

**РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ОТКРЫТЫЙ  
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ПУТЕЙ СООБЩЕНИЯ**

---

**24/11/4**

**Одобрено кафедрой  
«Здания и сооружения на транспорте»**

# **КОНСТРУКЦИИ ИЗ ДЕРЕВА И ПЛАСТМАСС**

**Задание на курсовой проект  
с методическими указаниями  
для студентов V курса**

**специальности  
270102 ПРОМЫШЛЕННОЕ И ГРАЖДАНСКОЕ  
СТРОИТЕЛЬСТВО (ПГС)**



**Москва – 2005**

Составители: канд. техн. наук, проф. Н.А. Кулакова  
д-р техн. наук, доц. Н.Н. Трекин

Рецензент — канд. техн. наук, проф. И.А. Сазыкин

## ВВЕДЕНИЕ

Курс «Конструкции из дерева и пластмасс» относится к циклу специальных дисциплин. Он изучается, в соответствии с рабочей программой, на лекциях, в процессе самостоятельной работы с нормативной литературой, учебниками, на практических и лабораторных занятиях, а также при выполнении курсового проекта.

Курсовой проект по деревянным конструкциям охватывает все важнейшие разделы дисциплины «Конструкции из дерева и пластмасс». Цель его состоит в том, чтобы помочь студенту усвоить основные положения дисциплины и дать навыки проектирования конструкций из дерева и синтетических материалов с высокими технико-экономическими показателями.

Приступая к выполнению курсового проекта, студент должен детально изучить теоретический материал дисциплины в соответствии с программой, внимательно ознакомиться с заданием и правильно выбрать данные для проектирования по номеру своего шифра. Проект, выполненный не по заданию, не зачитывается. Методические указания дают правильное направление самостоятельной работе студента и помогают ему избежать ошибок в ходе проектирования.

При защите курсового проекта студент должен показать, что освоил основные идеи и принципы проектирования, четко представляет значение конструкции и ее элементов, знает предъявляемые к ней расчетные и конструктивные требования.

## ЗАДАНИЕ НА КУРСОВОЙ ПРОЕКТ

Разработать проект одноэтажного каркасного производственного цеха, все несущие и ограждающие элементы которого выполнены из древесины хвойных пород или из синтетических материалов (пластмасс).

Исходные данные выбирают из табл. 1. по трем последним цифрам учебного шифра студента.

Таблица 1

### Исходные данные

Наименование данных	Номер варианта									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	По последней цифре учебного шифра									
1. Номер схемы здания (рис. 1)	2	3	3	2	1	3	2	3	2	1
2. Расчетный пролет $l_1$ , м	16	24	16	18	20	22	24	18	21	15
3. Высота от уровня пола до низа несущей конструкции покрытия $H_1$ , м	12	10	8	8	10	10	12	12	10	10
	По предпоследней цифре учебного шифра									
4. Район строительства по весу снегового покрова	V	I	II	III	IV	V	I	II	III	IV
5. То же, по ветровой нагрузке	I	I	III	IV	V	I	II	III	IV	V
	По третьей с конца цифре шифра									
6. Расстояние (шаг) между несущими конструкциями (рамами) $B$ , м	5,0	6,0	4,8	4,8	6,0	6,2	5,0	4,6	6,0	5,4

Здание цеха — однопролетное. Основной несущий элемент — поперечные трехшарнирная или двухшарнирная рамы, схемы которых показаны на рис. 1. Схема 1 — гнутоклееная трехшарнирная рама; схема 2 — дощатоклееная рама из прямоугольных элементов; схема 3 — рама со сплошными дощатоклееными стойками. На схемах указаны места расположения электрических талей грузоподъемностью 1–5 т.

Дополнительные исходные данные.

1. Порода древесины — сосна и ель.
2. Все здания — утепленные.

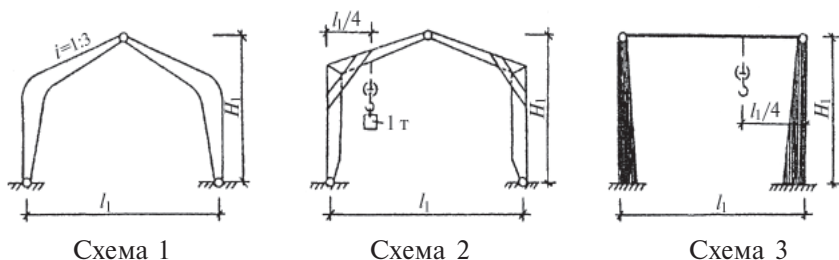


Рис. 1. Схемы поперечных рам одноэтажного каркасного здания

3. В качестве ограждающих элементов покрытий и стен рекомендуется применять трехслойные панели из легкого утеплителя (пенопласта, сотопласта и др.), оклеенного листами асбестоцемента, стеклопластика, алюминия и пр., а также клефанерные панели. Можно принять также различные настилы и сборные ограждения в виде дощатых или фанерных щитов и панелей.

4. В качестве несущих конструкций покрытий для схем 1–3 (см. рис. 1) следует применять промышленные конструкции: клееные и клефанерные балки и фермы, металлодеревянные и другие типы ферм (по рекомендуемым в литературе схемам).

5. Длину здания следует принять равной  $10B$  ( $B$  — шаг несущих конструкций).

6. Фундаменты, отдельно стоящие, под стойки рамы, следует проектировать из бетона класса В15. Расчетное сопротивление грунта — 0,2 МПа.

7. Тип местности для определения ветровых нагрузок — В.

8. Температурно-влажностные условия эксплуатации конструкций принять самостоятельно согласно [7, табл. 1].

### Состав проекта и указания по его оформлению

В курсовом проекте для схем 1–3 студенту предлагается:

1) самостоятельно разработать конструктивную схему здания с компоновкой и увязкой размеров конструктивных элементов в плане и на разрезе здания;

2) запроектировать схему связей, обеспечивающих устойчивость здания в процессе монтажа и эксплуатации;

3) рассчитать и запроектировать основные конструкции здания:

- покрытие из системы настилов по прогонам или сборных элементов в виде панелей на основании принятых по технико-экономическому сравнению вариантов;
- несущую конструкцию покрытия — ригеля в виде фермы или балки;
- стойку здания и ее крепление к фундаменту.

Изложить соображения по изготовлению и монтажу конструкций.

Курсовой проект по деревянным конструкциям должен быть представлен в виде листа чертежей основного формата А 1 (или 2 листа формата А 2) и расчетно-пояснительной записки на 30–50 страниц обычного формата.

Проект выполняется в соответствии с требованиями единой системы конструкторской документации (ЕСКД) и системы проектной документации в строительстве (СПДС).

Основным нормативным документом для проектирования деревянных конструкций является СНиП II-25-80 «Нормы проектирования. Деревянные конструкции» [6].

### **Пояснительная записка**

Пояснительная записка состоит из двух основных разделов:

1. Исходные данные.
2. Расчетная часть.

По каждому разделу расчетной части пояснительная записка должна содержать следующие материалы:

- 1) эскиз конструкции и эскизы отдельных элементов;
- 2) расчетную схему элемента;
- 3) таблицу нагрузок;
- 4) статический расчет (определение усилий);
- 5) расчетные схемы сечений;
- 6) конструктивный расчет — подбор сечений элементов — и проверку их с помощью формул СНиПа.

В исходных данных кроме заданных величин необходимо представить расчетные характеристики материалов, принятых

при проектировании для различных элементов, и нагрузки — снеговые, крановые, коэффициенты надежности по нагрузке для соответствующих видов нагрузок и т.д.

Порядок выполнения расчетной части проекта деревянно-каркасного здания для схем 1–3:

1. Краткое описание конструкции каркаса здания и определение основных размеров элементов рамы.

2. Технико-экономическое сравнение вариантов несущих конструкций покрытия.

3. Обоснование и выбор несущих конструкций покрытия.

4. Разработка схемы пространственного крепления каркаса.

5. Статический расчет и конструирование покрытия.

6. Определение нагрузок, действующих на ригель рамы.

7. Статический расчет несущих конструкций покрытия (схема 3) методами строительной механики; для элементов сквозных решетчатых конструкций усилия от внешних нагрузок определяются аналитически или графически (построение диаграммы Максвелла — Кремоны), по выбору, с составлением таблицы усилий.

8. Конструктивный расчет (подбор сечения и конструирование) несущих конструкций покрытия:

а) подбор сечений;

б) расчет и конструирование узлов.

9. Сбор нагрузок, действующих на поперечную раму деревянного каркаса.

10. Статический расчет рамы:

а) определение основных размеров элементов рамы;

б) определение усилий в стойках рамы (для схем 1 и 3 во всех элементах) от вертикальных и горизонтальных нагрузок.

11. Конструктивный расчет — подбор сечений стоек рамы и проверка их с помощью контрольных формул.

12. Расчет крепления стоек к фундаментам.

13. Рекомендации по изготовлению и монтажу элементов каркаса.

14. Спецификация материалов на конструкции покрытия и стойки рамы.

Основные элементы расчета — расчетные нагрузки, расчетные сопротивления материалов, узловые нагрузки, расчетные усилия в элементах и их конструктивный расчет — должны быть четко выделены в пояснительной записке.

Пояснительную записку следует писать последовательно и четко, со ссылками на литературные источники. Ссылка на литературный источник в тексте записки дается в виде порядкового номера, принятого по списку использованной литературы и заключенного в квадратные скобки. Таблицы, рисунки и формулы необходимо нумеровать.

Все вычисления следует производить по Международной системе единиц СИ: сила, нагрузка, вес должны быть выражены в ньютонах (Н) и килоньютонах (кН), т.е.  $1 \text{ кгс} \approx 10 \text{ Н}$  и  $1 \text{ тс} \approx 10 \text{ кН}$ ; моменты сил — в ньютон — метрах (Н·м), т.е.  $1 \text{ тс} \cdot \text{м} \approx 10 \text{ кН} \cdot \text{м}$ ; напряжение материалов, модуль упругости, модуль сдвига — в мегапаскалях (МПа), т.е.  $1 \text{ кгс}/\text{см}^2 \approx 0,1 \text{ МПа}$ .

### **Графическая часть проекта**

Графическая часть проекта является основным документов проекта, в котором наиболее подробно и тщательно отражается результат всей проделанной работы.

Чертеж должен давать полное и ясное представление о разработанных конструкциях. Все детали должны быть аккуратно вычерчены карандашом и иметь все необходимые размеры и надписи. Чертежи выполняются в соответствии с требованиями Единой системы конструкторской документации (ЕСКД) по ГОСТам на строительное черчение.

На листах проекта рекомендуют:

1. Поперечный разрез рамы в М1:200 с указанием заданных размеров кровли, отметок и габаритов. На этом же разрезе должны быть показаны: стеновое ограждение, оконные проемы и другие конструктивные детали, примыкающие к раме.

2. План половины здания (до оси симметрии) с показом расположения конструкций покрытия в М1:200.

3. Детали узлов поперечной рамы и стойки в М1:10 или 1:20 (узел опирания несущих конструкций покрытия на стойку,



крепление стойки к фундаменту и т.д.). Детали узлов выполняются в фасаде и плане и должны иметь достаточное количество поперечных сечений.

4. Схему связей, обеспечивающих продольную и поперечную жесткость каркаса здания.

5. План покрытия, продольный и поперечный разрезы, узлы и детали, способы крепления к ригелю каркаса здания.

6. Несущие конструкции покрытия (фермы, балки) — фасады, планы и детали их узлов в М1:20.

7. Техничко-экономические показатели по расходу материалов на отдельные элементы и раму в целом, примечания о материалах, ГОСТах и т.д.

При детализовке узлов шаг нагелей и расстояния между их рядами, глубины вырубок и стески, длины скальваемых площадок и размеры конструктивных деталей (накладок, вкладышей и пр.) определяются с точностью до 10 мм.

Длины элементов фермы, размеры клееных и металлических элементов определяются с точностью до 1 мм.

При составлении чертежа особое внимание должно быть уделено взаимной увязке всех деталей конструкции.

На чертежах должны быть указаны: сорта древесины для элементов несущих конструкций, порода древесины, максимально допустимая влажность лесоматериала, марка стали. В примечании необходимо кратко изложить мероприятия по защите древесины от гниения и возгорания.

## **УКАЗАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ КУРСОВОГО ПРОЕКТА**

### **1. ОСНОВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К РАСЧЕТУ КОНСТРУКЦИЙ**

Расчет элементов деревянных конструкций должен производиться по методу предельных состояний, который является обязательным для практического применения при проектировании строительных конструкций. Каждый студент обязан им овладеть, изучив основные положения метода расчета.

Предельным состоянием называют такое, при котором рассчитываемая конструкция перестает удовлетворять заданным эксплуатационным требованиям (или требованиям, предъявляемым к ним при возведении).

СНиП различают две группы предельных состояний:

*первая* — по несущей способности;

*вторая* — по пригодности к нормальной эксплуатации.

Цель расчета по предельным состояниям — предотвратить их возникновение при возведении сооружения и его эксплуатации (в течение всего срока службы сооружения).

При расчете по предельным состояниям устанавливаются два вида значений нагрузок: нормативные и расчетные. Основной характеристикой нагрузок являются их нормативные величины. Возможное отклонение нагрузок в неблагоприятную (большую или меньшую) сторону от их нормативных значений, вследствие изменчивости нагрузок или случайных отступлений от условий нормальной эксплуатации, учитывается коэффициентами надежности по нагрузке  $\gamma$ , которые устанавливаются с учетом назначения зданий и условий их эксплуатации нормами проектирования строительных конструкций и сооружений. В зависимости от состава учитываемых нагрузок должны различаться их сочетания из различных комбинаций постоянных, длительных и кратковременных нагрузок.

В курсовом проекте учитываются только основные сочетания нагрузок без учета особых нагрузок (сейсмика, динамика).

Более подробные указания о сочетаниях нагрузок изложены в нормах проектирования «Нагрузки и воздействия» — СНиП 2.01.07-85\* (п.п. 1.11–1.13) [6].

Для изготовления деревянных конструкций применяется древесина как в своем естественном виде (доски, бруски, брусья и т.п.), так и в виде полуфабриката (фанера). При проектировании СНиП [7] рекомендуют пользоваться сортаментом лесоматериалов, в котором указаны основные сечения деревянных изделий и их размеры.

В табл. 2 приводятся размеры сечений пиломатериалов согласно сортаменту.

## Сортамент пиломатериалов (ГОСТ 8486-86\*Е)

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

Для несущих конструкций применяется древесина преимущественно хвойных пород.

Применение мягких лиственных пород возможно только при специальном обосновании или же при строительстве временных (малоответственных) зданий и сооружений.

Древесину твердых лиственных пород (дуб, бук, береза) следует использовать для нагелей, подушек и других ответственных деталей.

Фанера является продуктом переработки древесины. Ее получают путем склеивания нечетного числа тонких лущеных шпонов древесины (березы или лиственницы). Фанера применяется как в виде листов, так и в виде фасонных профилей: уголков, швеллеров, труб. Все эти изделия выпускаются в соответствии с сортаментом (табл. 3).

Из пластмассовых материалов, получивших практическое применение в строительстве, следует отметить стеклопластики, древесно-слоистые пластики, древесно-стружечные пли-

Таблица 3

## Сортамент и плотность фанеры

Наименование материала	Размеры, мм			Плотность, кгс/м <sup>3</sup>	ГОСТ
	Длина	Ширина	Толщина		
Строительная фанера марок ФСФ и ФК	2440	1525	1;5;2;25	700	3916-69
	2440	1220	3		
	2135	1525	4		
	1830	1220	5		
	1525	1525	6;7;8;9;10		
		1220	12		
		725			
	1220	1220	15;18;19		
		725			
1500	1200	5			
	1500	7			
Фанера марки ФСБ	4400	1500	10	1010	11539-65
	4900	1250	12		
	5000	1200	14		
	5600	1500	16		
		1200			

ты, оргстекло, винипласт, полиэтилен. Эти материалы, как и фанера, выпускаются в виде листов и различных фасонных изделий.

Каждый материал обладает присущими ему физико-механическими свойствами. Для расчета конструкций необходимо знание таких характеристик материала, как расчетное сопротивление  $R$  и модуль упругости  $E$ . Эти характеристики вытекают из механических свойств материала и подсчитываются с определенной степенью надежности и долговечности.

Основными характеристиками сопротивления материалов силовым воздействиям являются нормативные сопротивления  $R^n$ , устанавливаемые с учетом условий контроля и статистической изменчивости сопротивлений в результате испытаний согласно действующим ГОСТам.

Расчетные сопротивления древесины в зависимости от условий работы и эксплуатации корректируются путем умножения их на коэффициенты, т.е. подсчитываются как

$$R' = Rm_{\Pi}m_{\text{В}}m_{\text{Н}}m_{\text{б}}m_{\text{сл}}m_{\text{ГН}}, \quad (1)$$

где  $R$  — расчетное сопротивление древесины сосны или ели, принимается по табл.3 [7];

$m_{\Pi}$  — переходной коэффициент на породу древесины, принимается по табл. 4 [7];

$m_{\text{В}}$  — коэффициент условия работы на температурно-влажностный режим эксплуатации, принимается по табл. 6 [7];

$m_{\text{б}}$  — коэффициент учитывающий абсолютную высоту деревянного элемента (клееного), принимается по табл. 7 [7];

$m_{\text{сл}}$  — коэффициент (для клееной древесины), учитывающий толщину склеиваемых досок, принимается по табл. 8 [7];

$m_{\text{ГН}}$  — коэффициент (для клееной древесины), учитывающий влияние гнуща, принимается по табл. 9 [7].

Модуль упругости древесины вдоль волокон всех пород для конструкций групп А1, А2, Б1 и Б2 принимается равным  $10^4$  МПа. Для конструкций других групп эксплуатации указанный модуль упругости необходимо умножить на коэффициент  $m_{\text{В}}$  (табл. 8 [7]). Величины расчетных сопротивлений и модулей упругости для строительной фанеры приведены в табл. 10 и 11 [7]; влияние температурно-влажностного режима на характеристики фанеры учитывается тем же коэффициентом  $m_{\text{В}}$ .

Конструкция каркаса здания по схеме 3 состоит из стоек и ригелей (ферм, балок) и представляет собой раму, жестко заземленную внизу и шарнирно закрепленную сверху.

Конструкции зданий по схемам 1 и 2 — трехшарнирные рамы, изготавливаемые из клееных брусьев или досок (конструкции по схеме 2 могут быть изготовлены из цельных брусьев).

Защемление стоек в бетонных или железобетонных фундаментах производится при помощи анкерных болтов.

При проектировании необходимо продумать общее конструктивное решение здания, обеспечить продольную и поперечную жесткость здания, устойчивость несущих конструкций покрытия и торцевого фахверка. Устойчивость и пространственная неизменяемость здания обеспечиваются постановкой вертикальных и горизонтальных связей.

Для восприятия усилия от ветра на торцевую часть здания устраивается система вертикальных связей, расположенных в плоскости стоек. Эти связи соединяют стойки рам между собой попарно в крайних и средних пролетах по длине здания.

Устойчивость сжатого ригеля обеспечивается горизонтальными связями, расположенными в плоскости кровли. Горизонтальные связи, расположенные в плоскости нижнего пояса ригеля, воспринимают горизонтальные усилия от ветра на торец здания.

## **2. ОБОСНОВАНИЕ И ВЫБОР ПОКРЫТИЯ И ЕГО НЕСУЩЕЙ КОНСТРУКЦИИ — РИГЕЛЯ**

Для схемы 3 студент должен самостоятельно выбрать схему несущей конструкции, т.е. конструкцию ригеля и конструкцию покрытия; для схем 1, 2 только конструкцию покрытия.

Выбор конструкций покрытия должен быть обоснован путем технико-экономического сравнения различных вариантов с учетом теплотехнических требований и принятого кровельного материала. Используя основные схемы плоских и сквозных деревянных конструкций, по рекомендуемой литературе выбирают две-три наиболее эффективные конкурирующие схемы ригеля в виде балок и ферм для заданного типа здания. В общем случае выбор того или иного вида обосновывается прочностью, наименьшим расходом материалов, трудоемкостью изготовления, стоимостью изготовления и монтажа конструкций, а также условиями транспортирования, монтажа и эксплуатации (удобство осмотра и ремонта конструкций, сохранность от загнивания, пожароопасность и пр.). В курсовом проекте допускается обоснование производить по прочности и расходу материалов.

Ограждения покрытий и перекрытий в конструкциях из дерева и пластмасс могут быть выполнены:

- в виде различных настилов, уложенных по прогонам покрытия;
- в виде индустриальных щитов, укладываемых на прогоны покрытия или несущие конструкции каркаса здания;

- из крупных индустриальных камней, монтируемых, как правило, на основные несущие конструкции каркаса здания.

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

Прогоны могут быть выполнены по разрезной и неразрезной схемам. Разрезные прогоны выполняют из досок, брусьев или бревен, неразрезные — из спаренных досок, поставленных на ребро. Эффективными могут оказаться консольно-балочные прогоны, выполняемые из брусьев или бревен, которые по своей работе приближаются к неразрезным системам.

Панели покрытия в конструктивном отношении можно разделить на два типа: ребристые и со сплошным срединным слем. Ребристые панели состоят из несущих ребер и обшивок (одной или двух). В зависимости от назначения ребристые панели могут быть утепленными и холодными. В утепленных панелях между двумя обшивками закладывают утеплитель, как правило, из негорючего или трудносгораемого материала. Обшивку выполняют из прочных листовых материалов: фанеры, стеклопластика, древесно-стружечных или др. Для изготовления ребер используют доски, бруски, фанерные швеллеры. Для обшивок принимаются тонкие и прочные листовые материалы: сталь толщиной 0,5–1,2 мм; алюминий толщиной 0,8–1,5 мм; стеклопластик толщиной 1–2,5 мм; асбестоцемент толщиной 6–10 мм и др. Панели изготовляют обычно под пролеты  $l = 3–6$  м; высота панелей принимается в пределах  $(1/25 - 1/35)l$ . Ширина панелей, как правило, согласуется с размерами листов обшивок, в соответствии с требованиями ГОСТов на материалы.

Классификация ригелей в виде балок и ферм, их генеральные размеры и технико-экономические показатели приведены в [1, с. 211–212].

В качестве несущих конструкций покрытия могут быть применены клееные балки. Клееные балки могут быть склеены из досок (клеедощатые) и из досок и фанеры (клеефанерные). Для изготовления используют доски толщиной не более 50 мм и принимают не более 200 мм с влажностью древесины менее 15%.

Слои многослойных клееных элементов перед склеиванием фрезеруют по пласти с двух сторон, величина припусков при этом указана в табл. 4.

Таблица 4

**Припуски на фрезерование пластей с двух сторон**

Номинальная толщина заготовки, мм	Припуск при номинальной ширине заготовок, мм		
	55–95	95–195	Свыше 195
25	4	4,5	5
40	5	5,5	6

Кромки заготовок перед склеиванием по ширине фрезеруют в пределах припусков, величина которых указана в табл. 5.

Таблица 5

**Припуски на фрезерование кромок заготовок с двух сторон**

Номинальная толщина заготовки, мм	Припуск при номинальной ширине заготовок, мм	
	25	Свыше 40
до 95	4,5	5,0
до 195	5,0	5,5
свыше 195	5,5	6,0

Таким образом, сечения отдельных досок в клееном пакете будут меньше размера их по сортаменту на величину припусков.

При компоновке сечения клееного элемента толщина клееного шва не учитывается (она очень незначительна,  $\approx 0,1$  мм).

Механической обработкой можно снять и больший припуск, но это нерационально, поэтому окончательное сечение многослойного пакета назначают как размер по сортаменту за вычетом величины припусков.

Поперечное сечение клеедощатых балок принимают в основном прямоугольным как более технологичное, хотя могут быть изготовлены балки и более рациональных форм сечений, например, двутавровых. Допустимо сочетание по высоте сече-



ний балки древесины двух сортов, используя в средней зоне более низкий сорт.

Клеефанерные балки могут быть с плоской и с волнистой фанерной стенкой. Балки с плоской фанерной стенкой могут быть односкатными и двухскатными, с прямолинейным, ломаным или круговым очертанием верхнего пояса. Поперечное сечение этих балок принимается двутавровым или коробчатым. Для поясов используются доски такие же, как и для клеодощатых балок. В качестве стенки применяется клееная водостойкая фанера марки ФСФ сорта не менее В/В и толщиной не менее 8 мм. Направление волокон рубашки фанеры принимается вдоль длины балки. Для обеспечения устойчивости фанерной стенки по длине балки с шагом  $(1/8 - 1/10) l$  ставятся ребра жесткости, которые располагаются, как правило, в местах стыкования листов фанеры.

Балки с волнистой фанерной стенкой выполняются одностенчатыми и двухстенчатыми. Устойчивость фанерной стенки в таких балках обеспечивается путем придания фанере волнистого очертания, ребра жесткости ставятся лишь на опорах, для восприятия опорных реакций.

При назначении размеров балки и ее элементов необходимо руководствоваться следующими рекомендациями:

$$h = \left(\frac{1}{10} - \frac{1}{15}\right)l; h_B \geq \frac{1}{3}B_{II}; \frac{h_B}{l_B} = \frac{1}{12} - \frac{1}{18}; b_{\Phi} \geq 6 \text{ мм.}$$

Пояса балок выполняются из цельных и клееных брусьев, при этом размер  $h_{II}$  составляет примерно:

$$\left(\frac{1}{5} - \frac{1}{6}\right)h; B_{II} \approx (2 - 2,85)h_{II}.$$

На выбор ригеля в виде фермы влияют следующие факторы: расчетный пролет здания, величина и характер нагрузки, тип кровельного материала, наличие подвесного потолка и световых устройств, архитектурные требования в части

очертания поясов и контура фермы, вид и качество заданного лесоматериала (кругляк и пиломатериал), тип соединений и условия изготовления конструкций.

Современные индустриальные фермы могут быть:

- цельнодеревянными, выполненными из цельных и клееных брусьев;
- металлодеревянными, растянутые элементы которых выполняются из стали (круглой или уголковой), а сжатые и сжато-изгибаемые элементы из древесины (цельных или клееных брусьев);
- деревопластмассовыми или цельнопластмассовыми, применение которых в современных условиях строительства очень ограничено.

Схемы рекомендуемых ферм, их основные размеры и технико-экономические показатели приведены в [1, с. 276–279].

При выборе схемы конструкции следует учитывать, что металло-деревянные фермы с малым количеством узлов и фермы с верхними поясами из клееных блоков являются менее трудоемкими и более экономичными по расходу материалов по сравнению с фермами, имеющими большое число узлов или пояса из составных балок на пластинчатых нагелях. Предпочтение следует оказывать клееным и фанерным балкам, фермам с клееным верхним поясом.

Основанием для кровли могут служить сплошные настилы и разреженные обрешетки, выполняемые в зависимости от типа кровли. Для рулонного гидроизоляционного ковра настилы устраиваются сплошными из досок, при асбестоцементных и металлических кровлях — разреженными из досок или обрешетки из брусьев. Настилы применяются одинарные и двойные, состоящие из рабочего и защитного слоев. Сечение рабочего настила из разреженных досок или брусков определяется расчетом. Сечение защитного настила из досок или брусков толщиной 16–17 мм, шириной 100–120 мм, располагаемых под углом 45–60° к рабочему настилу, принимается конструктивно.

Прогоны в кровельных ограждающих покрытиях следует проектировать по многопролетной спаренной или консольно-балочной схемам [1; 2; 4].

В целях индустриализации строительства покрытия можно проектировать не из отдельных элементов, а сборными — в виде щитов или панелей [2; 4]. При рулонных кровлях для оптимального использования конструктивной древесины следует применять утепленные клефанерные панели, состоящие из дощатого каркаса, связывающего верхние и нижние фанерные пояса (обшивки) в монолитно склеенную многопустотную коробчатую панель. В качестве утеплителя используют вспученный перлит, вермикулит и другие теплоизоляционные материалы.

В беспрогонных покрытиях рекомендуется применять комбинированные конструкции с использованием пластмасс и других материалов. Например, трехслойные панели в виде легкого конструктивного утеплителя, оклеенного тонкими прочными листами, обычно из негоряемого материала.

В качестве среднего слоя применяются преимущественно пенопласты, пеностекло, сотопласты, обладающие высокими теплоизоляционными показателями и достаточной прочностью, необходимой для восприятия усилий сдвига, отдира и т.д. Для обшивок и обрамления применяются асбестоцемент, алюминий, фанера, стеклопластик и другие относительно прочные материалы.

Результаты технико-экономического сравнения вариантов несущих конструкций (схема 3) и технико-экономического сравнения вариантов покрытия (схемы 1, 2) представить в виде табл. 6.

При сравнении вариантов несущих конструкций и конструкций покрытия расходы материалов на  $1 \text{ м}^2$  плана здания допускается определять с помощью коэффициентов  $k_{\text{св}}$  и  $k_{\text{м}}$ , приведенных в рекомендуемой литературе, и формул для предварительного определения собственного веса несущих конструкций.

Собственный вес несущих деревянных конструкций покрытия в  $\text{Н/м}^2$  можно определить по формуле:

$$g_{\text{св}}^{\text{H}} = \frac{g^{\text{H}} + P^{\text{H}}}{\frac{1000}{k_{\text{св}} L} - 1}, \quad (2)$$

Расход материалов на 1 м<sup>2</sup> пола здания

№ п/п	Наименование элементов	Вариант I				Вариант II		
		Расход леса, м <sup>3</sup> /м <sup>2</sup>	Расход стали, Н/м <sup>2</sup>	Вес элемента, Н	Количество монтируемых элементов, шт.	Расход леса, м <sup>3</sup> /м <sup>2</sup>	Расход стали, Н/м <sup>2</sup>	В элем I
1	Настилы (обрешетка, стропилы, щиты покрытия)							
2	Прогоны							
3	Панели покрытия							
4	Несущие конструкции (балки, фермы)							

где  $g^H$  — постоянная нагрузка (за исключением собственного веса несущей конструкции) от веса покрытия (настилов, утеплителя, прогонов, стропилин, кровли или плит покрытия);

$P^H$  — суммарная временная нагрузка;

$L$  — пролет конструкции, м;

$k_{CB}$  — коэффициент собственного веса несущей конструкции, зависящий от формы и схемы конструкции, а также от основных размеров конструкции и нагрузок на нее; значения  $k_{CB}$  для основных несущих конструкций покрытия зданий приведены в [1; 2; 3] и др.

Объем лесоматериала  $V_{CB}$  в  $m^3/m^2$  и вес металла  $g_M$  в  $H/m^2$  основных несущих конструкций на  $1 m^2$  плана здания определяют по следующим формулам:

$$V_{CB} = \frac{g_{CB}}{\gamma_D} \left( 1 - \frac{k_M}{100} \right); \quad (3)$$

$$g_M = \frac{g_{CB} \cdot k_M}{100}, \quad (4)$$

где  $\gamma_D$  — объемный вес лесоматериала несущей конструкции,  $H/m^3$ ;

$k_M$  — коэффициент расхода металла на конструкцию, выраженный в процентах к полному весу конструкции; числовые значения коэффициента  $k_M$  приведены в [1; 2; 3].

Таким образом, в результате технико-экономического сравнения вариантов (см. табл. 6) и других объективных характеристик принимают наиболее эффективный вариант конструкции покрытия для дальнейшей разработки.

### 3. РАСЧЕТ ЭЛЕМЕНТОВ ПОКРЫТИЯ

Разработка конструкций здания ведется в нисходящем порядке, т.е. сверху вниз — покрытие, главная балка покрытия, колонны.

Расчеты необходимо вести в строгом соответствии с требованиями норм и правил проектирования (для деревянных конструкций в соответствии с [7]).

На покрытие действуют постоянная нагрузка от собственного веса и временная снеговая нагрузка.

После выбора схем несущей конструкции и конструкции покрытия определяют расчетные нагрузки от собственного веса покрытия и снеговые нагрузки с учетом коэффициентов надежности по нагрузке.

Собственный вес элементов покрытия находят, пользуясь данными [1; 2; 3; 4; 5].

Снеговую нагрузку определяют в соответствии с указаниями [6].

Нормативное значение веса снегового покрова  $P_{\text{сн}}$  на  $1 \text{ м}^2$  горизонтальной поверхности земли в зависимости от снегового района следует принимать по данным табл. 7.

Таблица 7

Снеговые районы Российской Федерации, принимаются по карте 1 обязательного приложения 5 СНИП 2.01.07-85*	I	II	III	IV	V
$S_q$ кПа (кгс/м <sup>2</sup> )	0,8 (80)	1,2 (120)	1,8 (180)	2,4 (240)	3,2 (320)

где  $S_q$  — расчетное значение веса снегового покрытия на  $1 \text{ м}^2$  горизонтальной поверхности земли (см. п. 5.2\* [6]).

Нормативное значение снеговой нагрузки (согласно п. 5.7\* [6]) следует определять умножением расчетного значения на коэффициент 0,7.

Подсчет нагрузок на  $1 \text{ м}^2$  горизонтальной проекции кровли следует производить в табличной форме (табл. 8).

Таблица 8

#### Сбор нагрузок

№ п/п	Наименование нагрузки	Нормативная нагрузка, Н/м <sup>2</sup>	Коэффициент надежности по нагрузке $\gamma_f$	Расчетная нагрузка, Н/м <sup>2</sup>
1	Постоянная			
2	Временная			
3	Полная			

Коэффициенты надежности по нагрузке приведены в [6].

Согласно правилам учета степени ответственности зданий при проектировании конструкций, эта степень учитывается коэффициентом надежности по назначению  $\gamma_n$ : на него или делят расчетные сопротивления материала, или умножают расчетные значения нагрузок. При выполнении курсового проекта рекомендуется умножать на  $\gamma_n$  нагрузки. Для заданного II класса ответственности здания коэффициент надежности по назначению равен 0,95 (см. приложение 7\*СниП 2.01.07-85\*).

Настилы и обрешетку под кровлю необходимо рассчитывать как изгибаемые элементы на прочность и по деформациям при одновременном действии собственного веса и снеговой нагрузки, или только на прочность при воздействии собственного веса и сосредоточенного груза в 1 кН — с умножением последнего на коэффициент надежности по нагрузке 1, 2 [7, п. 6.13, 6.14].

Значения предельного прогиба принимаются по [7, табл. 16].

Настилы и обрешетки рассчитывают с учетом их неразрезности и наклона элементов к горизонту.

Расчетную схему условно принимают в виде двухпролетной неразрезной схемы с пролетами, равными расстоянию между прогонами.

При сплошном одинарном или двойном настиле рабочий настил рассчитывают только на действие составляющей, направленной перпендикулярно настилу.

Бруски обрешетки должны быть рассчитаны в двух плоскостях, с учетом косоугольного изгиба бруска.

Величины прогибов и максимальные величины изгибающих моментов элементов для различных конструкций прогонов зависят от расстояния  $x$ , т.е. участка опоры до места расположения стыка, поэтому при проектировании прогонов необходимо уделить этому особое внимание.

Примеры расчета настила, обрешетки, прогонов даны в [2, 3].

Утепленные кровельные покрытия в виде однослойных настилов, дощато-гвоздевых и клефанерных щитов рассчиты-

ваются на прочность и жесткость по формулам расчета изгибаемых элементов.

Расчет клееных элементов из фанеры с древесиной выполняется по методу приведенного поперечного сечения [7, п. 4.23].

В случае применения клефанерных щитов учитывается, что щиты составлены из материалов (фанеры и древесины), имеющих различные модули упругости, вследствие чего в расчет нужно вводить приведенные характеристики поперечного сечения. При разной толщине обшивок в фанерных щитах приведение производят к материалу древесины. Приведенная площадь  $F_{пр}$  и момент инерции  $I_{пр}$  сечения определяют по формулам:

$$F_{пр} = F_d + F_f \frac{E_f}{E_d}; \quad (5)$$

$$I_{пр} = I_d + I_f \frac{E_f}{E_d}, \quad (6)$$

где  $F_d$ ,  $I_d$ ,  $E_d$  и  $F_f$ ,  $I_f$ ,  $E_f$  — соответственно площадь сечения, момент инерции и модуль упругости элементов из древесины и фанеры.

При расчете фанерных щитов должна быть учтена неравномерность распределения напряжений по ширине сечения путем введения в расчет лишь части ширины фанерной обшивки [7, п. 4.29].

Кроме проверки на прочность сжатия фанерной обшивки щитов она должна быть проверена на устойчивость [7, п. 4.26].

При расчетах клефанерных щитов их следует также проверить на скалывание по клеевому шву между шпонами фанеры. Расчетная ширина шва при этом принимается равной ширине приклеиваемого к фанере деревянного элемента.

Должна быть учтена также вероятность действия кратковременной нагрузки  $P = 1$  кН (вес человека с инструментом), вызывающей местный изгиб обшивки.



Расчетные характеристики материалов, из которых изготавливаются трехслойные конструкции, приведены в [1; 2; 3; 4].

Значения предельных прогибов принимаются по данным тех же литературных источников. Местные прогибы обшивок не нормируются.

Геометрические характеристики сечения трехслойных панелей определяются в расчете на единицу ширины сечения (1 см).

Примеры расчета и проектирования приводятся в [2; 3; 5].

## **4. РАСЧЕТ И КОНСТРУИРОВАНИЕ РИГЕЛЯ**

### **4.1. Расчет и конструирование сплошных балок**

В качестве балок покрытия здания следует применять клееные балки.

В покрытиях здания применяются клееные дощатые многослойные и с фанерной стенкой балки высотой в середине пролета не менее  $1/10 L$  двухскатные и  $1/12 L$  — в балках с параллельными кромками ( $L$  — пролет балки). Сечения балок — двутавровые и прямоугольные.

Клееные балки рассчитываются на прочность при изгибе и на прогиб как элементы цельного сечения. Стенки дощатых балок проверяются на скалывание в наиболее напряженных клеевых швах и по древесине.

Балки с фанерной стенкой рассчитываются по приведенным характеристикам сечения с учетом разных модулей упругости древесины и фанеры.

Фанерная стенка балки рассчитывается на сдвиг с учетом устойчивости ее из плоскости балки. Клеевой шов фанеры проверяется на скалывание.

Примеры расчета или указания к расчету клееных и клеефанерных балок покрытия приведены в [1; 2; 3; 4]. Требования, предъявляемые при расчете и конструировании клееных балок, изложены в [5 и 7].

### **4.2. Расчет и конструирование фермы**

После расчета элементов покрытия находят геометрические размеры элементов фермы и переходят к определению уси-

лий в стержнях фермы. Ферма должна быть рассчитана на следующие нагрузки: 1) собственный вес фермы; 2) вес покрытия по фермам; 3) снеговую нагрузку; 4) нагрузку от подвесного кранового оборудования.

Усилия определяют аналитическим или графическим способами.

Таблицу расчетных усилий в элементах фермы рекомендуется составлять по форме табл. 9.

Конструктивный расчет фермы заключается в подборе наиболее экономичных сечений элементов фермы, конструировании узлов и расчете крепления элементов решетки к поясам фермы.

Приступая к конструированию фермы, необходимо обратить внимание на предварительную увязку узлов. Следует помнить, что в деревянных фермах размер сечения отдельных элементов зависит от конструкции узла, диаметра нагеля, расположения и числа нагелей, болтов и пр. Поэтому, прежде чем приступать к окончательному подбору сечения, рекомендуется предварительно сконструировать самые характерные узлы (опорные) с наиболее напряженными элементами.

Схемы ферм и их основные показатели приводятся в [1; 2; 3; 4; 5].

Высота ферм в середине пролета должна быть не менее  $1/5l$  для деревянных треугольных ферм;  $1/6l$  — для деревянных сегментных, многоугольных и с параллельными поясами;  $1/7l$  — для металлодеревянных иных очертаний ( $l$  — расчетный пролет ферм). Фермам следует придавать строительный подъем не менее  $1/200l$ .

Длины панелей верхнего пояса назначаются в увязке с размерами элементов покрытия и принимаются в пределах 1,5–2,5 м, в большепанельных фермах — 4–6 м.

Прямолинейные стержни ферм работают на осевые силы и рассчитываются на центральное растяжение или центральное сжатие. Стержни ферм при внецентренном креплении в случае нагрузок, приложенных в пределах длины стержней, а также криволинейные пояса ферм и пояса при внецентренном

Таблица 9

**Усилия в стержнях фермы**

Элементы фермы	Обозначение стержней	Усилия от $P = 1$ в узлах на половине фермы, Н			Усилия от постоянной нагрузки, Н	Усилия от крановой нагрузки, Н (с коэф. 1,0)	Усилия от снеговой нагрузки, Н (с коэф. 1,0)	Усилия от снеговой нагрузки, Н (с коэф. 0,9)	Усилия от загрузки узлов фермы расчетной нагрузкой, Н (с коэф. 1,0)	Усилия от загрузки узлов фермы расчетной нагрузкой, Н (с коэф. 0,9)
		Слева	Справа	Полное						
Верхний	3-10 4-12 и т.д.									
Нижний	1-11 1-14 и т.д.									

крепления решетки работают на внецентренное растяжение или внецентренное сжатие и рассчитываются в соответствии с видом напряженного состояния. Возникающий в поясах ферм при эксцентричном креплении решетки изгибающий момент определяется по формуле:

$$M_e = \Delta N \cdot e, \quad (7)$$

где  $\Delta N$  — разность усилий в смежных панелях поясов, определяемая для случая полного и одностороннего нагружения фермы временной (например, снеговой) нагрузкой;  
 $e$  — эксцентриситет сил, равный расстоянию от точки пересечений осей стержней решетки до оси пояса.

Изгибающий момент в прямолинейных поясах при внеузловом приложении нагрузки и при эксцентричном их креплении в узлах, а также в криволинейных поясах с местной нагрузкой определяется по формуле:

$$M = M_0 - Ne, \quad (8)$$

где  $M_0$  — расчетный изгибающий момент в поясе от поперечной нагрузки;  
 $e$  — эксцентриситет продольной силы  $N$  относительно оси сечения пояса; в криволинейных поясах при длине хорды стержней  $l_0$  и радиусе кривизны пояса  $r$

$$e = \frac{l_0^2}{8r}, \quad (9)$$

Радиус кривизны определяется по формуле:

$$r = \frac{l^2}{8h_0} + 0,5h_0, \quad (10)$$

где  $h_0$  — расстояние между осями поясов в середине пролета фермы;  
 $l$  — пролет фермы.

При подборе сечений элементов фермы необходимо строго придерживаться требований СНиП в отношении расчетных длин и предельных гибкостей сжатых и растянутых элементов [7, п. 4.21].

Гибкость  $\lambda$  сжатых и сжато-изогнутых стержней ферм не должна превышать предельных значений для основных и второстепенных стержней.

Гибкость составных поясов на пластинчатых нагелях определяется как для цельных элементов.

Таблица 10

### Расход металла на 1 ферму

Элементы фермы	Диаметр или сечение, мм	Длина, мм	Количество	Вес элемента фермы, Н	
				для одной шт.	полный
<i>Нижний пояс</i>					
Уголки	110x70x8	28790	2	313,74	627,48
Планки стыков	8x200	480	2	6,03	12,06
"-"	6x200	300	2	3,77	7,54
<i>Опорные узлы</i>					
Вертикальные планки	8x300	850	4	16,0	64,0
Упорные плиты	10x170	300	2	4,0	8,0
Ребра жесткости	10x100	300	6	1,34	8,04
Опорная плита	20x250	170	2	11,8	23,6
Ушки	8x80	200	4	0,85	3,4
Стяжные болты	$d=18$	220	2	0,65	1,24
Анкерные болты	$d=18$	300	2	0,78	1,56
Итого на ферму					

При подборе сечений элементов фермы необходимо пользоваться стандартными размерами материалов в соответствии с ГОСТами на круглые лесоматериалы и пиломатериалы, стремиться к наиболее простой конструкции узлов и сопряжений к наибольшему количеству однотипных деталей.

**Расход древесины на ферму**

Элементы фермы	Сечение, см	Длина, см	Количество	Объем древесины, м <sup>3</sup>	
				одного элемента	всего
Верхний пояс	17x40,8	528,7	6	0,367	2,20
Раскос Д <sub>1</sub>	10x17	232	2	0,0394	0,79
Раскос Д <sub>2</sub>	14x17	489	2	0,1162	0,23
Раскос Д <sub>3</sub>	14x17	403	2	0,096	0,19
Раскос Д <sub>4</sub>	14x17	491	2	0,117	0,24
Накладки	13,2x18	3104	10	0,025	0,25
Итого на ферму			3,90		

Примечание. Табл. 10–11 могут помещаться на чертежах проекта или в расчетно-пояснительной записке.

Составные сечения элементов должны быть рассчитаны с учетом податливости связей по приведенной гибкости элементов в соответствии с [7, п. 4.6].

Количество связей в швах составных элементов определяется в соответствии с [7, формула 36, п. 4.23].

Все металлические крепления рассчитываются по нормам проектирования стальных конструкций [8] с учетом указаний норм проектирования деревянных конструкций [7]. Необходимо составить спецификацию металлоизделий и деревянных элементов на одну ферму. Примеры расчетов расхода материалов приводятся в табл. 10 и 11.

**5. РАСЧЕТ РАМЫ****5.1. Нагрузки, действующие на поперечную раму**

На поперечную раму действуют:

- 1) постоянная нагрузка, включающая собственный вес элементов покрытия;
- 2) снеговая нагрузка;
- 3) ветровая нагрузка.

Постоянная нагрузка от веса кровли и настила определяется на основе объемных весов материалов, применяемых в покрытии. Собственный вес несущей конструкций рекомендуется определять по формуле (1). Сначала определить нагрузку на 1 м<sup>2</sup> горизонтальной проекции кровли, а затем — погонную. Интенсивность погонной постоянной расчетной нагрузки на ригель равна произведению нормативной нагрузки (Н/м<sup>2</sup>) на коэффициент надежности по нагрузке, равный 1,1 и на расстояние (шаг) между рамами. Необходимо учесть также нагрузку от собственного веса стоек и веса стены и стенового ограждения.

Снеговая нагрузка зависит от района строительства. Распределение снеговой нагрузки на кровле зависит от ее профиля.

Указания по определению снеговой нагрузки даны в СНиП 2.01.07-85\* в разделе 4 и в п. 3 настоящих методических указаний.

Ветровая нагрузка для расчета рамы определяется с наветренной (активное давление) и заветренной (отсос) сторон.

Значения ветровых нагрузок определяется в соответствии с указаниями СНиП 2.01.07-85\*, раздел 6.

В расчетах ветровой нагрузки на каркас нормативное значение ветрового давления  $q_0^H$  следует принимать в зависимости от ветрового района по данным табл. 12.

Таблица 12

### Ветровое давление по районам

Ветровые районы	I	II	III	IV	V
$q_0^H$ , кПа	0,23	0,30	0,38	0,48	0,60
(кгс/м <sup>2</sup> )	(23)	(30)	(38)	(48)	(60)

Коэффициент надежности по ветровой нагрузке  $\gamma_f$  принимается равным 1,4 (см. п. 6.11 [6]).

Коэффициент  $K$ , учитывающий изменение ветрового давления по высоте, принимается для типа местности  $B$  равным: 0,5 на высотах от поверхности земли до 5 м; 0,65 — на высоте 10 м; 0,85 — на высоте 20 м (см. табл. 6 [6]).

Схемы распределения ветровой нагрузки и значения аэродинамических коэффициентов  $c$  должны приниматься в соответствии с Приложением 4 [6].

Результаты расчетов нагрузок, действующих на раму, сводят в таблицу (см. табл. 9) и составляют расчетную схему (см. рис. 2).

Статический расчет рамы может быть произведен любым методом строительной механики.

Рамы по схемам 1 и 2 (см. рис. 1) решаются по трехшарнирной схеме с шарнирными опорными и коньковыми узлами и жестким узлом в месте соединения ригеля со стойкой.

Рамы рассчитываются на нагрузки от собственного веса, снега, ветра (и крановой нагрузки — по схеме 2). В статически определимых трехшарнирных рамах сначала определяют опорные реакции для различных комбинаций постоянной и вре-

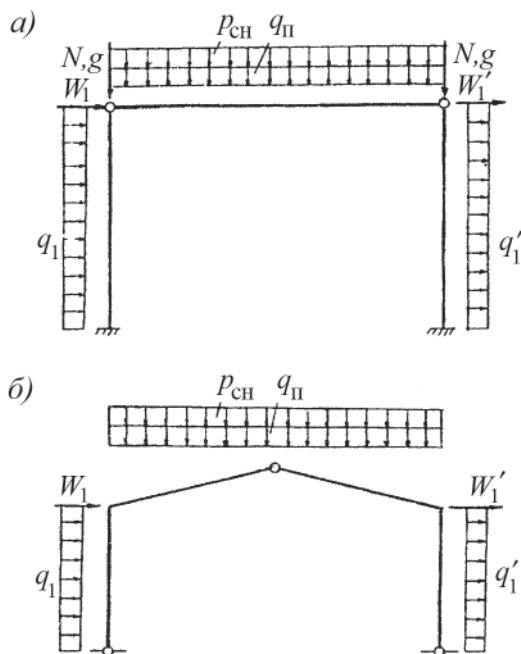


Рис. 2. Расчетные схемы (а) двухшарнирной и (б) трехшарнирной рам



менной нагрузок, а затем по общим правилам строительной механики — внутренние силовые факторы (изгибающие моменты, продольные и поперечные силы) и строят их эпюры.

По максимальным значениям расчетных усилий подбирают сечения элементов и их соединений.

В клееных рамах должна быть принята во внимание переменность сечения по длине элементов.

Расчет рамы по схеме 3 производят со следующими допущениями:

а) ригель рассматривается как жесткий недеформируемый стержень, состоящий из условной сплошной балки;

б) вертикальные и горизонтальные нагрузки, приложенные к стойкам, учитывают в предположении полного защемления колонны в фундаменте.

Горизонтальные нагрузки, приложенные в верхних узлах рамы, распределяются между колоннами как в рамах со стойками, заделанными внизу и шарнирно соединенными по верху. Двухшарнирная рама по схеме 3 (см. рис. 2) один раз статически неопределима. Расчет рамы удобнее производить методом сил.

За лишнюю неизвестную принимают продольное усилие  $X$  в ригеле на уровне верха стойки, т.е. по оси нижнего пояса ригеля, определяемое как сумма усилий от сосредоточенных сил давления ветра в уровне нижнего пояса и от равномерно распределенной ветровой нагрузки на стойки.

Для определения наибольших усилий в стойках расчет рамы производят отдельно на каждый вид загрузки нагрузками: постоянной, снеговой, ветровой и крановой. Наибольшие расчетные усилия получают путем суммирования усилий от отдельных видов загрузки при их невыгоднейшем сочетании.

Примеры расчета рам и указания к нему приведены в [1; 2; 3; 4; 5].

## **5.2. Расчет и конструирование стоек (колонн) рамы**

Так как колонны проектируемых каркасных зданий воспринимают вертикальные нагрузки от ферм или балок покрытия

## Нагрузки, действующие на раму

Элементы рамы	Вид нагрузки	Обозначения	Единица измерения	Значение нагрузки
Ригель	Постоянная нагрузка от веса покрытия и фермы	$q_{п}$	кН/м	
	Снеговая нагрузка	$p_{сн}$	"-"	
Стойки	Постоянная нагрузка по ригелю	$N_{п}$	кН	
	Снеговая нагрузка	$N_{сн}$	"-"	
	Ветровая нагрузка:			
	активное давление ветра (напор)	$q_1$	кН/м	
	пассивное давление ветра (отсос)	$q'_1$	"-"	
	Сосредоточенное давление ветра	$W_1, W'_1$	кН	
	Собственный вес стоек	$q$	"-"	
	Нагрузка от веса стены и ограждения	$N$	"-"	

и стен, а также горизонтальные нагрузки от ветра на покрытия и стены, они рассчитываются как внецентренно сжатые элементы.

Высоту сечения наружных колонн рекомендуется принимать равной  $1/16 \div 1/12$  длины колонны, ширину сечения  $b = h/4 \div h/2$ .

Сплошные составные колонны рассчитываются в плоскости изгиба по формулам внецентренного сжатия [7, п. 4.17] с определением коэффициента, учитывающего дополнительный изгибающий момент от продольной силы при деформации элемента.

Коэффициент, учитывающий дополнительный момент от продольной силы в плоскости изгиба, для составных элементов находится по приведенной гибкости элементов.

Сплошные составные колонны рассчитываются из плоскости изгиба на прочность и устойчивость как центрально сжа-

тые элементы [7, формула (6)] с учетом коэффициента продольного изгиба, определяемого в зависимости от значения гибкости, меньшего (равного) или большего 70 [7, формулы (7), (8)].

Для склеивания рам из прямолинейных элементов используют доски толщиной 40–50 мм (по сортаменту) и шириной до 200 мм, а для гнутоклеенных рам — доски толщиной 19,22 и 25 мм (по сортаменту) и при этом необходимо, чтобы отношение радиуса кривизны  $r$  к толщине доски  $\delta$  было не менее 150.

Поперечное сечение рам принимается прямоугольным. Высота сечения в карнизной части принимается в пределах

$\left(\frac{1}{25} - \frac{1}{35}\right)l$ , на опоре —  $(0,4 - 0,5)h$ , а в коньке —  $(0,3 - 0,4)h$ .

Ширина сечения  $B$  определяется шириной досок, из которых склеивается рама.

Анкеры колонн и крепления их к ветвям рассчитываются по наибольшим растягивающим усилиям в ветвях, определенным при минимальных вертикальных и максимальных горизонтальных сочетаниях нагрузок. Рекомендации по их расчету даны в [5].

Примеры расчета и конструирования стоек сплошного сечения приведены в [2; 3].

## РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Конструкции из дерева и пластмасс: Учеб. для вузов /Под ред. Г.Г. Карлсена, Ю.В. Слицкоухова. — 5-е изд., перераб. и доп. — М.: Стройиздат, 1986.

2. Слицкоухов Ю.В., Гудков И.М. и др. Индустриальные деревянные конструкции: Уч. пос. для вузов. — М.: Стройиздат, 1991.

3. Довин В.М., Карпов В.Н. Сборник задач и практические методы их решения по курсу «Конструкции из дерева и пластмасс». — М.: Изд-во Ассоциации строительных вузов, 1999.

4. Госстрой, ЦНИИСК им. Кучеренко. Пособие по проектированию деревянных конструкций (к главе СНиП II-25-80). — М.: Стройиздат, 1986.

5. СНиП 2.01.07-85\*. Нагрузки и воздействия. Нормы проектирования. — М.: Стройиздат, 2003.

6. СНиП II-25-80. Деревянные конструкции. Нормы проектирования. — М.: Стройиздат, 1982.

7. СНиП II-23-81\*. Стальные конструкции. Нормы проектирования. — М.: Стройиздат, 1991.

8. Вдовин В.М. Проектирование дощатоклееных и клефанерных конструкций: Уч. пос. — Пенза: Пензенская государственная архитектурно-строительная академия, 1996.

---

## КОНСТРУКЦИИ ИЗ ДЕРЕВА И ПЛАСТМАСС

Задание на курсовой проект  
с методическими указаниями

Редактор *Л.Н. Липкина*  
Компьютерная верстка *Е.Ю. Русалева*

---

Тип. зак.	Изд. зак. 305	Тираж 500 экз.
Подписано в печать 19.10.05	Гарнитура Times.	Офсет
Усл. печ. л. 2,25		Формат 60×90 <sup>1</sup> / <sub>16</sub>

---

Издательский центр РГОТУПС,  
125993, Москва, Часовая ул., 22/2

Участок оперативной печати РГОТУПС,  
125993, Москва, Часовая ул., 22/2