamma_n,$$

где  $M_{d,x}$  – изгибающий момент в сечении  $x$ ;

$W_{d,x}$  – момент сопротивления сечения в сечении  $x$ ;

$f_{m,d} \cdot k_{mod} \cdot k_{\delta} \cdot k_h / \gamma_n$  – расчетное сопротивление древесины изгибу с коэффициентами условий работы и надежности по назначению (табл. 6.4, 6.3 и 6.9 – [1], прилож. – [2]);

$f_{с.а,d} \cdot k_{mod} / \gamma_n$  – расчетное сопротивление древесины сжатию под углом  $\alpha$  с коэффициентами условий работы и надежности по назначению (табл. 6.4 – [1], прилож. – [2]).  $f_{с.а,d} = f_{с,0,d} / [1 + (f_{с,0,d} / f_{с,90,d} - 1) \cdot \sin^3 \alpha]$ .

3. Производят проверку подобранного сечения на устойчивость плоской формы деформирования в зоне максимальных нормальных напряжений на участке  $l_m$  между точками закрепления сжатой кромки от смещения из плоскости изгиба, равным ширине панели или шагу прогонов  $B_{п(пр)}$

$$\sigma_{c.0.d} = M_{d.x} / (k_{inst} \cdot W_{d.x}) \leq f_{m.d} \cdot k_{mod} / \gamma_n,$$

где  $k_{inst} = 140 \cdot b^2 \cdot I / (l_m \cdot h_x)$  – коэффициент устойчивости изгибаемого элемента.  
 $k_f$  – коэффициент, зависящий от формы эпюры изгибающих моментов на участке  $l_m$  (табл. 7.4 – [1]).

#### 4. По прогибам

$$u = u_0 / k_{h1} \cdot [k_v \cdot (h / l_B)^2] \leq f_u,$$

где  $u_0 = 5 / 384 \cdot q_k \cdot l^4 / (E_0 \cdot I_{sup} \cdot k_{mod} / \gamma_n)$  – прогиб балки постоянной высоты без учета деформаций сдвига;

$k_{h1}$  и  $k_v$  – коэффициенты, учитывающие влияние соответственно переменной высоты сечения и деформаций сдвига от поперечной силы (табл. 8.2 – [1]).

$f_u$  – предельный прогиб, принимаемый по табл. 19 [2] в зависимости от предъявляемых к конструкции требований и от нагрузок, от которых следует определять прогибы. Прогибы балок следует проверять из эстетико-психологических требований от действия постоянных и временных длительных нагрузок [ $f_u = (1 / 300 \dots 1 / 120) \cdot l_B$ ] и от полных нормативных нагрузок [ $f_u = (1 / 150) \cdot l_B$ ].

Порядок расчета клеодощатой балки:

1. При принятой минимальной ширине балки определяют высоту поперечного сечения балки из условия прочности на скалывание в опорном сечении и прочности по нормальным напряжениям в расчетном сечении  $x$ , при этом должно выполняться рекомендуемое соотношение  $h / b \leq 8$ . Так как двускатные балки изготавливаются из горизонтально расположенных слоев разной длины в скатной части и после запрессовки и выдержки опиливаются по скату, то в середине пролета высоту балки целесообразно назначить кратной толщине слоя  $\delta = 33$  мм, т.е.  $h = n_{сл} \cdot \delta$ , а на опоре – с учетом уклона верхней грани, т.е.  $h_0 = h - i \cdot l_B / 2$ .

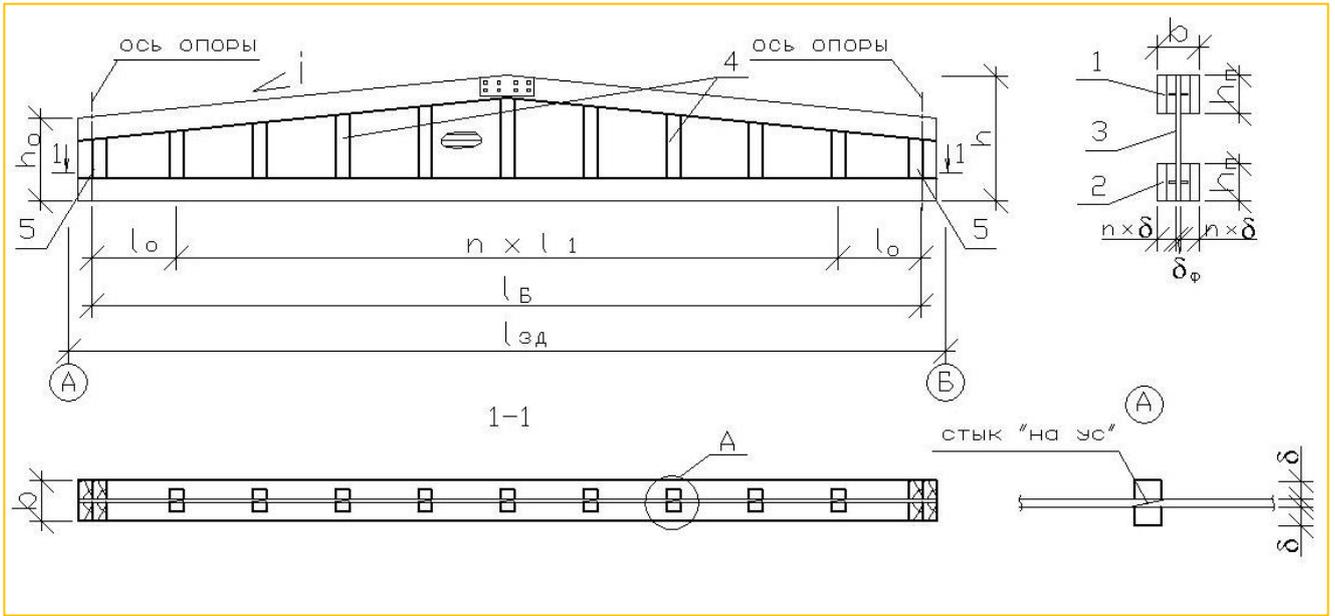
2. Выполняют проверку принятого сечения балки на устойчивость плоской формы деформирования и по прогибам. Сечение балки можно считать подобранным, если хотя бы в одном расчете на прочность, устойчивость и по прогибам запас расчетных напряжений или прогибов не превышает 25% соответственно от прочности материала или предельного прогиба.

## ***Б2. Двускатная клефанерная балка переменной высоты сечения с плоскими стенками***

### *Б2.1. Конструкция и материалы*

Пролет зданий с двускатными балками –  $l_{зд} = 9...18$  м. Пролет балок с учетом опирания на колонны принимают на  $0,3...0,4$  м меньше пролета здания –  $l_{б} = l_{зд} - (0,3...0,4)$  м. Уклон верхней грани –  $i = 0,25...0,1$ . Поперечное сечение – двутавровое (предпочтительнее при пролете не более 12 м) или коробчатое (предпочтительнее при пролете более 12 м). Высота сечения  $h$  назначается в пределах  $1/12...1/10$  пролета, но не более 1,5 м с учетом размера фанерных листов  $1525 \times 1525$  мм (рис. 10).

А.



Б.

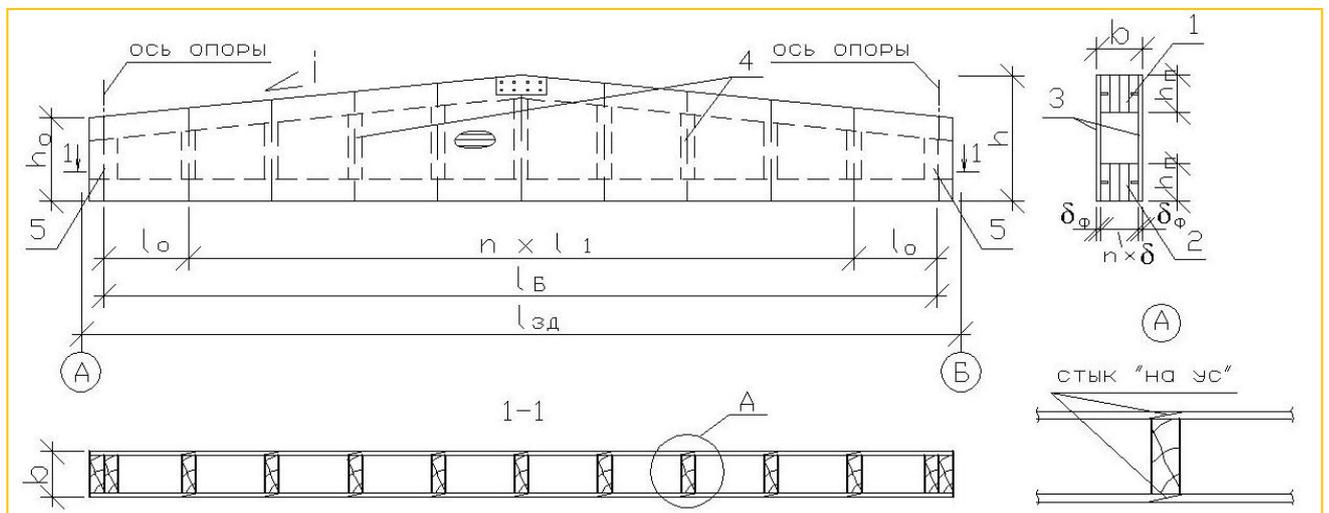


Рис. 10. Клефанерная двускатная балка:

А – двутаврового сечения; Б – коробчатого сечения.

1 – верхний пояс; 2 – нижний пояс; 3 – фанерные стенки;

4 – ребра жесткости; 5 – опорные ребра

Пояса – клеодошчатые с вертикальным расположением слоев оптимальной толщиной  $\delta = 33$  мм, полученных фрезерованием досок хвойных пород (сосна, ель) толщиной  $t_d = 40$  мм и шириной  $B_d$  100, 125, 150, 175 или 200 мм. Пояса –

симметричные высотой  $h_{\text{п}} = B_{\text{д}} - \Delta_{\text{фрез}}$ , где  $\Delta_{\text{фрез}} = 10$  мм при  $B_{\text{д}} \leq 150$  мм и  $\Delta_{\text{фрез}} = 10 \dots 15$  мм при  $B_{\text{д}} > 150$  мм. Стык слоев по длине при длине поясов свыше максимальной длины досок 6,5 м осуществляется на зубчатый шип тип 1-32 по ГОСТ 19414, при этом слои смежных слоев стыкуют вразбежку и в одном сечении допускается стыковать не более  $\frac{1}{4}$  всех слоев. Для верхнего пояса применяют древесину 2 сорта, для нижнего – 2 или 1 сорта.

Стенки изготавливают из березовой или лиственничной фанеры марки ФСФ сорта не ниже соответственно III/IV или IIIх/IVх толщиной 8, 9, 10 или 12 мм. Направление волокон наружных слоев фанеры – вдоль длины балки. Стык листов фанеры – «на ус» или на зубчатый шип.

Ширина балки с учетом опирания на нее панелей покрытия или однопролетных прогонов при стыковании встык – не менее 130 мм (минимальная площадка опирания панели – 55 мм плюс зазор между торцами панелей или прогонов – 20 мм). При применении других прогонов такого ограничения нет, однако минимальная ширина балки может быть принята из условия смятия балки в месте опирания на обвязочный брус или колонну из выражения

$$\sigma_{\text{см.90.d}} = V_{\text{д}} / A_{\text{см}} \leq k_{\text{с.90}} \cdot f_{\text{см.90.d}} \cdot k_{\text{mod}} / \gamma_{\text{п}},$$

где  $V_{\text{д}}$  – поперечная сила в опорном сечении балки;

$A_{\text{см}} = b_{\text{Б}} \cdot b_{\text{БР(К)}}$  – контактная площадка смятия балки.  $b_{\text{Б}}$  – ширина балки.  $b_{\text{БР(К)}}$  – ширина обвязочной балки или колонны;

$k_{\text{с.90}}$  – коэффициент концентрации напряжений смятия, принимаемый по табл. 6.7 3 – [1]);

$f_{\text{см.90.d}} \cdot k_{\text{mod}} / \gamma_{\text{п}}$  – расчетное сопротивление древесины смятию поперек волокон с коэффициентами условий работы и надежности по назначению (табл. 6.4 и 6.3 – [1], прилож. – [2]).

Для обеспечения устойчивости фанерных стенок в месте стыка фанерных листов размещают ребра жесткости из фрезерованных по толщине досок толщиной 33 мм для двутавровой балки и бруска толщиной, равной ширине поясов, для коробчатой балки, ширина ребер – 100 мм. Опорные ребра – спаренные шириной  $2 \times 100$  мм и толщиной, равной суммарной толщине досок поясов. В опорных панелях рекомендуемый шаг ребер не более высоты стенки между поясами, но не менее половины шага остальных ребер.

Для уменьшения внутренних напряжений вследствие изменения влажности поясов и стенок в клеевых швах, соединяющих пояса со стенками, в слоях, примыкающих к стенкам, при высоте пояса свыше 100 мм устраивают пропилы по всей длине толщиной 5 мм и глубиной 30 мм или слои изготавливают из более узких брусков с зазором 5 мм.

## Б.2.2. Основные положения расчета балок

Клеефанерные балки покрытия – однопролетные, нагруженные равномерно-распределенной нагрузкой: постоянной от конструкций кровли и временной снеговой (рис. 11).

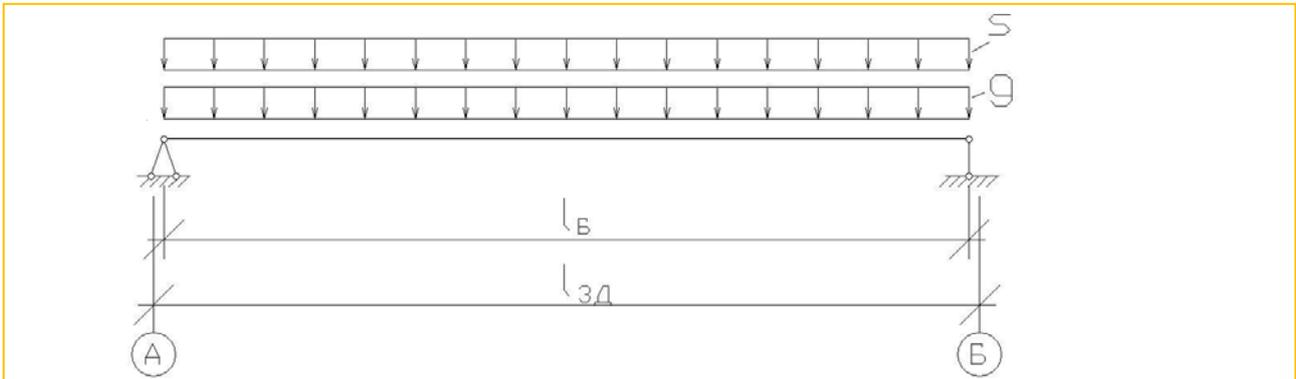


Рис. 11. Расчетная схема балки

Для определения нагрузок масса балки определяется из выражения:

- нормативная

$$g_{k.c.m.} = (g_{k.покр} + s_k) / [1000 / (k_{c.m.} \cdot l_B) - 1];$$

- расчетная

$$g_{d.c.m.} = g_{d.c.m.} \cdot \gamma_F,$$

где  $g_{k.покр}$ ,  $s_k$  – нормативные нагрузки соответственно от покрытия и снеговая;

$k_{c.m.}$  – коэффициент собственной массы. Для клефанерных балок принимают  $k_{c.m.} = 5 \dots 6$ ;

$\gamma_F$  – коэффициент надежности по нагрузке.  $\gamma_F = 1,1$ .

Расчет балок ведут в следующей последовательности.

А. Назначаются высота балки и высота сечения поясов (предварительно) и определяются предварительные размеры поперечного сечения балки из условия прочности нижнего пояса на растяжение в сечении  $x$  с максимальным нормальным напряжением (площадь поясов) и устойчивости стенок в опорной панели (толщина фанерных стенок).

Требуемая площадь сечения пояса

$$A_{п.тр} \geq N_{t,d} / (f_{t,0,d} \cdot k_{mod} / \gamma_n),$$

где  $N_{t,d} = M_{d,x} / h'_x$  – усилие растяжения в нижнем поясе от изгибающего момента  $M_{d,x}$  в сечении на расстоянии  $x$  от опоры с максимальным нормальным напряжением.  $x = [\sqrt{\gamma \cdot (1 + \gamma)} - \gamma] \cdot l_B$ .  $\gamma = h'_0 / (i \cdot l_B)$ .  $h'_0$  и  $h'_x$  – высота сечения балки между центрами поясов соответственно в опорном сечении и сечении  $x$ ;

$f_{t.0.d} \cdot k_{mod} / \gamma_n$  – расчетное сопротивление древесины нижнего пояса растяжению вдоль волокон с коэффициентами условий работы и надежности по назначению (табл. 6.4 и 6.3 – [1], прилож. – [2]).

Толщина фанерной стенки

$$\delta_{\phi} \cong h'_o / 50.$$

**Б. Проверяется принятое сечение.**

1. По нормальным напряжениям в поясах в сечении на расстоянии  $x$  от опоры:

- Устойчивость верхнего сжатого пояса

$$\sigma_{c.0.d} = M_{d,x} / (k_c \cdot W_{ef,др.х}) \leq f_{c.0.d} \cdot k_{mod} \cdot k_{\delta} / \gamma_n.$$

- Прочность нижнего растянутого пояса

$$\sigma_{t.0.d} = M_{d,x} / W_{ef,др.х} \leq f_{t.0.d} \cdot k_{mod} / \gamma_n,$$

где  $M_{d,x}$  – изгибающий момент в сечении  $x$ ;

$W_{ef,др.х}$  – момент сопротивления сечения, приведенный к древесине пояса в сечении  $x$ .  $W_{ef,др.х} = I_{ef,др.х} / (h_x / 2)$ .  $I_{ef,др.х} = I_{п.х} + I_{ст.х} \cdot E_p / E_0$  – момент инерции сечения, приведенный к древесине пояса в сечении  $x$ .  $I_{п.х}$ ,  $I_{ст.х}$  – момент инерции соответственно поясов и фанерных стенок в сечении  $x$ .  $E_p$ ,  $E_0$  – модуль упругости соответственно фанеры и древесины (табл. 6.12 – [1]);

$k_c$  – коэффициент продольного изгиба верхнего пояса из плоскости балки, определяемый как для центрально сжатого элемента при гибкости  $\lambda = l_d / i = B_{п(пр)} / (0,289 \cdot b)$  на участке длиной, равной ширине или шагу ограждающих конструкций покрытия (панели или прогона)  $B_{п(пр)}$  (п. 7.3.2 – [1]);

$f_{c.0.d} \cdot k_{mod} \cdot k_{\delta} / \gamma_n$  – расчетное сопротивление древесины верхнего пояса сжатию вдоль волокон с коэффициентами условий работы и надежности по назначению (табл. 6.4, 6.3 и 6.9 – [1], прилож. – [2]).

2. По сдвигающим напряжениям в фанерных стенках в опорном сечении:

- Напряжения скалывания по швам между поясами и стенками

$$\tau_{pv.0.d} = (V_d \cdot S_{п.о} \cdot E_0 / E_p) / (I_{ef,фан.о} \cdot n \cdot h_{п}) \leq f_{pv.0.d} \cdot k_{mod} / \gamma_n.$$

- Напряжения среза по нейтральной оси

$$\tau_{pv.90.d} = (V_d \cdot S_{ef,фан.о}) / (I_{ef,фан.о} \cdot \Sigma \delta_{\phi}) \leq f_{pv.90.d} \cdot k_{mod} / \gamma_n,$$

где  $V_d$  – расчетная поперечная сила;

$S_{п.о} \cdot E_0 / E_p$ ,  $S_{ef.фан.о}$  – приведенные к фанере статические моменты соответственно пояса и половины сечения относительно нейтральной оси.  $S_{ef.фан.о} = S_{п.о} \cdot E_0 / E_p + S_{ст.о}$ ;  $S_{п.о}$ ,  $S_{ст.о}$  – статические моменты соответственно пояса и половины фанерной стенки относительно нейтральной оси;

$I_{ef.фан.о}$  – приведенный к фанере момент инерции сечения относительно нейтральной оси.  $I_{ef.фан.о} = I_{п.о} \cdot E_0 / E_p + I_{ст.о}$ ;

$n$ ,  $h_n$  – количество вертикальных швов стенок с поясами и высота пояса;

$\Sigma \delta_\phi$  – сумма толщин фанерных стенок;

$f_{pv.0.d} \cdot k_{mod} / \gamma_n$ ,  $f_{pv.90.d} \cdot k_{mod} / \gamma_n$  – расчетные сопротивления фанеры соответственно скалыванию в плоскости листа и срезу перпендикулярно плоскости листа с коэффициентами условий работы и надежности по назначению (табл. 6.12, 6.3 и 6.9 – [1], прилож. – [2]).

3. По главным растягивающим напряжениям в фанерных стенках в месте первого от опоры стыка на расстоянии  $x_1 = l_0$

$$\sigma_{pt.\alpha.d} = \sigma_{ст} / 2 + \sqrt{(\sigma_{ст} / 2)^2 + \tau_{ст}^2} \leq f_{pt.\alpha.d} \cdot k_p \cdot k_{mod} / \gamma_n,$$

где  $\sigma_{ст}$  и  $\tau_{ст}$  – нормальные и касательные напряжения в фанерной стенке на уровне внутренней кромки поясов в сечении  $x_1$ .

$\sigma_{ст} = M_{d.x1} / W_{ef.фан.x1}$ .  $M_{d.x1}$  – изгибающий момент в сечении  $x_1$ .  $W_{ef.фан.x1} = I_{ef.фан.x1} / (h_{ст.x1} / 2)$  – приведенный к фанере момент сопротивления сечения  $x_1$ ;

$\tau_{ст} = (V_{d.x1} \cdot S_{ef.фан.x1}) / (I_{ef.фан.x1} \cdot \Sigma \delta_\phi)$ .  $V_{d.x1}$  – поперечная сила в сечении  $x_1$ .  $S_{ef.фан.x1}$  – приведенный к фанере статический момент половины сечения  $x_1$  относительно нейтральной оси;

$k_p$  – коэффициент, учитывающий снижение прочности фанеры, состыкованной на «ус» (п. 7.8.3 – [1]);

$f_{pt.\alpha.d} \cdot k_{mod} / \gamma_n$  – расчетное сопротивление фанеры под углом  $\alpha$  с коэффициентами условий работы и надежности по назначению (прилож. Б – [1], прилож. – [2]).  $\alpha$  – угол, определяемый из зависимости  $\operatorname{tg} 2\alpha = \tau_{ст} / (\sigma_{ст} / 2)$ .

4. На устойчивость фанерной стенки на действие касательных и нормальных напряжений в середине опорной панели (на расстоянии  $x_2 = l_0 / 2$  при условии  $h_{ст.x2} / \delta_\phi > 50$ )

$$\sigma_{ст} / [k_\sigma \cdot (100 \cdot \delta_\phi / h_{ст})^2] + \tau_{ст} / [k_\tau \cdot (100 \cdot \delta_\phi / h_{ст})^2] \leq 1,$$

где  $\sigma_{ст}$  и  $\tau_{ст}$  – нормальные и касательные напряжения в фанерной стенке на уровне внутренней кромки поясов в сечении  $x_2$ ;

$k_{\sigma}$  и  $k_{\tau}$  – коэффициенты для критических напряжений, определяемые по графикам (прилож. Б – [1]).

## 5. По прогибам

$$u = u_0 / k_{h1} \cdot [k_v \cdot (h / b)^2] \leq f_u,$$

где  $u_0 = 5 / 384 \cdot q_k \cdot l^4 / [E_0 \cdot I_{II} + E_p \cdot I_{CT}] \cdot k_{mod} / \gamma_n$  – прогиб балки постоянной высоты без учета деформаций сдвига;

$k_{h1}$  и  $k_v$  – коэффициенты, учитывающие влияние соответственно переменной высоты сечения и деформаций сдвига от поперечной силы (табл. 8.2 – [1]).

$f_u$  – предельный прогиб, принимаемый по табл. 19 [2] в зависимости от предъявляемых к конструкции требований и от нагрузок, от которых следует определять прогибы. Прогибы балок следует проверять из эстетико-психологических требований от действия постоянных и временных длительных нагрузок [ $f_u = (1 / 300 \dots 1 / 120) \cdot l_b$ ] и от полных нормативных нагрузок [ $f_u = (1 / 150) \cdot l_b$ ].

Порядок расчета клефанерной балки:

1. При принятой рекомендуемой высоте балки определяют минимальные предварительные размеры поперечного сечения поясов из условия прочности растянутого нижнего пояса и толщину фанерных стенок (одной или двух) из условия их устойчивости.

2. Выполняют проверку принятого сечения балки. Сечение балки можно считать подобранным, если хотя бы в одном расчете на прочность, устойчивость и по прогибам запас расчетных напряжений или прогибов не превышает 25% соответственно от прочности материала или предельного прогиба.

## **В. Колонны**

### *В1. Конструкция и материалы*

По виду материала колонны могут быть цельнобрусчатыми, составными брусчатыми (без прокладок и с прокладками) с соединением на болтах (шпильках), клеодошатыми. Поперечное сечение – прямоугольное. Материал – пиломатериалы хвойных пород, преимущественно из сосны и ели длиной до 6,5 м.

Цельнобрусчатые колонны (рис. 12, а) изготавливают из брусьев размерами 12,5...25 см с градацией 2,5 см и отношением  $h / b \leq 1/5$ . Рекомендуемые размеры – не более 20 см. Сорт брусьев – 2. Длина колонн – не более 6,5 м.

Составные брусчатые колонны изготавливают из двух и более составленных по высоте сечения брусьев тех же размеров и качества, что и цельнобрусчатые. Составные колонны могут быть без прокладок (рис. 13, а) или с короткими прокладками (рис. 13, б) той же толщины, что и ветви. Соединение колонн выполняется с помощью стальных болтов или шпилек диаметром 12... 20 мм. В одном ряду по ширине сечения может быть 1...3 болта (шпильки) с соблюдением расстановки как для цилиндрических нагелей. У колонн без прокладок ряды болтов по высоте располагаются равномерно с основным шагом  $h_1$  и от крайнего ряда до торцов  $h_T = (0,5...1) \cdot h_1$ , при этом при назначении  $h_1$  и  $h_T$  необходимо соблюдать условия расстановки как для цилиндрических нагелей. У колонн с короткими прокладками в каждой прокладке по длине располагается по два ряда болтов и крайние прокладки не доходят до торцов. Расстояния между рядами болтов как в пределах прокладок, так и между прокладками принимаются с соблюдением расстановки как для цилиндрических нагелей. В оголовке колонн для равномерного распределения продольного усилия в ветвях устраивается подушка из толстых досок толщиной  $t = 60..75$  мм. Длина колонн – не более 6,5 м. Предварительно рекомендуется принимать в одном ряду по одному болту, а по высоте колонны: у колонн без прокладок шаг рядов  $h_1 = 30... 40$  см; у колонн с короткими прокладками: шаг рядов болтов в пределах длины прокладки – минимальный, расстояние между прокладками равно примерно длине прокладки.

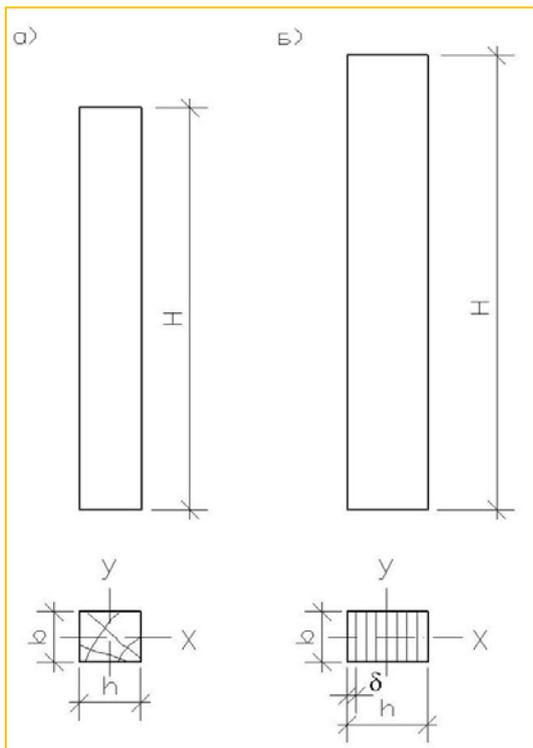


Рис. 12. Колонны:  
а – цельнобрусчатая;  
б – клеешовчатая

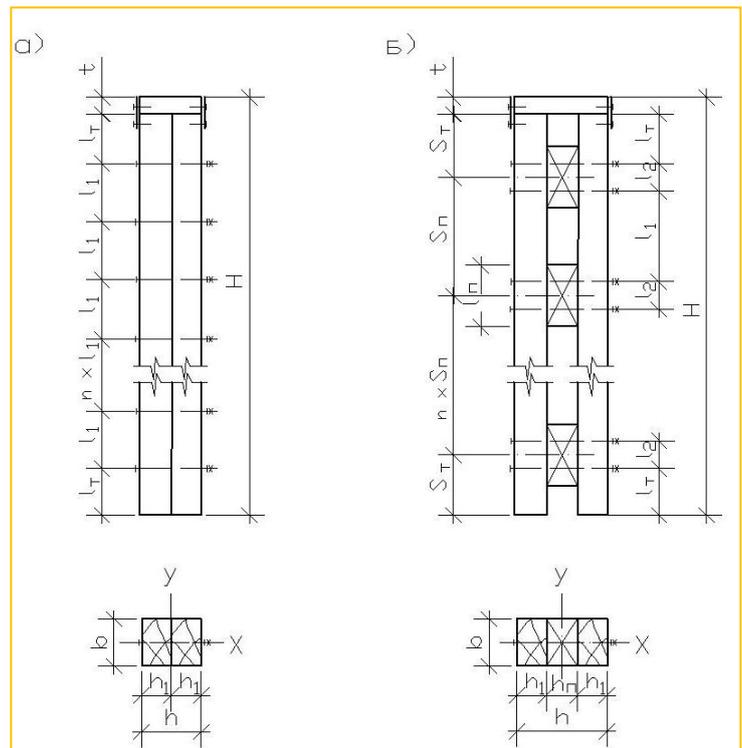


Рис. 13. Колонны составного сечения:  
а – без прокладок;  
б – с короткими прокладками

Клеедощатые колонны (рис. 12, б) склеивают из слоев, расположенных параллельно ширине сечения, оптимальной толщиной  $\delta = 33$  мм, полученных фрезерованием досок хвойных пород (сосна, ель) толщиной  $t_d = 40$  мм и шириной  $B_d$  125, 150, 175 или 200 мм. Ширина колонны  $b = B_d - \Delta_{\text{фрез}}$ , где  $\Delta_{\text{фрез}} = 10$  мм при  $B_d \leq 150$  мм и  $\Delta_{\text{фрез}} = 10 \dots 15$  мм при  $B_d > 150$  мм. Стык слоев по длине при длине колонны свыше максимальной длины досок 6,5 м осуществляется на зубчатый шип тип 1-32 по ГОСТ 19414, при этом слои смежных слоев стыкуют вразбежку и в одном сечении допускается стыковать не более  $\frac{1}{4}$  всех слоев. Колонну по всей высоте можно изготавливать из пиломатериалов 2 сорта, либо с целью экономного расходования материалов крайние слои высотой не менее 0,15 высоты сечения  $h$  2 или 1 сорта, а средние слои – на один сорт ниже, соответственно 3 или 2 сорта, при этом расчет по нормальным напряжениям ведут для древесины крайних слоев, а по скалывающим – для древесины среднего слоя.

### *В2. Статический расчет колонн поперечной рамы*

На защемленные в основании колонны в плоскости рамы (при отсутствии грузоподъемного оборудования) действуют нагрузки: вертикальная – постоянная от покрытия, собственной массы колонн, стенового ограждения (при навесных стенах) и временная снеговая, горизонтальная – временная ветровая от действия на колонны и вертикальную часть ригеля.

Расчетная схема колонн в плоскости рамы и из плоскости представлена на рис. 14.

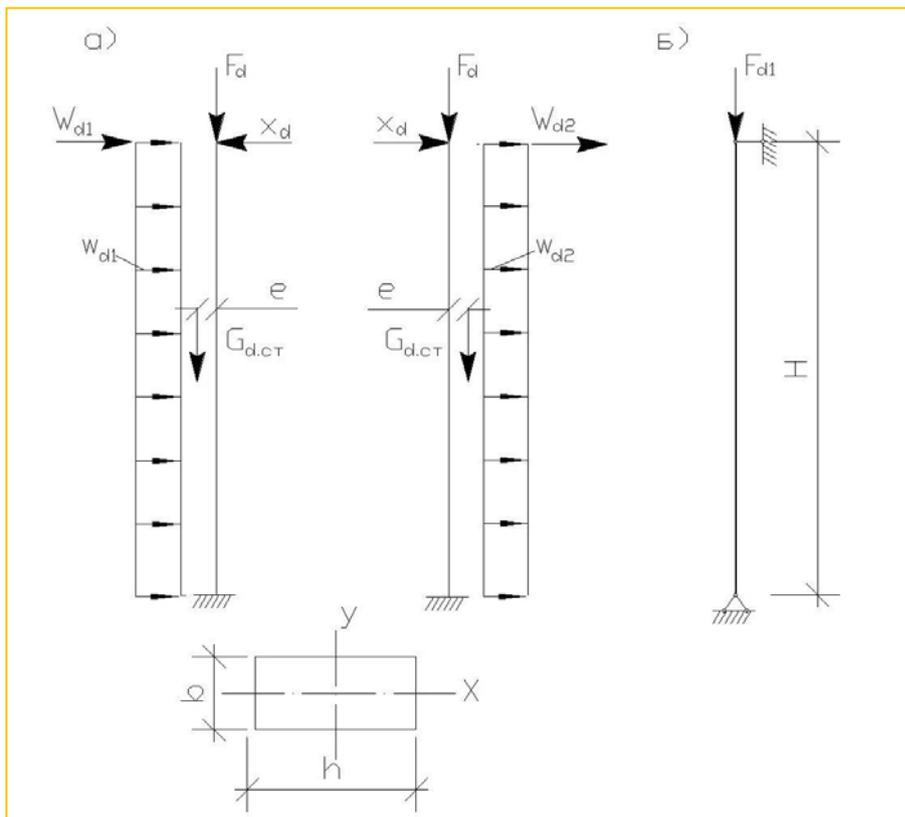


Рис. 14. Расчетная схема колонн рамы: а – в плоскости рамы; б – из плоскости рамы

Поперечная рама представляет собой статически неопределимую систему с одним неизвестным горизонтальным усилием в ригеле  $X_d$ : от ветровой нагрузки  $X_{d,вет}$  и стенового ограждения (для навесных стен)  $X_{d,ст}$

$$X_{d,вет} = 3 \cdot H \cdot (W_{d1} - W_{d2}) / 16 + (W_{d1} - W_{d2}) / 2. \quad X_{d,ст} = 9 \cdot M_{d,ст} / (8 \cdot H),$$

где  $W_{d1}$ ,  $W_{d2}$  – погонные горизонтальные ветровые нагрузки на колонну со стороны напора и отсоса.  $W_{d1} = W_0 \cdot k \cdot C_e^+ \cdot \gamma_f \cdot B_p$ .  $W_{d2} = W_0 \cdot k \cdot C_e^- \cdot \gamma_f \cdot B_p$ .  $W_0$  – нормативное значение ветрового давления (табл. 5 – [2]).  $k$  – коэффициент, учитывающий изменение ветрового давления по высоте (табл. 6 – [2]).  $C_e^+$ ,  $C_e^-$  – аэродинамические коэффициенты внешнего давления соответственно на поверхность рамы и от поверхности рамы (прилож. 4 – [2]).  $\gamma_f = 0,4$  – коэффициент надежности по ветровой нагрузке (п. 6.11 – [2]).  $B_p$  – шаг рам;

$W_{d1}$ ,  $W_{d2}$  – сосредоточенные горизонтальные ветровые нагрузки со стороны напора и отсоса, действующие на вертикальную часть ригеля, приложенные на уровне верха колонн.  $W_{d1} = W_{d1} \cdot h_0$ .  $W_{d2} = W_{d2} \cdot h_0$ .  $h_0$  – высота балки на опоре;

$M_{d,ст} = F_{d,ст} \cdot e$  – изгибающий момент от навесного стенового ограждения  $F_{d,ст}$ , приложенного с эксцентриситетом  $e$ .

Расчетная продольная сила

$$N_d = F_{d,покр} + 0,5 \cdot F_{d,ст} + 0,5 \cdot G_{d,кол} + F_{d,сн} \cdot \psi_2,$$

где  $F_{d,покр}$ ,  $F_{d,сн}$  – соответственно нагрузка от покрытия и снеговая нагрузка на  $1 \text{ м}^2$  покрытия.  $F_{d,покр} = g_{d,покр} \cdot A_{гр}$ .  $F_{d,сн} = q_{d,сн} \cdot A_{гр}$ .  $A_{гр} = B_p \cdot l_{зд} / 2$  – грузовая площадь;

$F_{d,ст}$  – нагрузка от навесного стенового ограждения;

$G_{d,кол}$  – собственная масса колонны;

$\psi_2 = 0,9$  – коэффициент сочетания, учитывающий действие двух временных нагрузок (снеговой и ветровой) (п. 1.12 – [2]).

Расчетный изгибающий момент в основании колонны (максимальный со стороны давления или отсоса ветра)

$$M_d = M_{d,вр} \cdot \psi_2 \pm M_{d,пост},$$

где  $M_{d,вр}$ ,  $M_{d,пост}$  – изгибающие моменты соответственно от временной (ветровой) и постоянной нагрузок.

Расчетная схема из плоскости рамы (рис.14, б) – центрально-сжатый шарнирно-закрепленный по концам элемент с расчетной продольной силой

$$N_{d1} = F_{d.покp} + 0,5 \cdot F_{d.ст} + 0,5 \cdot G_{d.кол} + F_{d.сн} .$$

### В3. Основные положения расчета колонн

А. Минимальное поперечное сечение колонн подбирается из условия предельной гибкости:

– в плоскости рамы.

Для цельнобрусчатых и клеедощатых колонн

$$\lambda_y = l_{d,y} / i_y \leq \lambda_{max} .$$

Для составных брусчатых колонн приведенная гибкость (с учетом податливости связей)

$$\lambda_{ef} = \sqrt{(k_\lambda \cdot \lambda_y)^2 + \lambda_1^2} \leq \lambda_{max} \text{ и } \lambda_b ,$$

где  $\lambda_y$  – гибкость всего элемента относительно оси  $y$  без учета податливости при расчетной длине  $l_{d,y} = \mu_{0y} \cdot H$  ( $\mu_{0y} = 2,2$  – коэффициент приведения расчетной длины – п. 7.7.1 – [1]);

$i_y = \sqrt{I_{sup,y} / \Sigma A_{sup,ветв}}$  – радиус инерции сечения колонны относительно оси  $y$ .  
 $I_{sup,y}$  – момент инерции ветвей колонны относительно оси  $y$ .  $\Sigma A_{sup,ветв}$  – суммарная площадь поперечного сечения ветвей;

$\lambda_1$  – гибкость отдельной ветви относительно собственной оси, параллельной  $y$  при расчетной длине  $l_1$  ( $l_1$  – шаг болтов по длине колонны).  $\lambda_1 = l_1 / i_{ветв}$ ;

$k_\lambda = \sqrt{1 + k_k \cdot b \cdot h \cdot 10^4 \cdot n_1 / (l_{d,y}^2 \cdot n_2)}$  – коэффициент приведения гибкости.  
 $k_k$  – коэффициент податливости соединений (табл. 7.2 – [1]).  $n_1$  – суммарное количество швов сдвига в колонне.  $n_2$  – расчетное среднее количество срезов связей в одном шве па 1 м колонны;

$\lambda_{max}$  – предельная гибкость (табл. 7.7 – [1]);

$\lambda_b$  – гибкость отдельных ветвей при расчетной длине  $l_{d,y}$ .  $\lambda_b = l_{d,y} / i_{ветв}$ .

– из плоскости рамы (для всех колонн как цельных элементов). Гибкость

$$\lambda_x = l_{d,x} / i_x \leq \lambda_{max} ,$$

где  $\lambda_x$  – гибкость всего элемента относительно оси  $x$  (как цельного элемента без учета податливости) при расчетной длине  $l_{d,x} = \mu_{0x} \cdot H$  ( $\mu_{0x} = 1,0$  – коэффициент приведения расчетной длины – п. 7.7.1 – [1]);

$i_x = \sqrt{I_{sup,x} / \Sigma A_{sup,ветв}}$  – радиус инерции сечения колонны относительно оси  $x$ .

Б. Проверяется принятое сечение колонны.

- Расчет на прочность в плоскости рамы

$$\sigma_{c.0.d} = N_d / A_{inf} + M_d / (k_{m.c} \cdot k_e \cdot W_d) \leq f_{c.0.d} \cdot k_{mod} \cdot k_{\delta} \cdot k_h / \gamma_n,$$

где  $A_{inf}$  – площадь поперечного сечения нетто;

$W_d$  – расчетный момент сопротивления поперечного сечения. Для составных брусчатых колонн  $W_d = W_{inf} \cdot k_w$ , где  $W_{inf} = I_{inf} / (h / 2)$  – момент сопротивления сечения нетто.  $k_w$  – коэффициент, учитывающий податливость связей (табл. 7.3 – [1]). Для остальных колонн  $W_d = W_{inf}$ ;

$k_{m.c}$  – коэффициент, учитывающий дополнительный момент от продольной силы вследствие прогиба элемента.  $k_{m.c} = 1 - N_d / (k_{c.y} \cdot A_{sup} \cdot f_{c.0.d} \cdot k_{mod} / \gamma_n)$ . Коэффициент продольного изгиба при любом значении гибкости определяется из выражения  $k_{c.y} = 3000 / \lambda_y^2$  (для составных колонн вместо  $\lambda_y$  следует принимать  $\lambda_{ef}$ );

$k_e = a_n + k_{m.c} (1 - a_n)$  – поправочный коэффициент, учитывающий очертание эпюры изгибающих моментов (для случаев эпюр, отличных от синусоидального, параболического, полигонального и близкого к ним очертания).  $a_n$  – коэффициент (табл. 7.6 – [1]);

$f_{c.0.d} \cdot k_{mod} \cdot k_{\delta} \cdot k_h / \gamma_n$  – расчетное сопротивление древесины сжатию вдоль волокон с коэффициентами условий работы и надежности по назначению (табл. 6.4, 6.3, 6.8 и 6.9 – [1], прилож. – [2]). Для составных колонн  $f_{c.0.d}$  принимают с учетом размеров поперечного сечения одной ветви  $b \times h_1$ . Коэффициенты  $k_{\delta}$  и  $k_h$  принимают при расчете клеодошчатых колонн.

- Расчет на устойчивость из плоскости рамы

$$\sigma_{c.0.d} = N_{d1} / (k_{c.x} \cdot A_d) \leq f_{c.0.d} \cdot k_{mod} \cdot k_{\delta} \cdot k_h / \gamma_n,$$

где  $k_{c.x}$  – коэффициент продольного изгиба из плоскости рамы.  $k_{c.x} = 3000 / \lambda_x^2$  при  $\lambda_x \geq \lambda_{rel} = 70$ ,  $k_{c.x} = 1 - 0,8 \cdot (\lambda_x / 100)^2$  при  $\lambda_x < \lambda_{rel} = 70$ .

- Расчет на устойчивость плоской формы деформирования

$$N_d / (k_{c1.x} \cdot A_{sup} \cdot f_{c.0.d} \cdot k_{mod} \cdot k_{\delta} \cdot k_h / \gamma_n) + [M_d / (k_{m.c} \cdot k_{inst} \cdot W_{sup} \cdot f_{m.d} \cdot k_{mod} \cdot k_{\delta} \cdot k_h / \gamma_n)]^n \leq 1,$$

где  $k_{c1.x}$  – коэффициент продольного изгиба из плоскости деформирования для участка элемента длиной  $l_m$  между закреплениями сжатой кромки от потери устойчивости, определяемый при любом значении гибкости из выражения  $k_{c1.x} = 3000 / \lambda_x^2$ ;

$k_{inst}$  – коэффициент устойчивости изгибаемого элемента.  $k_{inst} = 140 \cdot b^2 \cdot k_f / (l_m \cdot h)$ .  $k_f$  – коэффициент, зависящий от формы эпюры изгибающих моментов на участке  $l_m$  (табл. 7.4 – [1]);

$n$  – показатель степени, учитывающий отсутствие ( $n=2$ ) или наличие ( $n=1$ ) закреплений из плоскости деформирования со стороны растянутой кромки на участке  $l_m$ .

При наличии в элементе на участке  $l_m$  закреплений из плоскости деформирования со стороны растянутой кромки коэффициент  $k_{c1.x}$  следует умножать на коэффициент  $k_{r.c}$ , а  $k_{inst}$  – на коэффициент  $k_{r.m}$  (формулы 7.25 и 7.26 – [1]).

• Для составных колонн следует проверять устойчивость наиболее напряженной ветви, если расчетная длина ее  $l_1$  превышает 7 толщин ветви  $h_1$

$$N_d / A_{sup} + M_d / (k_{m.c} \cdot W_{sup}) \leq k_{c1} \cdot f_{c.0.d} \cdot k_{mod} / \gamma_n,$$

где  $k_{c1}$  – коэффициент продольного изгиба для отдельной ветви, определенный по расчетной длине  $l_1$ .

• В составных колоннах проверяют количество срезов связей (болтов) в шве, которое на участке с однозначной эпюрой поперечных сил должно удовлетворять условию

$$n_c \geq 1,5 \cdot (M_{d.max} - M_{d.min}) \cdot S_{sup} / (k_{m.c} \cdot I_{sup} \cdot R_{1d}) \leq n_{c.пр},$$

где  $M_{d.max}$ ,  $M_{d.min}$  – изгибающие моменты соответственно максимальный и минимальный на участке длиной  $H_1$  с однозначной эпюрой поперечных сил;

$S_{sup}$  – статический момент сдвигаемой части поперечного сечения швом, ближайшим к нейтральной оси, относительно нейтральной оси;

$R_{1d}$  – минимальная несущая способность одного условного среза связи, определяемая из условия смятия древесины в нагельном гнезде и изгиба болта (формулы 9.11 и 9.12 – [1]).

$$R_{1d} = \min \begin{cases} f_{h.2.d} \cdot h_1 \cdot d \cdot k_\alpha \\ f_{h.d} \cdot d^2 \cdot (1 + \beta_n^2) \cdot \sqrt{k_\alpha}; \end{cases}$$

$n_{c.пр}$  – принятое количество болтов на участке длиной  $H_1$ .  $n_{c.пр} = n_2 \cdot H_1$ .

#### В4. Опорный узел защемленной колонны

Одним из конструктивных решений узла упругого защемления колонны в фундамент является вариант со стальными анкерными столиками и анкерными болтами (рис. 15).

##### В4.1. Конструкция и материалы

Узел решен в виде двух пар стальных траверс (3), прикрепленных к боковым пластям колонны (1) максимально близко к ее кромкам с помощью стальных болтов (4). Траверса состоит из вертикальной накладке, к которой приварен горизонтальный анкерный столик, подкрепленный ребрами жесткости. К анкерным столикам траверс присоединены анкерные болты. С учетом податливости данного решения узла нижние концы траверс следует размещать на расстоянии примерно 50 мм от торца колонны в месте опирания на фундамент.

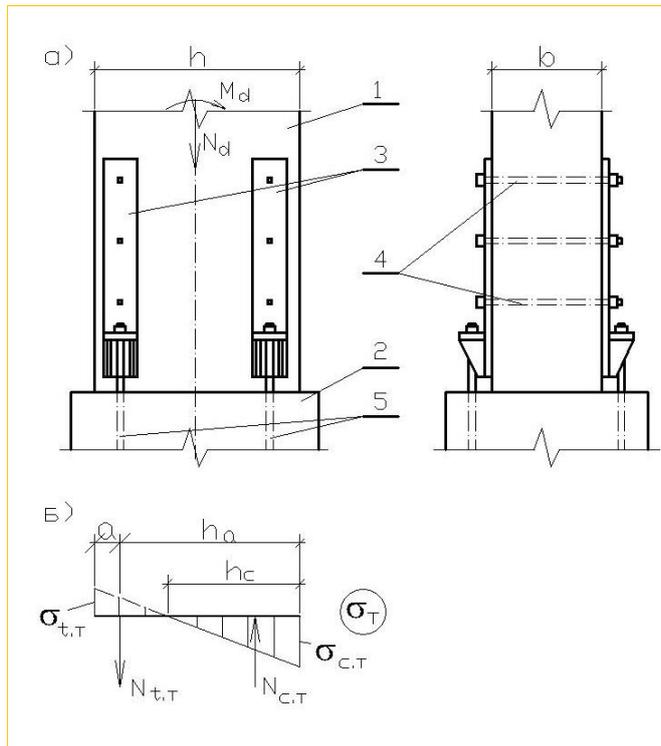


Рис. 15. Узел защемления колонны в фундамент со стальными столиками и анкерными болтами:

а – общий вид: 1 – колонна;  
 2 – фундамент; 3 – стальные траверсы с анкерными столиками;  
 4 – стяжные болты; 5 – анкерные болты;  
 б – эпюра нормальных напряжений в торце колонны

Материал траверс – сталь 235 или сталь 245, анкерных болтов – сталь марки ВСтЗкп2. При количестве болтов, с помощью которых присоединяется каждая пара траверс, не более 8, болты целесообразно размещать в один ряд по ширине накладки, в этом случае усилия в торце колонны будут наименьшими. При большем количестве (более 8) болты следует размещать в два ряда. Диаметр болтов – 12...20 мм, количество определяется по расчету. При размещении болтов необходимо соблюдать условия их расстановки как в деревянных элементах (как для цилиндрических нагелей), так и в стальных элементах. Ширина вертикальных пластин траверс принимается из условия размещения болтов, толщина определяется по расчету (не менее 4 мм). Диаметр анкерных болтов определяется расчетом (не менее 16 мм).

При наличии в торце колонны только сжимающего усилия  $N_{с,Т}$  размеры и количество основных элементов назначается из конструктивных соображений: болты присоединения траверс – диаметр  $d = 12$  мм, количество – 2; вертикальные пластины траверс – ширина – из условия размещения болтов, толщина – 4...6 мм; анкерные болты – диаметр  $d = 16$  мм.

#### В4.2. Основные положения расчета основных элементов узла

Расчет опорного узла ведут в следующей последовательности.

1. Вначале определяется анкерное усилие  $N_a$  в торце колонны.

Максимальное усилие  $N_a$  в анкерных болтах, болтах присоединения траверс и элементах траверс получают при расчете от сочетания нагрузок: вертикальной постоянной (без учета снеговой нагрузки) и ветровой. Усилие  $N_a$  опре-

деляют из условия равенства продольных сил  $\Sigma N=0$  и изгибающих моментов  $\Sigma M=0$  в торце колонны

$$\begin{cases} N_G + N_{t.T} - N_{c.T} = 0 \\ M_d / k_{m.c} - N_{t.T} \cdot h_a + N_{c.T} \cdot h_c / 3 = 0. \end{cases}$$

Откуда

$$N_a = N_{t.T} = [M_d / k_{m.c} + N_G \cdot h_c / 3] / (h_a - h_c / 3),$$

где,  $M_d$  – соответственно продольная сила от постоянной нагрузки и изгибающий момент в основании колонны.  $N_G = N_d = F_{d.покp} + F_{d.ст} + F_{d.кол}$ .  $M_d = M_{d.вр} \pm M_{d.пост}$  (см. раздел В2. Статический расчет колонн);

$k_{m.c}$  – коэффициент, определяемый при продольной силе  $N_G$  (см. раздел В3. Основные положения расчета колонн);

$h_c$  – высота сжатой части сечения торца.  $h_c$  находят из условия подобия треугольных эпюр сжатой и растянутой частей торца.  $h_c = h \cdot \sigma_c / (\sigma_c + |\sigma_t|)$ .  $\sigma_c = N_G / A_T + M_d / (k_{m.c} \cdot W_T)$ .  $\sigma_t = N_G / A_T - M_d / (k_{m.c} \cdot W_T)$ ;

$h_a$  – высота сечения торца от оси анкера до противоположной кромки колонны.  $h_a = h - a$ .  $a \geq 3 \cdot d$  – при расстановке болтов крепления траверс в один ряд по ширине вертикальной пластины (это предпочтительный вариант при количестве болтов не более 8).  $a \geq (3 + 1,75) \cdot d$  – при расстановке болтов в два ряда по ширине вертикальной пластины (вариант при количестве болтов более 8).

2. Затем рассчитываются основные элементы узла.

• Количество болтов, прикрепляющих пару вертикальных пластин траверсы к колонне

$$n_b \geq N_a / (R_{1d} \cdot n_s),$$

где  $R_{1d}$  – минимальное значение несущей способности одного условного среза болта, определяемой из условия смятия древесины колонны и изгиба болта (формулы 9.10 и 9.14 – [1]);

$$R_{1d} = \min \begin{cases} f_{h.1.d} \cdot b \cdot d \cdot k_\alpha \\ f_{n.d} \cdot d^2 \cdot (1 + \beta_{n.max}^2) \cdot \sqrt{k_\alpha} \end{cases}$$

$n_s$  – количество швов в соединении для одного болта.  $n_s = 2$ .

• Поперечное сечение вертикальных пластин траверсы

$$A_n = b_{пл} \cdot (t_{пл} - \Sigma d_0) \geq N_a / (2 \cdot R_y \cdot \gamma_c \cdot m),$$

где  $b_{пл}$ ,  $t_{пл}$  – соответственно ширина и толщина пластины.

$b_{пл} \geq 2 \cdot 1,5 \cdot d_0$  – при расстановке болтов в один ряд по ширине пластины.

$b_{пл} \geq 2 \cdot 1,5 \cdot d_0 + 3,5 \cdot d_0$  – при расстановке болтов в два ряда по ширине пластины.  $d_0 = d + 2 \dots 3$  мм – диаметр отверстия под болт;

$R_y$  – расчетное сопротивление стали;

$\gamma_c$  – коэффициент условий работы.  $\gamma_c = 1$ ;

$m$  – коэффициент, учитывающий неравномерность натяжения в параллельно работающих элементах.  $m = 0,85$ .

- Диаметр анкерных болтов

$$A_{bn} \geq N_a / (2 \cdot R_{bt} \cdot m),$$

где  $R_{bt}$  – расчетное сопротивление растяжению анкерных болтов, принимаемое по СНиП 2-23-81\* (табл. 60\*).

По площади сечения нетто  $A_{bn}$  принимается диаметр болтов.

### 2.3. Рекомендации по выполнению графической части

Объем графической части приведен в задании на выполнение курсовой работы. Чертежи выполняются на листах формата А2. При выполнении чертежей следует руководствоваться пособием «Методические указания к графической части курсового проекта по курсу «Конструкции из дерева и пластмасс» для студентов специальности «Промышленное и гражданское строительство» (В.А. Иванов), приведенное в приложении (пособие П5).

## ЛИТЕРАТУРА

1. Арленинов, Д.К. Проектирование деревянных конструкций. Примеры расчета и конструирования / Учебное пособие / Д.К. Арленинов, Ю.Н. Буслаев, В.П. Игнатьев; под ред. Д.К. Арленинова. – Москва: Издательство АСВ, 2006. – 246 с.
2. Индустриальные деревянные конструкции. Под. ред. Слицкоухова Ю.В. . Москва:1991.
3. Конструкции из дерева и пластмасс / Учебн. пособие для вузов / Г.Н. Зубарев [и др.]; под ред. Ю.Н. Хромец. – 3-е изд. – Москва: Academia, 2004. –303 с.
4. Пособие по проектированию деревянных конструкций (к СНиП II-25-80) / ЦНИИСК им. Кучеренко. – Москва: Стройиздат, 1986. – 216 с.
5. Руководство по проектированию клееных деревянных конструкций / ЦНИИСК им. Кучеренко. – Москва: Стройиздат, 1977. – 192 с.
6. ТКП 45-5.05-146-2009. Деревянные конструкции. Строительные нормы проектирования / Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь. – Минск: РУП «Минсктиппроект», 2009. – 63 с.
7. СНиП 2.01.07-85. Нагрузки и воздействия / Госстрой СССР. – Москва: ЦИТП Госстроя СССР, 1986. – 36 с.
8. СНиП 2.01.07-85. Нагрузки и воздействия. Дополнения. Разд. 10. Прогибы и перемещения. – Москва: ЦИТП Госстроя СССР, 1988. – 11 с.
9. Изменение №1 к СНиП 2.01.07-85. Нагрузки и воздействия. / Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь. – Минск, 2004. – 7 с.
10. Методические указания к графической части курсового проекта по курсу “Конструкции из дерева и пластмасс” для студентов специальности «Промышленное и гражданское строительство». В.А. Иванов. Минск: 1986. - <http://rep.bntu.by/handle/data/6530>

## ПРИЛОЖЕНИЕ

Таблица П1

## Пиломатериалы хвойных пород (СТБ 1713)

Толщина, мм	Ширина, мм								
	75	100	125	150	175	200	225	250	275
16	75	100	125	150	-	-	-	-	-
19	75	100	125	150	175	-	-	-	-
22	75	100	125	150	175	200	-	-	-
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	-

Примечания: 1. Длина пиломатериалов – 1...6,5 м с градацией 0,25 м.

2. Размеры сечения свыше 200 мм – дефицитны.

3. Плотность древесины сосны и ели в конструкциях для классов эксплуатации 1 и 2 – 500 кг/м<sup>3</sup>, для класса эксплуатации 3 – 600 кг/м<sup>3</sup>.

Таблица П2

## Сортамент и плотность фанеры

Вид фанеры	Размеры, мм			Плотность, кг/м <sup>3</sup>	ГОСТ
	длина	ширина	толщина		
Марки ФСФ	<u>1525</u>	<u>1525</u>	6, 7, 8, 9, 10, 12	березовая – 700; лиственничная – 650	3916.1
	<u>1220</u>	<u>1220</u>	15, 18, 19		3916.2
	1500	1500	7		
Бакелизованная марки ФБС	4400	1500	10	1000	11539
	4900	1250	12		
	5000	1200	14		
	5600	1500	16		
		1200			

Примечание: Подчеркнутые размеры фанеры марки ФСФ – наиболее употребляемые.

## Рекомендуемый сортамент болтов (ГОСТ 15589)

Диаметр, мм		Площадь сечения, см <sup>2</sup>		Размеры квадратных шайб стяжных болтов, мм	
по стержню	по нарезке	по стержню	по нарезке	ширина	толщина
6	4,7	0,28	0,17	-	-
8	6,3	0,51	0,31	-	-
10	8,1	0,79	0,51	-	-
12	9,7	1,13	0,74	45	4
14	11,4	1,54	1,02	50	4
16	13,4	2,01	1,41	55	4
18	15,6	2,54	1,92	60	5
20	16,7	3,14	2,18	70	5
22	19,6	3,80	3,03	80	6
24	20,1	4,52	3,16	90	7

Таблица П4

## Рекомендуемый сортамент гвоздей (ГОСТ 4028)

Диаметр, мм	3	3,5	4	4,5	5	5,5	6
Длина, мм	70 80	90	100 120	125	120 150	175	150 200

**СОДЕРЖАНИЕ**

Введение .....	3
4. Учебная программа по дисциплине .....	4
5. Контрольные вопросы по теоретическому курсу дисциплины .....	21
6. Содержание курсовой работы .....	25
6.1. Объем работы и образец задания на курсовую работу .....	25
6.2. Методические указания по конструированию и расчету элементов конструкций каркасного здания .....	28
А. Ограждающие конструкции покрытия .....	28
А1. Дощатые ограждающие конструкции покрытия .....	28
А2. Прогоны .....	31
А3. Панель покрытия .....	36
Б. Несущие конструкции покрытия .....	42
Б1. Двускатная клеедощатая балка переменной высоты сечения .	42
Б2. Двускатная клефанерная балка переменной высоты сечения с плоскими стенками .....	45
В. Колонны .....	51
3.3. Методические указания по выполнению графической части .....	60
Литература .....	61
Приложение .....	62