МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ЗАДАНИЮ ПО КУРСОВОМУ ПРОЕКТУ

по курсу «Конструкции из дерева и пластмасс»
для студентов специальности 08.03.01
5 курса
заочной формы обучения

2021 г.

СОДЕРЖАНИЕ

1. Введение . . . . . .
2. Задание на курсовой проект . . . . . .
3. Содержание работы и её состав . . . . . .
4. Указания к выполнению работы . . . . . .
   a) Общие положения . . . .
   b) Конструирование и расчёт несущих элементов каркаса . . . . . .
   c) Расчёт и конструирование основной несущей конструкции . . ..
   d) Расчёт и конструирование основной стойки каркаса . . . .
   e) Защита от загнивания . . . . . .
   f) Защита от возгорания . . . .
   g) Защита деревянных конструкций при транспортировке,
   h) Складировании и хранении . . . . . .
5. Указания по оформлению пояснительной записки и листа чертежей . . .
6. Литература . . . .

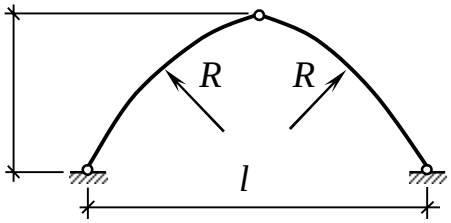
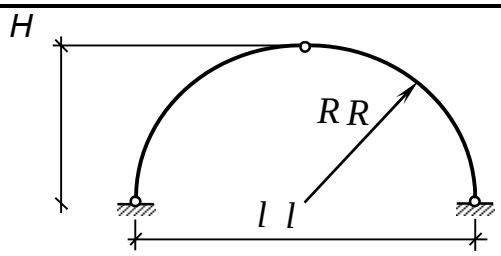
2. ЗАДАНИЕ НА КУРСОВОЙ ПРОЕКТ

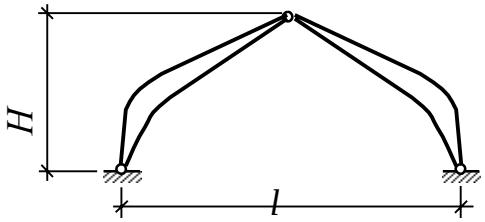
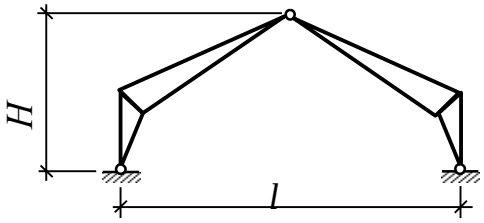
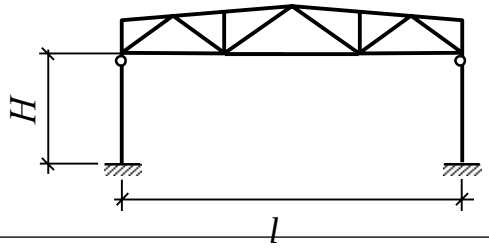
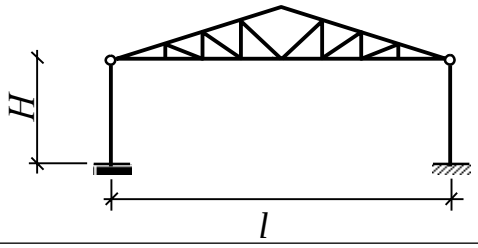
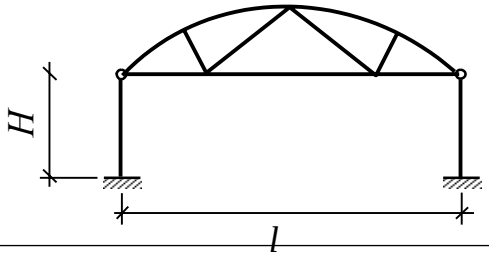
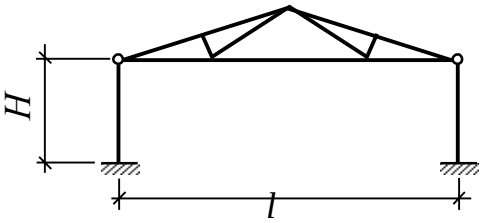
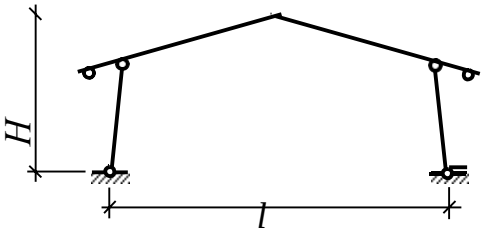
Целью выполнения курсового проекта является закрепление, углубление и обобщение теоретического материала, а также приобретение навыков практического применения методов расчёта и конструирования при самостоятельном решении конкретной инженерной задачи.

Задачей курсового проекта является разработка проекта несущих конструкций каркаса здания и покрытия, выполненных с использованием древесины.

Данные для задания выбирают из таблиц 3.1÷3.6 в соответствии с тремя последними цифрами учебного шифра студента.

Таблица 3.1

Последняя цифра шифра	Схемы основных несущих конструкций здания	Наименование объектов
1	2	3
1		*Склад солей*
2		*Крытый каток*

1	2	3
3		*Склад минеральных удобрений*
4		*Склад готовой продукции*
5		*Однопролётное производственное здание*
6		*Прирельсовый склад*
7		*Цех заготовок и деталей для мебели*
8		*Однопролётное производственное здание*
9		*Зерносклад*

1	2	3
0		*Механическая мастерская*

Таблица 3.2

Основные размеры здания в *м*

Предпоследняя цифра шифра		Последняя цифра шифра студента									
		1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**0**
1	*l*	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18
	H	7	7,4	7,8	8	8,4	7	7,4	7,8	8	6,8
	B	3	3,4	3,8	4	4,4	3,4	3,8	4,0	4,4	5,0
2	*l*	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19
	H	7	7,4	7,8	8	6,0	6,4	6,8	7,8	8,2	6,2
	B	3	7	5	6	3,4	4,6	5,0	6,0	4,2	5
3	*l*	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
	H	6	6,4	6,8	7	7,4	8,0	7,6	7,6	8,0	8,4
	B	3	3,6	4,0	4,4	4,6	5,0	5,2	4	5,6	6
4	*l*	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21
	H	7	7,4	7,8	8	8,2	6,6	8	6,8	7,6	7,2
	B	3	4	5	4,4	5,4	4,6	3,6	3,8	4,2	5,2
5	*l*	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22
	H	6,8	7	7,2	7,4	7,6	7,8	8,0	8,4	8,6	8,8
	B	5,2	4,2	3,8	3,0	4,0	5,0	4,4	5,4	4,6	4,2
6	*l*	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
	H	8	9	9,4	8,0	8,4	8,6	9,6	8,2	7,8	8,8
	B	4,2	4,8	5	5,4	5,8	4,4	4,6	5,0	5,4	6,0
7	*l*	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26
	H	8	6,4	8,8	6,8	7,8	5,8	10	9,8	7,2	6,0
	B	4	4,2	4,6	5,0	5,2	5,4	5,6	5,8	6,0	3,8
8	*l*	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28
	H	8	7,4	7,8	8,2	8,4	8,6	8,8	9,0	7,2	9,8
	B	4	3	3,4	3,6	3,8	5,0	5,4	5,6	5,8	4,8
9	*l*	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23
	H	8	8,4	8,2	7,4	6,8	9,0	9,3	6,2	6,6	7,6
	B	4	5	6	4,8	5,6	4,2	4,6	5,8	4,4	5,4
0	*l*	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25
	H	8	9	9,4	9,6	8,4	8,8	9,2	9,4	8,6	7,8
	B	4	4,2	4,4	4,6	5,0	5,2	5,6	6,0	3,6	3,8

Примечание: Верхняя цифра означает размер пролёта l,
средняя – высоту H,
нижняя – шаг основных конструкций *B*.

Район строительства

Таблица 3.3

Предпоследняя цифра шифра	Район строительства
1	**2**
1	Москва
2	Хабаровск
3	Омск
4	Пермь
5	Казань
6	Санкт-Петербург
7	Новосибирск
8	Мурманск
9	Сургут
0	Тюмень

Таблица 3.4

Тепловой режим здания

Третья с конца цифра шифра студента	Тепловой режим
1, 4, 6, 3, 9	Холодный
2, 5, 7, 8, 0	Тёплый

Таблица 3.5

Последняя цифра шифра студента	Сечение стоек каркаса для схем 5, 6, 7, 8, 0
5, 7	Сплошная дощато-клееная стойка
6, 8, 0	Составная стойка из брёвен, брусьев или решётчатая

Таблица 3.6

Третья с конца цифра шифра студента	Тип конструкции покрытия
1, 3, 5, 7, 9	Прогонное покрытие
2, 4, 6, 8, 0	Беспрогонное покрытие

Схему здания принимают по последней цифре шифра студента (см. табл. 3.1). Размеры пролёта, высоту и шаг расстановки конструкций находят по последней и предпоследней цифрам шифра (см. табл. 3.2).

Географический район строительства определяют по табл.3.3 по предпоследней цифре шифра, а тепловой режим здания – по табл. 3.4 по третьей от конца цифре шифра.

Пример определения исходных данных здания под шифром с тремя последними цифрами – 5 3 5

По табл. 3.1÷3.6 находим: схему несущих конструкций (5 – однопролётное производственное здание; пролёт (l = 20,0 м); высоту (Н=7,4 м); шаг расстановки (В=4,6); район строительства (Омск); тепловой режим здания – (тёплый); сечение стойки каркаса (сплошная дощато-клееная); покрытие – (прогонное).

Высота Н дана в таблице 3.1 в схемах 1÷4,9 и между уровнями заделки стоек в фундамент и уровнем нижнего пояса фермы или балки.

Длину здания принимают равной 8 шагам (8 В). Радиус кривизны полуарок в схеме 1 равен пролёту – l.

3. СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ И ЕЁ СОСТАВ

Содержание работы включает следующие подразделы:

1) геометрический расчёт конструкций;
2) сбор нагрузок;
3) статический расчёт конструкций;
4) подбор сечений элементов конструкций;
5) расчёт узлов конструкции;
6) разработка или принятие мер для защиты от загнивания, возгорания, коррозии.

Результаты работы представляются в виде пояснительной записки и одного листа чертежей формата А2.

Пояснительная записка должна содержать: исходные данные; выбранные материалы (автор сам выбирает материал – породу древесины и её сорт (желательно сосна, ель), для стали – марку или класс прочности стали), действующие нагрузки, сбор расчётной нагрузки, определение усилий в элементах, подбор сечений и расчёт узлов; принятые меры по защите материалов конструкции от загнивания, возгорания, коррозии.

Все расчёты выполняют в соответствии с действующими СП и иллюстрируют необходимыми схемами и эскизами.

На листе чертежей изображают разработанные конструкции (отправочный элемент) и их детали, узлы, приводят спецификацию и примечания.

Оформление пояснительной записки и чертежей ведётся в соответствии с требованиями ЕСКД.

4. УКАЗАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ РАБОТЫ

4.1 Общие положения

Каркас здания представляет собой пространственную конструкцию, однако пространственная работа его обычно не учитывается и для расчёта каркас расчленяется на плоские системы. Поперечная рама, состоящая из стоек и фермы или конструкций других систем, является основной частью каркаса.

Расчёт ведётся в нисходящем порядке: сначала рассчитывают несущие элементы покрытия (настилы и прогоны или кровельные панели), затем основную несущую конструкцию покрытия (ферму, балку, арку, раму, свод), стойки и их закрепление в фундаментах. Фундаменты в составе проекта не рассчитывают.

При расчёте плоской несущей конструкции, расположенной в поперечном направлении каркасного здания (схемы 5; 6; 7; 8; 0), принимают следующие допущения:

a) решётчатый или сплошной ригель принимается абсолютно жёстким;
b) стойки шарнирно соединены с ригелем и жёстко с фундаментом;
c) ветровая нагрузка, действующая на вертикальные поверхности покрытия, расположенные выше стойки, принимается сосредоточенной и приложенной к верху стойки.

За расчётный пролёт несущей конструкции принимают указанный в задании на схеме поперечный размер здания или сооружения.

До начала расчёта решётчатых конструкций уточняют геометрические размеры их элементов: длину панелей поясов и элементов решётки, углы наклона верхнего пояса и раскосов. Для этого, принимая за основу схему конструкции, приведённую в задании, определяют высоту конструкции в середине пролёта по рекомендуемому соотношению высоты и пролёта соответствующего вида конструкций.

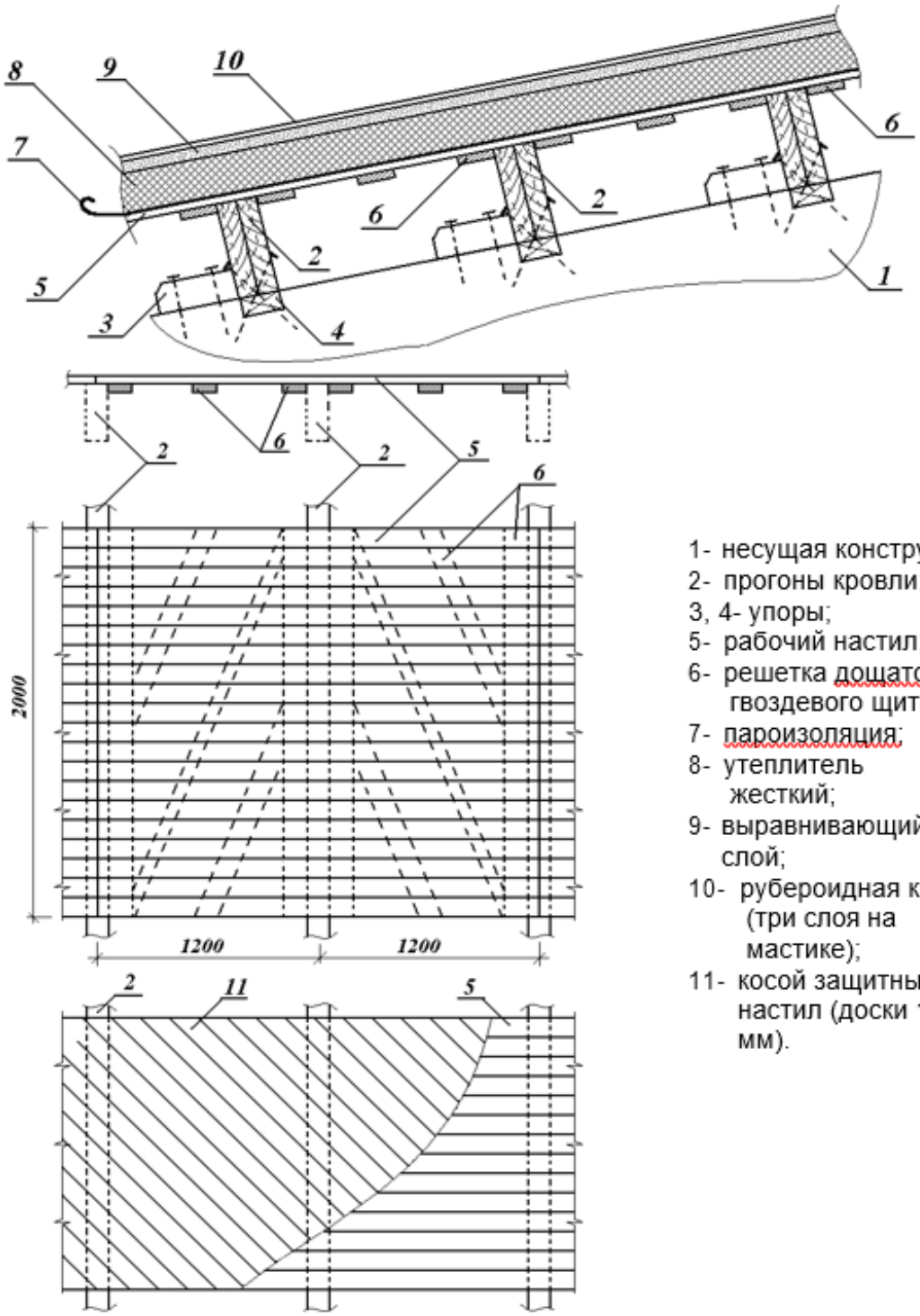
4.2 Конструирование и расчёт несущих элементов покрытия

Конструкции покрытия. В зависимости от теплового режима зданий покрытия могут быть холодные и утеплённые. В состав покрытия входят несущие элементы и кровля, а в утеплённых покрытиях, кроме того, пароизоляция и теплоизолирующий слой. В конструктивном отношении используются два решения: покрытия по прогонам и покрытия без прогонов с применением несущих щитов или панелей, укладываемых непосредственно на несущие конструкции.

Несущими элементами покрытия в прогонном решении являются:

- рабочий настил, воспринимающий через кровлю внешние нагрузки и передающий их на прогоны и скатные бруски;
- прогоны, располагаемые в направлении продольной оси здания, передающие нагрузку на основную несущую конструкцию покрытия в виде ферм, балок, арок и рам;
- скатные бруски, укладываемые по прогонам перпендикулярно скату в случае большого шага между ними (свыше 2 м) или под обрешётку для кровли из штучных материалов и кровельной стали.

На рис. 5.1, 5.2, 5.3 показаны основные варианты конструкции утеплённого и холодного покрытия по прогонам. Схема конструкции несущих клеефанерных панелей дана на рис. 5.5. Уклон покрытия выбирается в зависимости от применяемого материала кровли.



1- несущая конструкция;
2- прогоны кровли;
3, 4- упоры;
5- рабочий настил;
6- решетка дощатото-гвоздевого щита;
7- пароизоляция;
8- утеплитель жесткий;
9- выравнивающий слой;
10- рубероидная кровля (три слоя на мастике);
11- косой защитный настил (доски 16 мм).

Рис.5.1. Схема утепленного непроветриваемого покрытия по прогонам.

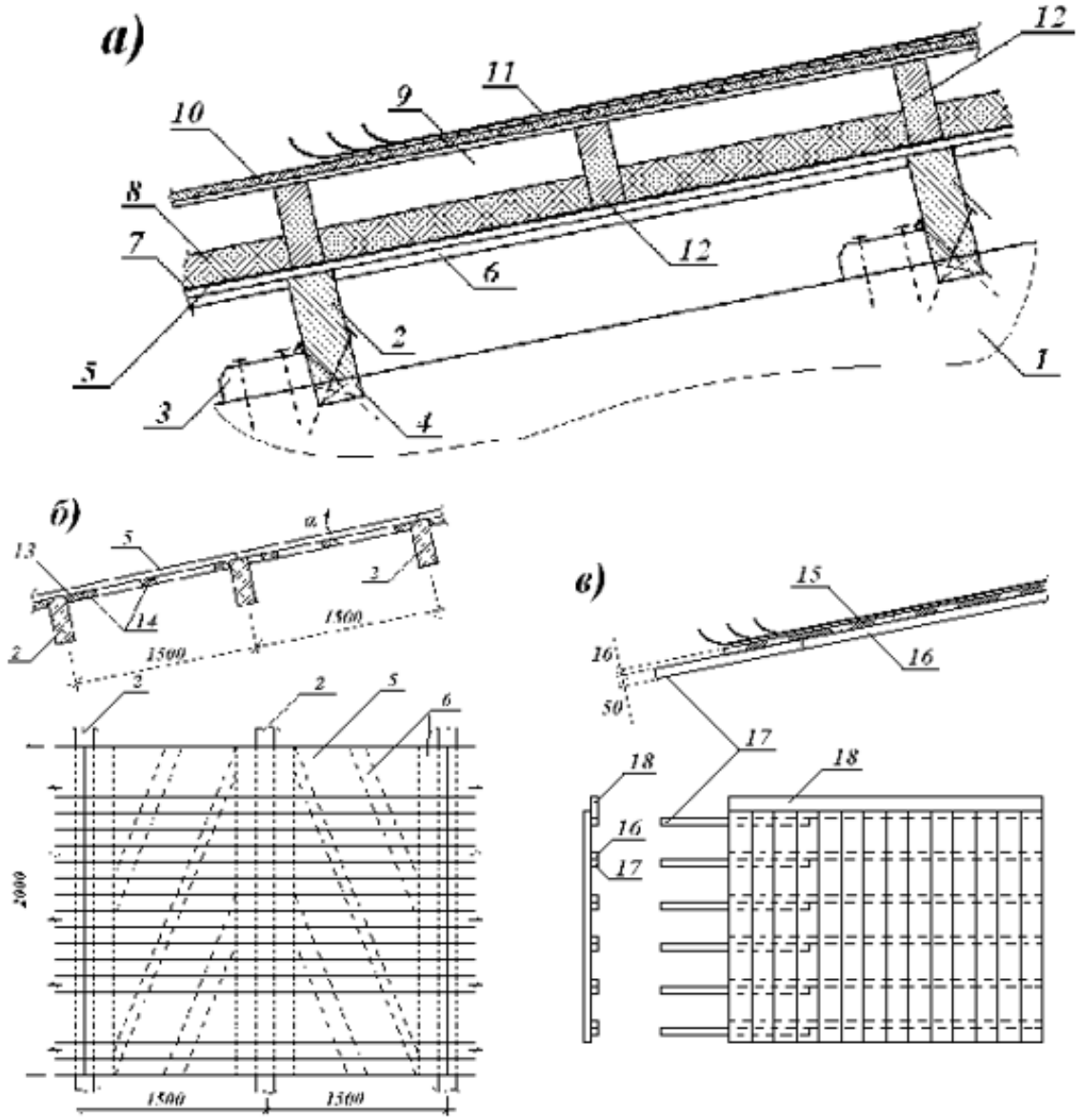


Рис.5.2. Схема утепленного проветриваемого покрытия:

а – разрез; ***б*** – щит рабочего настила; ***в*** – щит кровельный.

1 – верхний пояс несущей конструкции; 2 – прогоны; 3, 4 – упоры; 5 – рабочий настил (доски 19 – 25 мм); 6 – решетка дощато – гвоздевого щита; 7 – пароизоляция; 8 – утеплитель мягкий 50 – 70 мм; 9 – воздушная прослойка (продух); 10 – кровельный настил; 11 – рулонная кровля; 12 – диагональные бруски; 13 – поперечные планки; 14 – диагональные планки; 15 – сплошной настил в шпунт б=16 мм; 16 – рабочие рейки 50х50 мм; 17 – соединительные рейки 50х50 мм; 18 – соединительный продольный брусок 50х100 мм.

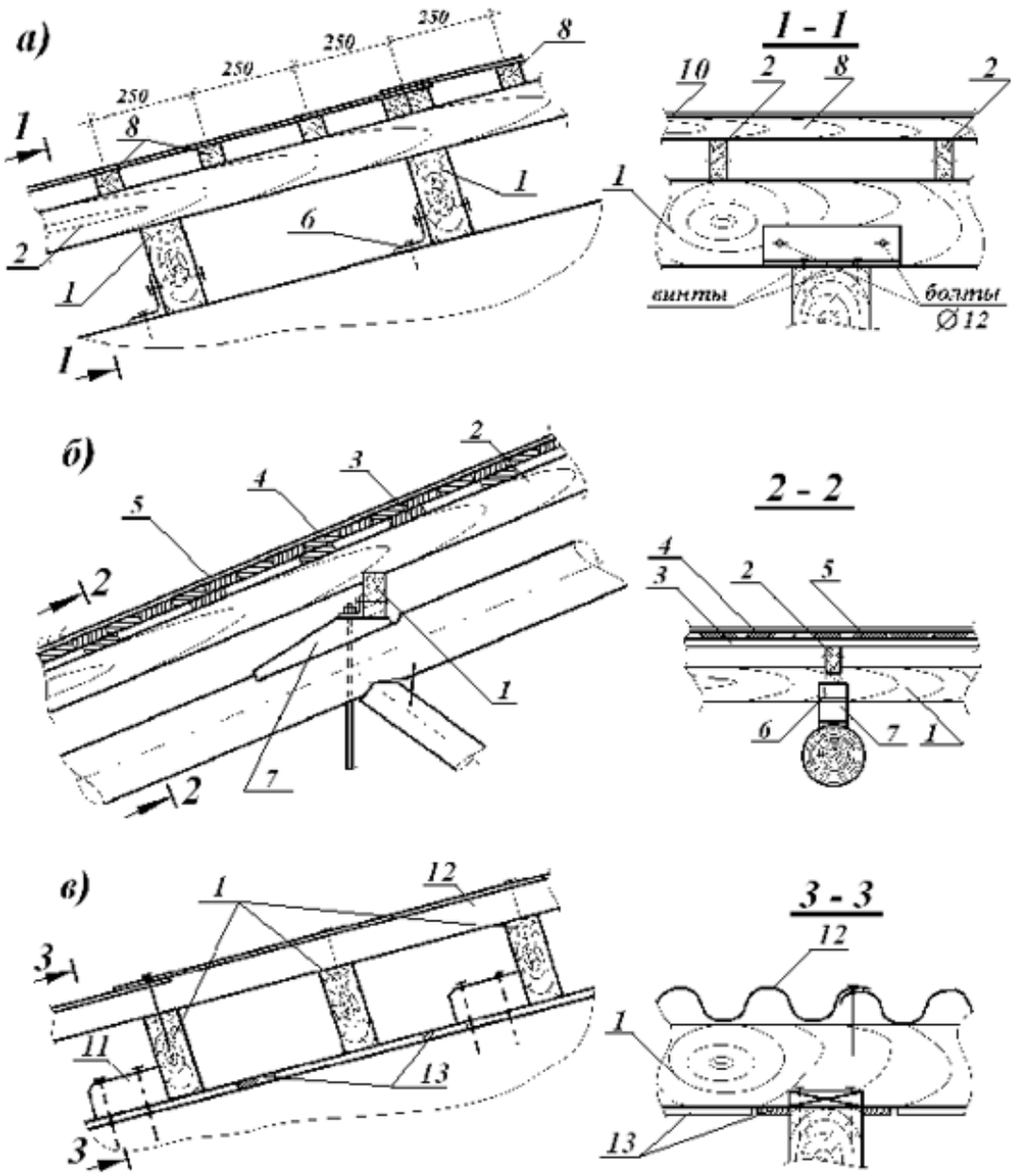


Рис.5.3. Конструкция холодного покрытия с кровлей:

а- из стали; ***б***- рубероида; ***в***- волнистого асбошифера.

1- балка; 2- стропильная нога; 3- рабочий настил из досок 19-32 мм; 4- защитный косой настил из досок 16-19 мм; 5- рубероид; 6- уголок; 7- подушка; 8- обрешетка; 9- доска под лежачий фалец; 10- кровельная сталь; 11- упор; 12- волнистый асбошифер; 13- решетка кровельного щита.

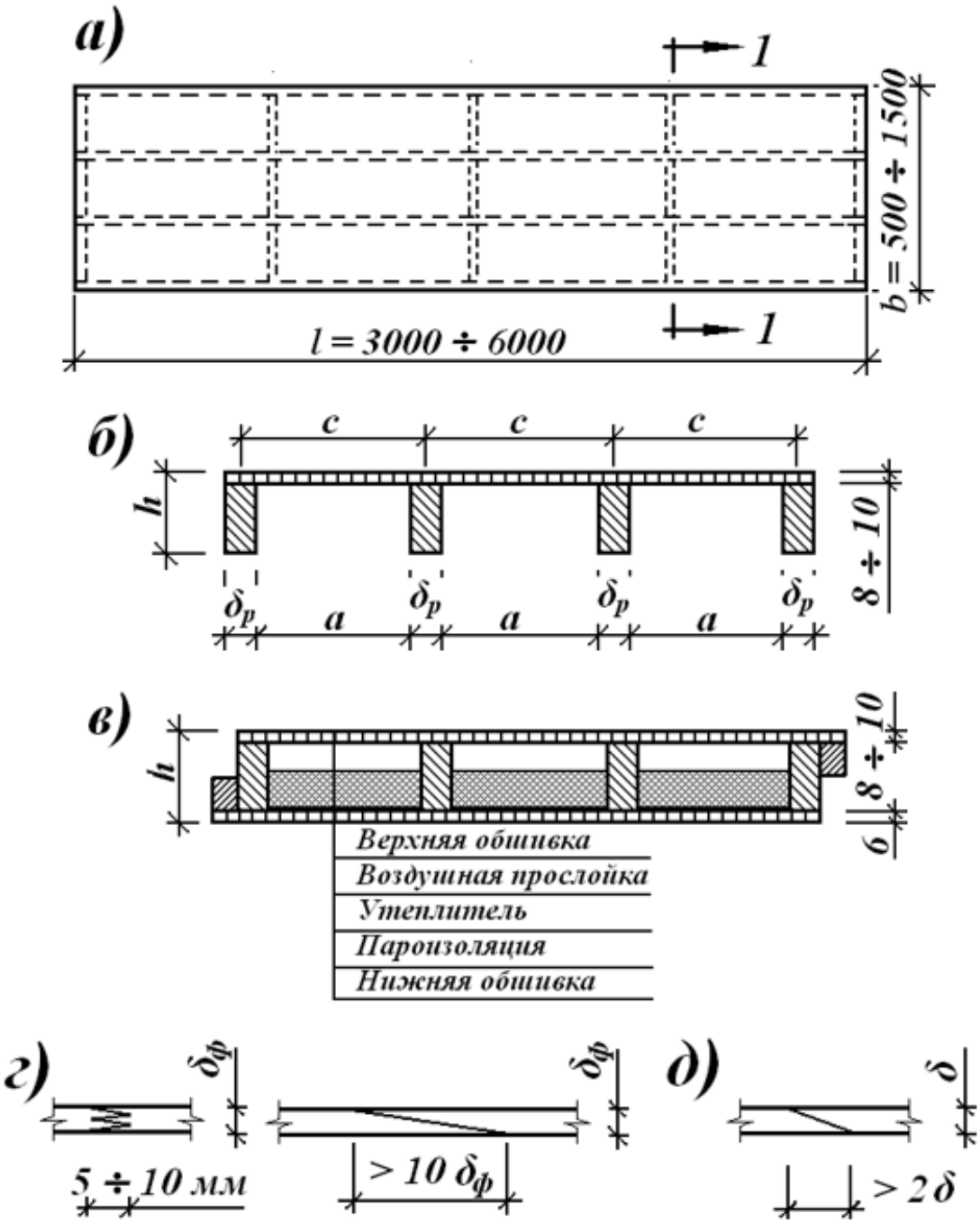


Рис.5.4. Конструкция клеефанерных панелей:
а – план; *б, в* – разрезы холодной и утепленной панелей; *г* – стыки фанерных листов на "ус" и "зубчатый ус"; *д* – стык древесноволокнистых плит на "ус".

В проекте должны быть предусмотрены конструктивные меры защиты деревянных элементов зданий от биологического разрушения, возгорания и действия химически агрессивной среды, а в необходимых случаях также защитная обработка древесины в соответствии с указаниями СНиП и специальных инструкций.

Для утепления покрытий применяются, как правило, несгораемые и биостойкие минеральные теплоизоляционные материалы.

Настилы. Конструкция деревянных настилов зависит от вида кровли. Настилы могут состоять из отдельных досок, уложенных плашмя или с небольшим зазором (3-15 см), или из брусков, разреженных на расстояние в осях не более 25 см.

Настилы могут быть одинарными или двойными. Двойные настилы применяют в качестве основания под рулонные кровли или под жёсткий утеплитель, по которому также укладывается рулонная кровля. Двойной настил состоит из нижнего (рабочего) сплошного слоя досок или обрешётки и защитного слоя, укладываемого под углом 30-45^0 к рабочему слою из досок толщиной 16-19 мм вплотную. Защитный настил обеспечивает повышенную жёсткость основания под кровлю и пространственную жёсткость покрытия в плоскости крыши.

Для наиболее равномерного распределения нагрузки к одинарному настилу или обрешётке можно снизу или сверху прибивать диагональные бруски или доски.

Настилы кровли могут быть также щитовыми – сборными. Щиты состоят из сплошного настила или обрешётки и поперечных или диагональных планок.

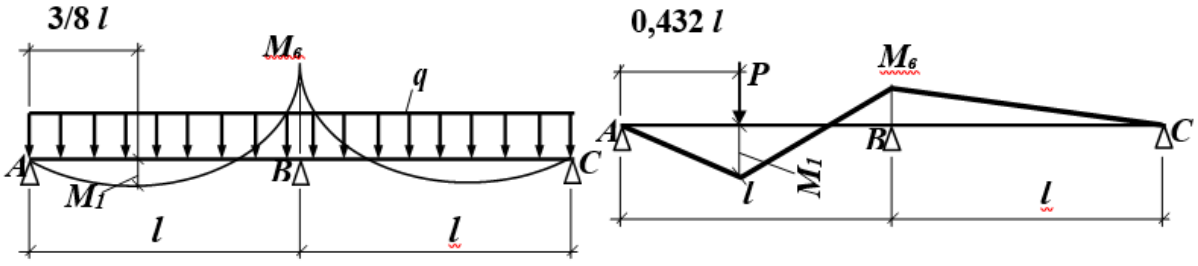
Настилы и обрешётку рассчитывают по двух пролетной схеме на следующие сочетания нагрузок (рис. 5.4):

a) собственный вес и снег (расчёт на прочность и прогиб);

b) собственный вес и сосредоточенный груз 100 кгс с умножением последнего на коэффициент перегрузки 1,2 (расчёт только на прочность);

При сплошном настиле или разреженном с расстоянием между осями досок или брусков не более 15 см сосредоточенный груз считается приложенным к двум доскам или брускам поровну. При двойном перекрёстном настиле или однослойном настиле с пришитым снизу в середине пролёта распределительным бруском, сосредоточенный груз считается распределённым на ширину 0,5 м рабочего настила.

Расчётные сопротивления древесины изгибу при расчёте настила и обрешётки под кровлю из древесины 3-го сорта следует принимать равными 13 МПа (130 кгс/см^2).



$M_в = -0{,}125 \times q \times l^2$; $M_1 = -0{,}0703 \times q \times l^2$;

$$f_{max} = \frac{2{,}13 \cdot q \cdot l^4}{384 \cdot E \cdot J}$$

$M_1 = 0{,}207 \times P \times l$; $M_в = -0{,}089 \times P \times l$;

$$f_{max} = 0{,}015 \cdot \frac{P \cdot l^3}{E \cdot J}$$

Рис. 5.5. Расчётная схема настилов и обрешетки

Прогоны. Они выполняются из досок на ребро, брусьев и круглых или окантованных брёвен и укладываются по верхним поясам несущих конструкций с шагом от 0,8 до 2,0 м. При укладке прогонов только в узлах ферм и длине панелей верхнего пояса более 2 м необходимо по прогонам укладывать скатные бруски – наслонные стропила из досок на ребро с шагом 0,8 – 1,2 м.

Прогоны могут устанавливаться по скату покрытия вертикально (см. рис. 5.3, *б*) или наклонно (см. рис. 5.3. *а, в*).

Последнее решение является более простым и поэтому предпочтительным. При наклонном расположении прогоны из досок, брусьев и окантованных бревен будут работать на косой изгиб. Однако, как правило, скатную составляющую нагрузки удаётся передать на другие элементы покрытия (жёсткие в плоскости покрытия

дощатые панели, наслонные стропила, скреплённые в коньке) и прогоны можно рассчитывать только на нормальную составляющую нагрузки. Следует иметь в виду, что в случае консольно-балочных или спаренных из двух досок неразрезных прогонов передача скатной составляющей на другие элементы покрытия является обязательной, потому что такие прогоны не могут воспринимать нагрузку, действующие в плоскости ската.

Конструкция и расчёт прогонов различных видов и наслонных стропил приведены в рекомендуемой литературе.

Прогоны, так же, как и настилы, рассчитывают по прочности и жёсткости на нагрузку собственного веса покрытия, включая вес прогона, и снеговую нагрузку. Консольно-балочные и неразрезные прогоны рассчитывают при одновременном расположении временной равномерно распределённой нагрузки во всех пролётах.

Клеефанерные панели. Они состоят из дощатого каркаса и прикреплённых к нему фанерных обшивок (рис. 5.4). В утеплённых панелях между обшивками размещается тепло- и пароизоляция.

Материалами для клеефанерных панелей служат водостойкая строительная фанера марки ФСФ сорта В/ВВ или бакелизированная и пиломатериалы хвойных пород II – III сорта влажностью не более 10-12%. Для внутренней обшивки панелей в помещениях с относительной влажностью воздуха не выше 75% наряду с водостойкой можно использовать фанеру средней водостойкости марки ФК, а также твёрдые древесноволокнистые плиты. Стыки фанерных листов по длине осуществляются «на ус» или зубчатый шип, плит – «на ус». Склеивание листов в картины и обшивок с каркасом производят водостойким клеем.

При проектировании панелей предварительно уточняют их длину, пролёт и задаются размерами поперечного сечения панели и её элементов. Длину панели l принимают на 2 см меньше шага несущих конструкций покрытия, пролёт вычисляют по формуле:

$$l_{пр} = 0,99 \cdot l$$

Высотой сечения панели h задаются из рекомендуемого соотношения

$$\frac{h}{l} = \frac{1}{30} - \frac{1}{40}$$

Сечение ребер можно принимать по сортаменту пиломатериалов, приведённому в табл. 5.4 настоящих Указаний, с учётом припусков на строгание кромок с фугованием по 5-6 мм на каждую кромку и по 2 мм на строжку каждой пластины доски – боковой поверхности рёбер.

Расчёт панелей производится на изгиб по прочности и жёсткости. При этом различие модулей упругости материалов, составляющих панель, учитывается вычислением приведённых геометрических характеристик сечения, неравномерное распределение напряжений по ширине обшивок – вычислением приведённой ширины их. Указания по расчёту клеефанерных панелей приведены в СП 64.13330.2017 «Деревянные конструкции», примеры проектирования содержатся в рекомендуемой литературе.

Наряду с клеефанерными панелями в покрытии могут быть применены панели с обшивками из других материалов, а также трёхслойные панели со сплошным средним слоем из пенопласта или сотопласта и обшивками из алюминия, пластмасс, асбестоцемента, фанеры. Примеры конструкции и расчёта таких панелей имеются в рекомендуемой литературе.

4.3 Расчёт и конструирование основной несущей конструкции покрытия

Статический расчёт. Он заключается в определении расчётных, т.е. максимальных усилий, которые могут возникнуть в элементах конструкции при самом неблагоприятном сочетании действующих на конструкцию нагрузок.

На основную несущую конструкцию покрытия действуют постоянные нагрузки от собственного веса покрытия и временные – снеговые и ветровые. Кроме того, могут быть эксплуатационные нагрузки: постоянные и временные, например, от подвесных кранов. При этом в курсовом проекте ветровые нагрузки на покрытие не учитывают с целью упрощения расчётов и имея в виду, что чаще всего ветровая нагрузка, действующая на покрытие (отсос), уменьшает усилия, возникающие в элементах покрытия от вертикальных нагрузок. Эксплуатационные нагрузки учитывают, если они указаны в задании.

Сбор нагрузок начинают с определения их величин на 1 м^2 горизонтальной проекции покрытия.

a) нормативная постоянная нагрузка от веса покрытия

$$g^{н} = g^{x}_{кр} \frac{S}{L}$$

где $g^{x}_{кр}$ - вес 1 м^2 покрытия, кН/м^2;

S – длина оси верхнего пояса или поверхности несущей конструкции, м;

L – пролёт несущей конструкции, м.

b) Нормативное значение снеговой нагрузки на горизонтальную проекцию покрытия следует определять по СП 20.13330.2016 (с изм.2) формуле

$$S_0 = c_e c_t \mu S_g,$$

где c_e - коэффициент, учитывающий снос снега с покрытий зданий под действием ветра или иных факторов, принимаемый в соответствии с 10.5-10.9;

c_t - термический коэффициент, принимаемый в соответствии с 10.10;

μ - коэффициент формы, учитывающий переход от веса снегового покрова земли к снеговой нагрузке на покрытие, принимаемый в соответствии с 10.4;

S_g - нормативное значение веса снегового покрова на 1 м^2 горизонтальной поверхности земли, принимаемое в соответствии с 10.2.

(Измененная редакция, Изм. N 2).

c) Нормативная нагрузка от собственного веса несущей конструкции

$$g_{св} = \frac{g^{н} + S_n / 1{,}6}{\frac{1000}{\gamma_f \cdot L} - 1}$$

где $g^н$, S_p – постоянная нормативная и снеговая расчётная нагрузки;
γ_f - коэффициент надежности по нагрузке для веса строительных конструкций, принимаемый по таблице 7.1 СП 20.13330.2016.
Расчетная снеговая нагрузка равна:

$$S_p = S_o \gamma_f$$

γ_f - коэффициент надежности по нагрузке для снеговой нагрузки = 1,4.

Сбор нагрузок на 1 м^2 горизонтальной проекции покрытия выполнить в таблице

Таблица 4.1

Вид нагрузки	Единица измерения	Нормативная нагрузка	Коэффициент надежности	Расчётная нагрузка
Постоянная 1. Нагрузка от веса крыши a) . . . . . . b) . . . . . . c)				
Итого:				
Кратковременная 2. Снеговая нагрузка (город, снеговой р-н) 3. Нагрузки от людей				
Итого:				
Всего:				

Затем определяют погонные и расчётные нагрузки раздельно постоянную и временную (снеговую) на 1 пог. м пролёта – путём умножения на шаг несущих конструкций соответствующих значений нагрузок на 1 м^2 горизонтальной проекции покрытия.

В сквозных решётчатых конструкциях, кроме того, определяют расчётную узловую нагрузку (постоянную и временную) умножением погонной нагрузки на горизонтальную проекцию панели верхнего пояса фермы. Для статического расчёта всю нагрузку условно считают приложенной в узлах верхнего пояса. Статический расчёт конструкции выполняют обычными методами строительной механики.

Усилия, полученные в элементах решётчатых конструкций, записывают в табл. 5.2, в сечениях сплошных распорных конструкций – в табл. 5.3.

Таблица 5.2

Элемент конструкции	Обозначение усилия	Усилие отединичной узловой нагрузки P = 1			Усилия от постоянной узловой нагрузки по всему пролёту	Усилие от единичной узловой нагрузки P = … кгс		Расчётные усилия, кгс	
		На половине пролёта		На всём протяжении пролёта		На половине пролёта		растяжение	сжатие
		слева	справа			слева	справа		

Таблица 5.3

Элемент конструкции	Обозначение усилия	Усилие отединичной узловой нагрузки P = 1			Усилияот постоянной узловой нагрузки по всему пролёту	Усилие от единичной узловой нагрузки P = … кгс		Расчётные усилия, кгс	
		На половине пролёта		На всём протяжении пролёта		На половине пролёта		+	-
		слева	справа			слева	справа		
	M N Q								
Вертикальные опорные реакции Распор									

Конструктивный расчёт. После статического расчёта приступают к конструктивному расчёту, заключающемуся в подборке сечений элементов, конструировании и расчёте узлов основной несущей конструкции покрытия.

Расчёт и конструирование фермы начинают с подбора сечения верхнего и нижнего поясов. При прогонном решении покрытия и расположении прогонов только в узлах фермы верхний пояс рассчитывают на устойчивость как центрально-сжатый элемент, принимая за расчётную длину расстояние между центрами узлов. В случае опирания конструкций покрытия на верхний пояс не только в узлах, но и между ними, в панелях пояса возникают изгибающие моменты и их рассчитывают на сжатие с изгибом.

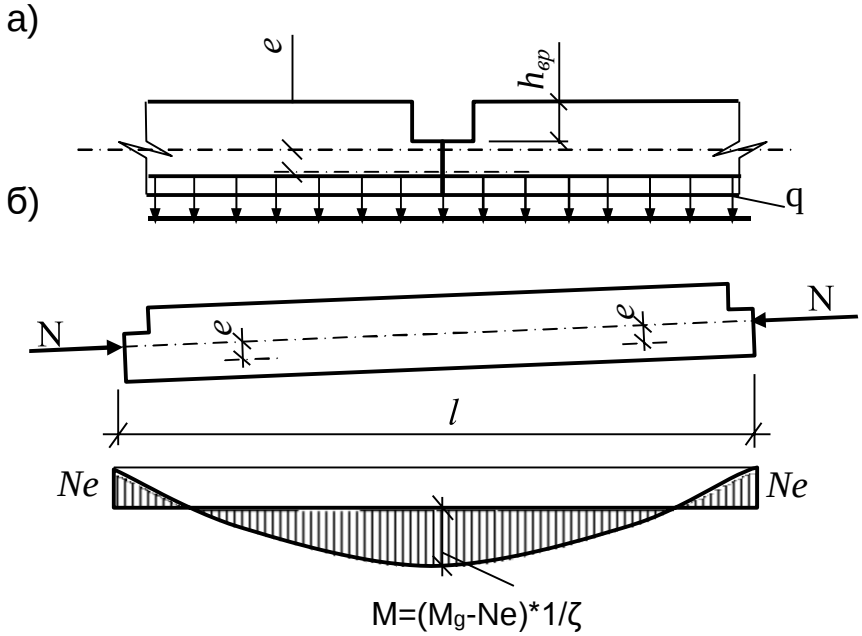


Рис. 5.6. Внецентренное стыкование в узлах (*а*)
и расчётная схема верхнего пояса (*б*)

где ζ– коэффициент, изменяющийся от 1 до 0, учитывающий дополнительный момент от продольной силы вследствие прогиба элемента. Принимаем ζ=1.

С целью уменьшения расчётного изгибающего момента в верхнем поясе создают момент обратного знака путём эксцентричного приложения нормальной силы. Для этого в узлах и стыках верхнего пояса упор элементов в узловые детали или друг в друга производится только нижней частью сечения (рис. 5.6, *а*).

Величина эксцентриситета *е* может быть различной. Не следует применять слишком большие эксцентриситеты, превышающие ¼ высоты сечения верхнего пояса.

В сегментных фермах, имеющих криволинейное очертание верхнего пояса, момент обратного знака от действия нормальной силы возникает за счёт выгиба панелей (рис. 5.7), поэтому прибегать к внецентренному решению узлов не требуется. Расчётный изгибающий момент определяют по формуле

$$M=M_g-Nf$$

Нижний пояс рассчитывают на центральное растяжение с учётом ослаблений сечения в узлах и стыках.

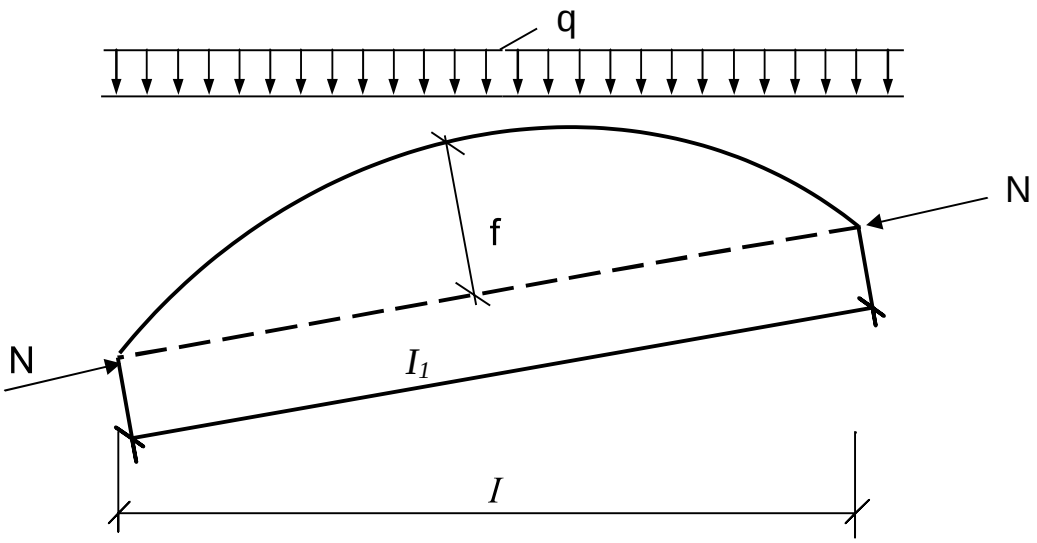


Рис. 5.7. Расчётная схема панели верхнего пояса сегментной фермы

Далее определяют расчётом сечения элементов решётки фермы, конструируют и рассчитывают опорные и промежуточные узлы несущей конструкции. Для подбора сечения элементов решётки каждого вида (подкосов, стоек) рассматривают наиболее напряжённый элемент и полученное сечение принимают также для всех остальных элементов. Конструирование узлов начинают с опорного с расчётом всех деталей узлов, участвующих в передаче усилий.

Кроме конструирования узлов, необходимо предусмотреть и рассчитать стыки элементов нижнего пояса и сконструировать стыки верхнего пояса по длине с учётом стандартной длины лесоматериалов и металлических частей.

При проектировании сплошных несущих конструкций (балок, арок, рам) подбирают их сечение по прочности и устойчивости с проверкой в необходимых случаях жёсткости (прогибов), а затем конструируют и рассчитывают узлы: опорные и коньковые. В рамах иногда предусматривается монтажный стык.

Фермы следует проектировать со строительным подъёмом не менее 1/200 пролёта, осуществляемым путём выгиба по верхнему и нижнему поясам. Строительный подъём, равный 1/200 пролёта, придаётся также балкам всех типов путём выгиба досок в процессе склеивания.

Компоновка сечений элементов несущих конструкций. Конструкции из цельной древесины с использованием пиломатериалов (брус, доски) компонуются без дополнительной обработки (строжки) сортиментов, поэтому номинальные размеры сечений пиломатериалов одновременно являются расчётными. При этом необходимо ориентироваться на установленный сортамент пиломатериалов по табл. 5.4.

В сквозных (стержневых) конструкциях для удобства конструирования узлов размеры сечения всех элементов (поясов, стоек, раскосов) в плоскости конструкции принимают одинаковыми.

Таблица 5.4

Толщина, мм	Ширина, мм						
	100	130	150	180	200	220	250
16	100	130	-	-	-	-	-
19	100	130	-	180	-	-	-
25	100	130	150	180	-	-	-
32	100	130	150	180	-	-	-
40	100	130	150	180	-	-	-
50	100	130	150	180	200	220	-
60	100	130	150	180	200	220	-
75	100	130	150	180	200	220	-
100	100	130	150	180	200	220	-
130	-	130	150	180	-	-	-
150	-	-	150	180	200	-	-
180	-	-	-	180	-	220	-
200	-	-	-	-	200	-	250
220	-	-	-	-	-	-	250
250	-	-	-	-	-	-	250
Примечание. Размеры пиломатериалов по длине установлены с градацией 0,25 м от 1 до 6,5 м.							

Компоновка сечений клееных элементов деревянных несущих конструкций имеет свои особенности. Как известно, путём склеивания пиломатериалов, в том числе маломерных, можно получить элементы практически неограниченных размеров как по длине, так и по сечению. При этом наряду с прямолинейными, возможно изготовление элементов криволинейного очертания и использование наиболее выгодных в статическом отношении форм сечения – двутавровой, коробчатой и т.п.

Однако ввиду усложнения технологии при изготовлении элементов указанной формы сечения, а также специфики прочностных свойств древесины, в частности низкой прочности при скалывании, основной формой сечения клееных элементов является прямоугольная, формируемая из пакета досок, склеенных по пластям водостойким клеем. При этом эффективное использование древесины достигается за счёт развития высоты сечения элементов, работающих на изгиб и сжатие с изгибом, и использования в средней по высоте сечения зоне пиломатериалов пониженного качества.

Для центрально-сжатых элементов используют преимущественно сечение квадратной формы, для центрально-растянутых – квадратной и прямоугольной. Максимальная высота сечения *h* по отношению к ширине *b* может быть ограничена и принята равной шестикратной ширине сечения для изгибаемых и пятикратной – для сжато-изгибаемых элементов (рис. 5.8). Пользуясь установленным соотношением и выразив высоту сечения через ширину, можно определить последнюю из условия прочности элемента при воздействии расчётного изгибающего момента. Получив таким образом требуемую ширину, а, следовательно, и высоту сечения элемента, рассматривают возможность компоновки сечения необходимых размеров, используя указанный в табл. 5.4 сортамент пиломатериалов. При этом следует иметь в виду, что для упрощения изготовления склеиваемый блок по ширине должен состоять, как правило, из одной доски.

В отдельных случаях при больших усилиях ширина сечения элемента может выходить за пределы рекомендуемого сортамента пиломатериалов. Тогда сечение по ширине комплектуют из двух, а иногда и более досок, имеющих разную ширину; ширина досок в слоях выбирается с таким расчётом, чтобы обеспечить требуемую общую ширину сечения и расположение стыков в смежных слоях в разбежку с уступом не менее толщины слоя δ (рис. 5.8).

При компоновке и уточнении проектных размеров сечения по ширине и высоте клееных элементов необходимо учитывать припуски на фрезерование пластей досок (слоёв), боковых поверхностей блоков после склеивания, а в сечениях, комплектуемых по ширине их двух и более досок, кроме того, припуски на фрезерование кромок досок перед склеиванием.

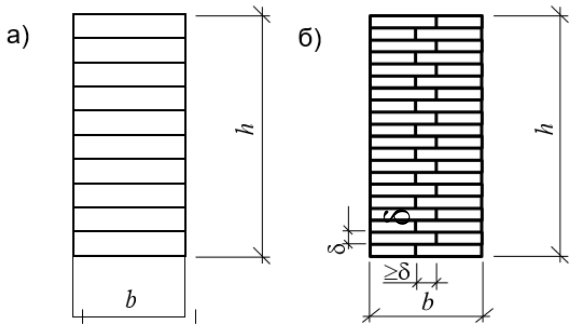


Рис. 5.8. Сечение многослойного пакета, формируемого по ширине из одной (а) и двух (б) досок)

Слои многослойных клееных элементов перед склеиванием по пласти фрезеруется с двух сторон без предварительного фугования по 1 группе припусков (ГОСТ 7307-75), величина которых указана в табл. 5.5.

Таблица 5.5

Номинальная толщина заготовок, мм	Припуск при номинальной ширине заготовок, мм		
	55 – 95	95 – 195	свыше 195
До 30	4	4,5	5
Свыше 30	5	5,5	6

Толщина пиломатериалов должна приниматься с таким расчётом, чтобы толщина склеиваемых слоёв в элементах, как правило, не превышала 33 мм. В криволинейных элементах, кроме того, толщина слоёв не должна превышать 1/150 радиуса кривизны. В прямолинейных элементах допускается толщина слоёв до 42 мм при условии устройства в них продольных прорезей. Высота сечения клееного пакета всегда будет кратна толщине слоёв, равной толщине пиломатериалов за вычетом припуска на фрезерование пластей.

Ширина пиломатериалов должна быть согласована с номинальной шириной клееного элемента с учётом суммарной величины припусков на фрезерование кромок заготовок (если слои по ширине склеиваются из двух и более досок) и обработку слоёв по ширине.

Припуски на фрезерование кромок заготовок перед склеиванием можно принимать в размере 4 мм на одну и 8 мм на две кромки.

4.4 Расчёт и конструирование основной стойки каркаса

Статический расчёт. Для определения расчётных усилий в стойке продольного фахверка рассматривают двухшарнирную раму, являющуюся основной несущей конструкцией здания, под воздействием вертикальных и горизонтальных (ветровых) нагрузок (рис. 5.9). За лишнюю неизвестную принимают реакцию ригеля – продольное усилие X в ригеле на уровне верха стойки, которое определяют по формуле

$$X = X_1 + X_2,$$ *(все не пропечатанные цифры – это 2)*

где $X_1 = \frac{3}{16} \cdot H(g_1 - g_2)$ и $X_2 = \frac{W_1 - W_2}{2}$

Здесь g_1 и g_2 – равномерно распределённая расчётная ветровая нагрузка (активное давление g_1 и отсос g_2); W_1 и W_2 – сосредоточенные ветровые нагрузки на уровне верха стойки, равные соответственно g_1h и g_2h.

В случае использования в качестве несущей конструкции покрытия треугольных, многоугольных и сегментных ферм, арок и сводов h=0 и, следовательно, $W_1 = W_2 = 0$.

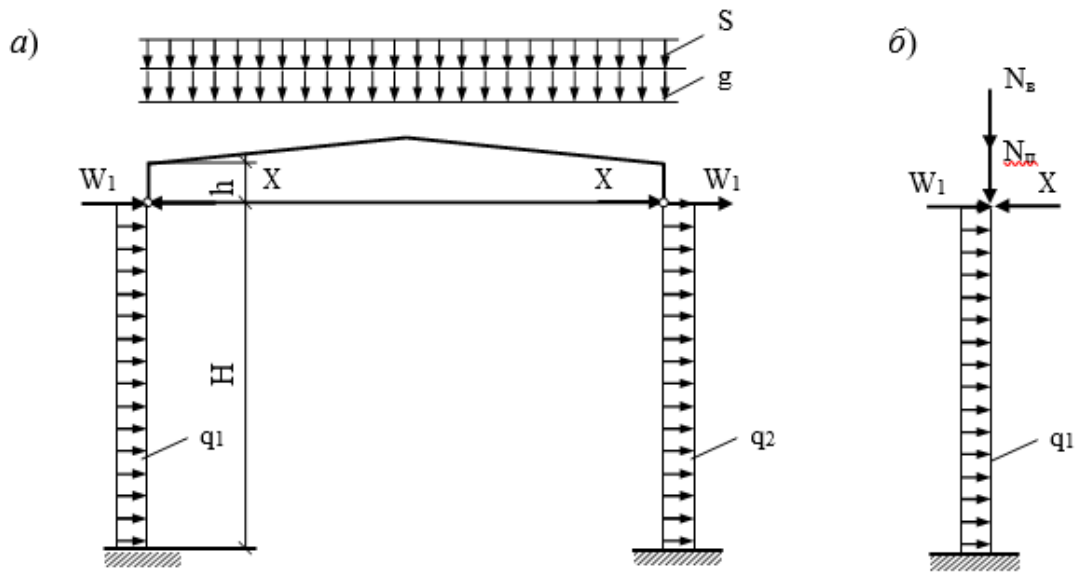


Рис. 5.9. Расчётная схема рамы (а) и стойки (б)

При расчёте стойки ее собственным весом, ввиду малости, можно пренебречь. Нагрузка от стенового ограждения, обычно опираемого на рандбалку, передаётся непосредственно на фундаменты. В этом случае расчётные усилия будут равны:
изгибающий момент в основании стойки

$$M = \frac{g_1 H^2}{2} + H \cdot (W_1 - X)$$

продольное усилие $N = N_{пост} + N_{вр}$,

где $N_{пост}$ – опорная реакция ригеля от веса покрытия;

$N_{вр}$ – опорная реакция ригеля от снеговой нагрузки.

Конструкция и расчёт стоек. Наиболее широко применяются плоские стойки. Они могут быть решётчатыми и сплошными – чаще сплошными. Сплошные стойки могут быть из двух брёвен или брусьев на колодках, клееные – из досок.

Высота стоек H на колодках лимитируется максимальной длиной сортиментов: не более 6,5 м для бруса и 7,5 м – для бревен. Высота клеефанерных и клеедощатых стоек практически не лимитируется.

При проектировании стойки с целью упрощения её закрепления в фундаменте высоту сечения h принимают равной 1/12 – 1/14 H и задаются шириной сечения b в пределах 1/2 - 1/5 h с учётом размеров рекомендуемого сортамента пиломатериалов (табл. 5.4).

Затем производят проверку прочности стойки по краевым нормальным напряжениям в плоскости рамы по формуле расчёта сжато- изгибаемых элементов. При этом расчётная длина стойки для определения коэффициента ζ принимается равной двойной высоте ($l_0=2H$).

В стойках на колодках учитывается податливость связей введением коэффициента приведения гибкости μ = 1,2. Определяют число колодок, равномерно расставленных по длине стойки.

В клеедощатых стойках проверяют прочность на скалывание по клеевым швам.

Из плоскости рамы проверяют устойчивость стойки при центральном сжатии: расчётная длина стойки принимается равной её фактической высоте. Если между стойками по длине здания имеются связи, например, продольные ригели, то расчётная длина принимается равной расстоянию между связями.

Конструкция и расчёт закрепления стоек в фундаментах. Прикрепление стоек к фундаменту обычно производится при помощи металлических анкеров (рис. 5.11). Усилия от анкеров передаются на накладки и связи, соединяющие накладки со стойками. В качестве связей могут использоваться клеевые соединения или нагели. Учитывая хрупкий характер работы древесины на скалывание, предпочтительно использование нагельного соединения, отличающегося высокой степенью надёжности.

Расчётное усилие в анкерных болтах $N_б$ определяют при самом невыгодном загружении – при максимальной ветровой нагрузке и минимальной вертикальной нагрузке, которая уменьшает растягивающее усилие в анкерах.

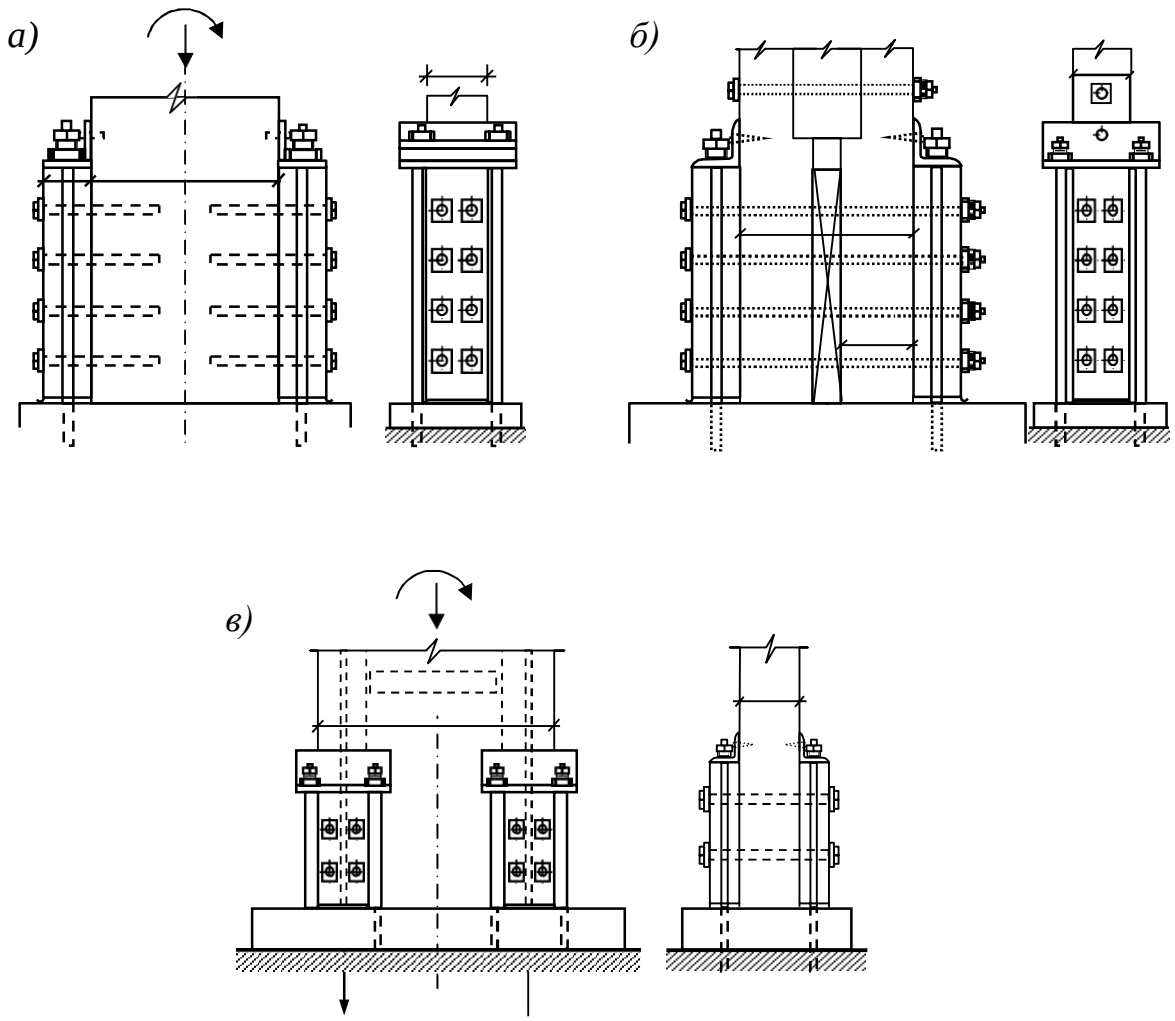


Рис. 5.11. Конструкции закрепления стоек в фундаментах:
а) – клеедощатая; *б*) – на колодках; *в*) - клеефанерной

По величине $N_б$ – определяют диаметр анкерных болтов и число односрезных болтов (несимметричное соединение) или глухарей для прикрепления накладок к стойке.

По растягивающему усилию $N_б$ определяют диаметр анкерных болтов и число двухсрезных болтов, прикрепляющих накладки к стенке.

Если в качестве основной несущей конструкции здания используются трехшарнирные рамы или арки, опирающиеся непосредственно на фундаменты, производят расчёт и конструирование стойки торцевого фахверка (имеющей наибольшую высоту). На фундаменты стойки могут опираться шарнирно или с защемлением.

В первом случае при передаче нагрузки от стенового ограждения непосредственно фундаментам, стойки рассчитывают, как балку на двух опорах под воздействием ветровой нагрузки; во втором случае – как балку с одним заделанным концом и другими опирающимися шарнирно. Конструкция узла примыкания стойки к покрытию должна обеспечивать восприятие ветрового отсоса и не препятствовать свободному перемещению конструкции покрытия в вертикальной плоскости (прогибу) при изменении нагрузки на него.

4.5 Защита от загнивания.

Защитная обработка и конструктивные меры защиты древесины должны предусматривать сохранность конструкций при транспортировании, хранении и монтаже, а также увеличить их долговечность в процессе эксплуатации.

Конструктивные меры должны обеспечивать предохранение древесины от непосредственного увлажнения атмосферными осадками, грунтовыми и талыми водами, промерзания, капиллярного и конденсационного увлажнения.

Деревянные конструкции должны быть открытыми, хорошо проветриваемыми, по возможности доступными для осмотра и возобновления защитной обработки. Опорные части несущих элементов должны быть не только антисептированы, но и защищены тепло- и водоизоляционными материалами. Если покрытие плоское и деревянные элементы находятся внутри него, должно быть обеспечено проветривание между теплоизоляцией и верхним настилом. Целесообразно применять открытые несущие конструкции.

В отапливаемых зданиях и сооружениях несущие конструкции (балки, рамы, арки, фермы и др.) следует располагать так, чтобы они целиком находились либо в пределах отапливаемого помещения, либо вне него.

При эксплуатации несущих конструкций в условиях, где возможно выпадение конденсата на металлических поверхностях, следует принимать меры по предохранению древесины от увлажнения в местах контакта с металлом. Для этой цели до постановки металлических деталей на место поверхности, контактирующие с древесиной, рекомендуется промазывать мастикой («Изол», «Вента», «Лило», Гиссар-1 (ТУ 21-27-89-90), тиоколовой и др.) таким образом, чтобы при постановке на место делали плотно прилагали к древесине, а мастика, выдавливаясь, хорошо заполняла зазоры между металлами, древесиной, при постановке крепежных деталей (уголков, болтов, и т.п.) вместо мастик можно использовать прокладки из рулонных гидроизоляционных материалов (изола, стеклорубероида, гидроизола и др.), эластичные прокладки и уплотнительные ленты.

Для защиты несущих и ограждающих конструкций от увлажнения должны применяться лакокрасочные материалы, тиоколовые мастики и составы на основе эпоксидных смол.

а) Лакокрасочные материалы

I. Перхлорвиниловые эмали представляют собой растворы перхлорвиниловой смолы в смеси летучих органических растворителей с добавлением других смол, пластификаторов и пигментов.

   Эмали: ХВ-110, ХВ-124, ХВ-1100, ХВ-5159, лак – ХВ-784.

   Благодаря устойчивости к постоянному воздействию атмосферных факторов покрытия ХВ-110, ХВ-124 и ХВ-1100 рекомендуются для защиты конструкций на открытом воздухе и под навесом.

2. Пентафталевые эмали (ПФ-115, ПВ-133, лак ПФ-170, ПФ-171) могут применяться для защиты деревянных конструкций на открытом воздухе и под навесом, а также в помещении как декоративно- отделочные и влагозащитные.
3. Уретановые и уретаново-алкидные (эмаль УР-49, лак УР-294, эмаль УРФ-1128 уретаново-алкидная) – для защиты конструкций, эксплуатируемых как под навесом, так и на открытом воздухе.
4. Масляно-смоляные лаки (ГФ-166, ПФ-283) – для защиты конструкций под навесом и на открытом воздухе.

II. Тиоколовые мастики (марок У-30, У032) – рекомендуется для защиты торцов деревянных конструкций.

III. Составы на основе эпоксидных смол применяются для защиты торцов несущих деревянных конструкций (на основе смолы К-153 или 115, на основе шпатлевки ЭН-0010).

Химическая защита древесины необходима в тех случаях, когда её увлажнение в процессе эксплуатации неизбежно, или, когда используемая древесина имеет влажность более 20% (но не более 25%).

Химическая защита заключается в пропитке их ядовитыми для грибов веществами – антисептиками. Они разделяются на две группы: водорастворимые (неорганические) и маслянистые (органические).

Водорастворимые: Фтористый натрий, кремнефтористый натрий, а также КФ А, ТФБА, ББ-32, ХМБ-444, МБ-1, ХМ-3324. Маслянистые:
каменноугольные, сланцевые масла, древесный деготь и т.д.

Примерная тактика защитной обработки конструкций приведена в табл. 5.6.

Таблица 5.6

Условия эксплуатации по I	Обрабатываемая поверхность	Способ обработки	Защитные составы
1	2	3	4
А2, А3, Б3	Поверхность несущих элементов	Нанесение влагозащитного лакокрасочного	Пентафелевая эмаль ПФ-115. Алкидно- карбамидная эмаль МИ-181, Уретаново- алкидная эмаль УРФ№1128
	Места соприкасания несущих деревянных элементов с бетоном, камнем, металлом	Нанесение тиоколовых мастик или герметиков с последующей гидроизоляцией рулонным материалом	Тиоколовая мастика АМ-05; тиоколовые герметики У-30М, УТ- 32
	Деревянные прокладки и другие несущие элементы, соприкасающиеся с бетоном, камнем, металлом	Пропитка в холодных ваннах с предварительным нагреванием и последующей гидроизоляцией рулонным материалом, допускается нанесение паст с последующей гидроизоляцией рулонным материалом	Фтористый натрий технический. Паста марки 200
А2, А3, Б3	Поверхность дощатой или фанерной обшивки панелей стен, покрытий и подвесного потолка внутри помещений	Нанесение влагозащитного лакокрасочного покрытия	Пентафталевая эмаль ПФ-115, алкидно- карбимидная эмаль МИ-181, уретаново-алкидная эмаль УРФ-1128
А3, Б3	Наружная поверхность дощатой или фанерной	То же	Пентафталевая эмаль ПФ-115, перхлорвиниловая

	обшивки панелей стен, подвергающаяся атмосферному воздействию		эмаль ХВ-5169, поливинилхлоридная эмаль ХВ-110, ХВ- 1100, ХВ-124, УРФ-1128
А2, А3, Б3	Внутренняя поверхность дощатой или фанерной обшивки стен, покрытий и подвесного потолка, а также наружная поверхность дощатой или фанерной обшивки панелей под рулонным ковром.	Поверхностная обработка	Тетрафторсорбат аммония, состав ДСК-II с кремний-фтористым аммонием ХБМ-444

4.6 Защита от возгорания

При проектировании предпочтительнее выбирать конструкции прямоугольного массивного сечения, поскольку они имеют относительно малую поверхность, смываемую воздухом.

При использовании ферм и арок с металлическими нижними поясами и затяжками рекомендуется устраивать подвесной потолок или экран из несгораемых или трудно сгораемых материалов.

Плиты покрытий следует опирать непосредственно на несущие конструкции без использования прогонов. Ограждающие конструкции, особенно плиты покрытий, в пожарном отношении более опасны, чем несущие конструкции, и требуют особого внимания к вопросам защиты от возгорания. Для повышения огнестойкости ограждающих конструкций рекомендуется использовать обшивки и утеплители из несгораемых или трудно сгораемых материалов, а сами плита с гладким потолком.

Для защиты конструкций от возгорания рекомендуется применить пропиточные и окрасочные составы.

Для глубокой пропитки древесины рекомендуются водорастворимые огнезащитные составы МС 1:1, МС 3:7, ББ–11, МБ-1. Для поверхностной огнезащитной пропитки рекомендуются составы МС и ПП. Обработанная указанными составами древесина относится к группе трудновоспламеняемых материалов.

В качестве огнезащитных покрытий для защиты древесины от возгорания рекомендуются покрытия на основе перхлорвиниловой эмали ХВ-5169, фосфатное ОФП-9, вспучивающееся ВПД.

4.7 Защита деревянных конструкций при транспортировке, складировании и хранении

При транспортировке конструкций рекомендуется укрывать их водонепроницаемой бумагой или полиэтиленовой пленкой, можно применять и гидроизоляционные материалы (пакеты конструкций). На плиты покрытий под рулонную кровлю рекомендуется прямо на заводе- изготовителе наклеивать первый слой рулонного ковра.

Конструкции, как несущие, так и ограждающие, рекомендуется хранить на базисных складах в закрытых помещениях или под навесом, на перегрузочных и приобъектных складах под навесом или на открытых площадках.

5. Указания по оформлению пояснительной записки и листа чертежей

Указания по оформлению содержатся в задании на выполнение КП.

Примеры выполнения КП прилагаются. Смотрите по расчетам и по объему, но оформление ПЗ и ГЧ выполнить по ГОСТ, как выполняли контрольные работы.

ЛИТЕРАТУРА

1. СП 64.13330.2017 Деревянные конструкции.
2. СП 20.13330.2016 Нагрузки и воздействия.
3. Вдовин В.М. «Проектирование клеедощатых и клеефанерных конструкций», Учебное пособие, Пенза: ПГУАС, 2016 г.
4. Вдовин В.М. «Проектирование ограждающих конструкций из дерева и пластмасс», Учебное пособие, Пенза: ПГУАС, 2016 г.
5. Вдовин В.М. Карпов В.Н. «Конструкции из дерева и пластмасс», Сборник задач, Пенза: ПГУАС, 2017 г.