

В. Г. Миронов

***Курс конструкций из дерева
и пластмасс в рисунках
с комментариями***

126

рисунков, таблиц и схем

Нижний Новгород
2018

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет»

В. Г. Миронов

*Курс конструкций из дерева
и пластмасс в рисунках
с комментариями*

Утверждено редакционно-издательским советом университета
в качестве учебного пособия

2-е издание, переработанное и дополненное

Нижний Новгород
ННГАСУ
2018

ББК 38.55Я7
М 64
УДК 624.011.1.04(075)

Печатается в авторской редакции

Рецензенты:

В.Г. Котлов – к.т.н, доцент, директор института строительства и архитектуры, профессор кафедры строительных конструкций и водоснабжения Поволжского государственного технического университета
С.И. Рощина – д-р т.н., профессор, зав. кафедрой строительных конструкций Владимирского государственного университета им. А. Г. и Н. Г. Столетовых

Миронов В.Г. Курс конструкций из дерева и пластмасс в рисунках с комментариями [Текст]: учебн. пособие. . 2-е изд., переработанное и дополненное / В. Г. Миронов; Нижегород. гос. архитектур.-строит. ун-т. – Н.Новгород: ННГАСУ, 2018. – 144с. ISBN 978-5-528-00250-7

В пособии собраны сведения о древесине как конструкционном материале, строении и свойствах древесины, видах соединений в деревянных конструкциях, основах расчета элементов деревянных конструкций цельного, составного и клееного сечений. Собран наглядный материал об основных видах деревянных конструкций: балках, фермах, рамах, арках, а также о пространственных конструкциях и конструкциях на основе пластмасс. Материал изложен в форме рисунков, что очень хорошо воспринимается при изучении курса. Рисунки имеют необходимые дополнения в виде комментариев и основных формул для расчета изображаемой конструкции. Пособие полностью отвечает объему курса «Конструкции из дерева и пластмасс».

Предназначено для студентов строительных специальностей, а также может быть полезно специалистам проектных организаций и производственных предприятий.

Илл. 126, Табл. 13, Библиогр. 9 назв.

ББК 38.55Я7

ISBN 978-5-528-00250-7

© В.Г. Миронов, 2018
©ННГАСУ, 2018

Содержание	стр.
Раздел 1. Физические свойства, строение, влага, защита	4
Раздел 2. Расчет ДК по методу предельных состояний. Стропильные конструкции. Настилы и прогоны в покрытиях	16
Раздел 3. Соединения в деревянных конструкциях	50
Раздел 4. Балки	71
Раздел 5. Фермы	92
Раздел 6. Арки	107
Раздел 7. Рамы	118
Раздел 8. Пространственные конструкции	130
Раздел 9. Пластмассы в строительстве	138

РАЗДЕЛ 1

*Сырьевая база, физические свойства,
строение, влага, защита*

1. Сырьевая база

По запасам деловой древесины на корню Россия занимает первое место в мире. Эти запасы оцениваются цифрой 62 млрд куб. м. При ежегодном естественном приросте 650 млн.куб.м объем годовых заготовок составляет около 400млн.куб.м. На нужды строительства идет почти половина этого объема. Основная масса (около 3/4) лесных площадей расположена в районах Сибири, Дальнего Востока и северных областей Европейской части страны. Почти 3/4 наших лесов состоит из наиболее ценных для строительства хвойных пород. Из них 2/5 занимает лиственница; 1/6 — сосна; 1/8 — ель; еще меньше — пихта и кедр. Лиственные породы занимают около 1/4 площади лесов. Наиболее распространенной лиственной породой является берёза, занимающая почти 1/6 площади всех лесов.

Для изготовления основных элементов деревянных конструкций и строительных деталей используют, как правило, хвойную древесину. Наиболее высоким качеством отличается сосновая древесина из северных районов Европейской части страны, где деревья растут медленно и дают более прочную древесину. Кроме сосны, к хвойным породам относятся ель, пихта, лиственница, кедр.

Лесоматериалы

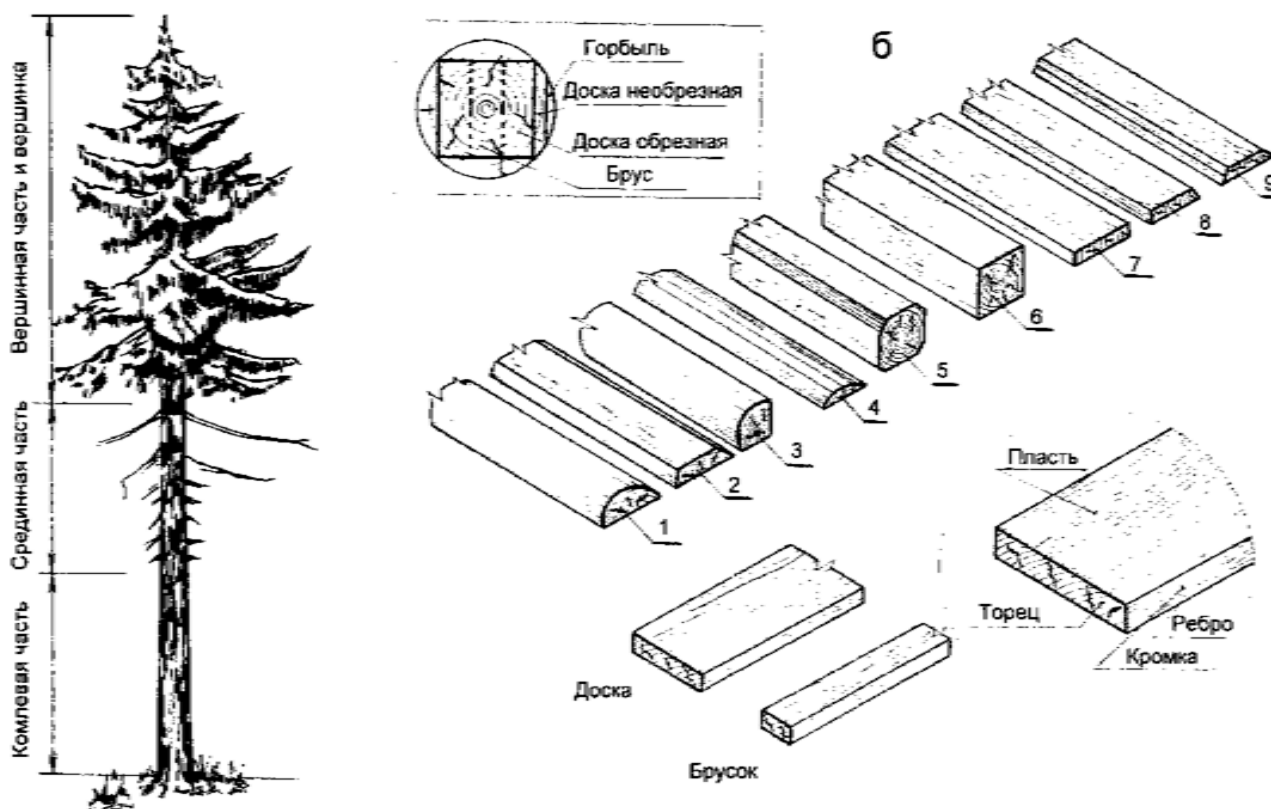


Рис. 1.2. Виды лесоматериалов, используемых в строительстве
 1-пластина; 2-шпала; 3-четвертина; 4-горбыль; 5-четырёхканный брус; 6-чистообрезной брус;
 7- доска чистообрезная; 8 и 9-доска необрезная с тупым и острым обзолом.

Круглые лесоматериалы—бревна—получаются в результате распиловки ствола дерева (хлыста) на части длиной от 4,0 до 6,5 м.

Брус— пиломатериал толщиной и шириной более 10 см. Различают чистообрезные брусья, а также двух- и четырехканные брусья. Последние имеют соответственно две или четыре плоские стороны, но вместо углов—скругленную естественную поверхность бревна.

Доска— пиломатериал толщиной до 10 см и шириной более двойной толщины. Доски бывают чистообрезные или необрезные (с обзолом). Последние в несущих конструкциях не применяются.

Брусик — пиломатериал толщиной до 10 см, шириной менее двойной толщины.

Строение и физические свойства древесины

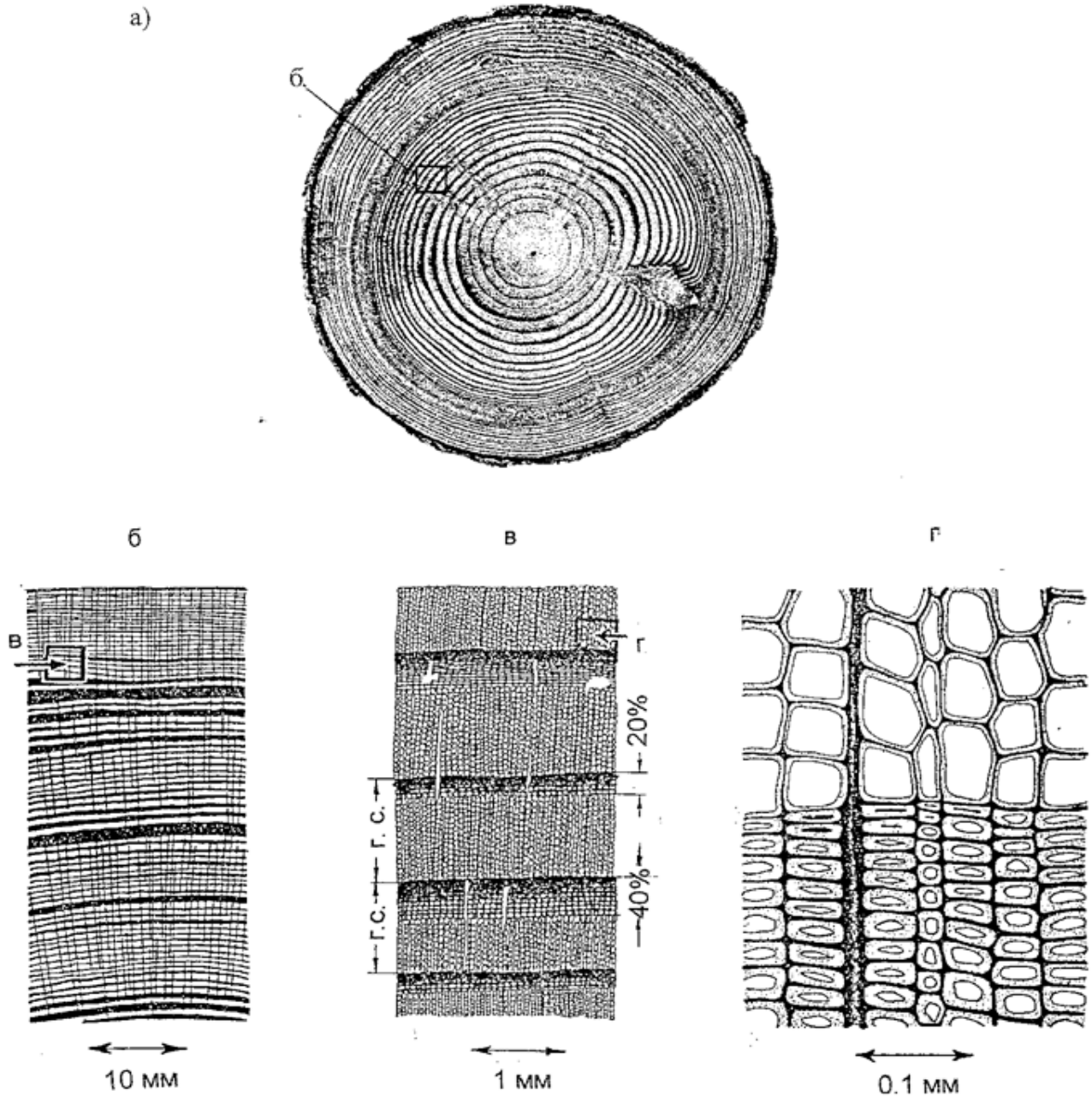
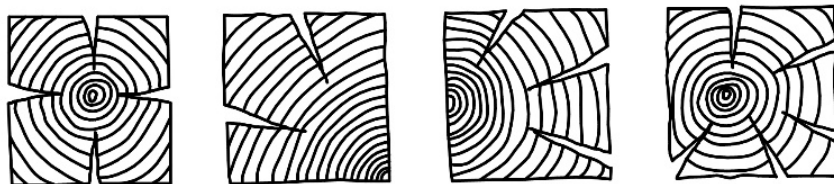


Рис.1.3. Поперечный разрез ствола сосны. Макроструктура ствола в разрезе (а) и микроструктура с увеличением в 10 (б), 100 (в) и 1000 (г) раз

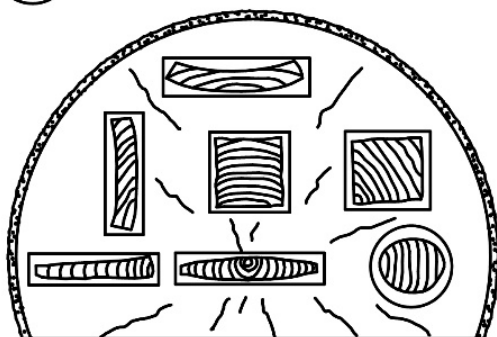
На разрезе видны четкие concentрические линии - годовичные слои (Г.С.), которые, как видно при 100-кратном увеличении, из более плотной поздней древесины (темные полосы) и менее плотной (светлые полосы) ранней древесины. В строительных конструкциях должна использоваться древесина с содержанием поздней древесины не менее 20%. При 1000-кратном увеличении видно, что стенки клеток у поздней древесины более толстые, а значит, и более прочные. Внутренняя полость в них меньше, а значит и воды в них меньше.

Влага в древесине

а



б



в

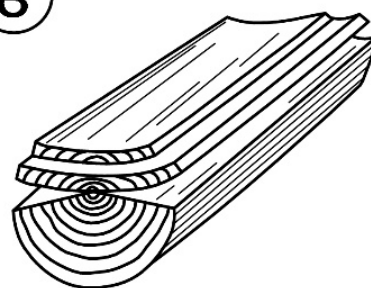


Рис.1.4. Усушечные трещины и коробление пиломатериалов в зависимости от места расположения сечения пиломатериала на срезе ствола дерева.

Из рисунка видно, усушечные трещины располагаются поперек годовичных слоев, а их вершина стремится к сердцевине ствола:

а - усушечные трещины в брусе при неправильной сушке; б - коробление

больше к периферии ствола; в - вид покоробленных досок (видно искривление досок крыльями от сердцевины ствола).

Наибольшая усушка или разбухание происходят поперек волокон, перпендикулярно годовым кольцам и достигают здесь 12%. В тангентальном направлении (параллельно касательной к годовым кольцам) усушка или разбухание составляют 6%, а вдоль волокон они не превышают, как правило, 0,3%.

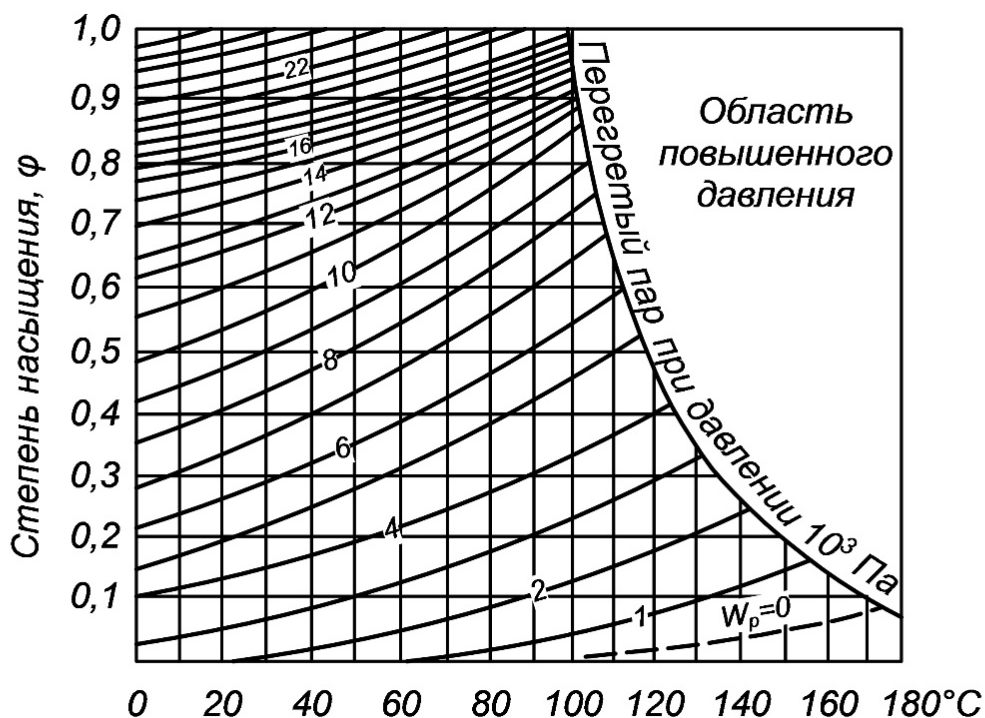


Рис. 1.5. Диаграмма равновесной влажности. Она позволяет предвидеть, какую влажность будет иметь древесина при конкретных температуре и влажности окружающего воздуха. Например, при влажности воздуха 60% и температуре 20°C влажность древесины W будет примерно 11%.

Древесина обладает свойством гигроскопичности, то есть изменяет свою влажность в зависимости от влажности и температуры окружающего воздуха.

Три вида влаги в древесине:

- **свободная влага** — частично или полностью она заполняет внутреннюю полость клеток и межклеточное пространство;
- **гигроскопическая влага** — эту влагу впитали в себя стенки клеток;
- **химически связанная влага** — она входит в химический состав древесинного вещества.

Максимальное количество гигроскопической влаги в древесине соответствует точке насыщения волокон и составляет при температуре 20°C примерно 30%. Влажность, соответствующую состоянию древесины, когда она не поглощает влагу из окружающего воздуха и не выделяет ее, называют равновесной влажностью.

Физические свойства древесины

Плотность древесины зависит от целого ряда факторов: особенности строения породы дерева; количества поздней древесины; толщины стенок трахеид; количества влаги (влажности).

В расчётах плотность сосны при нормальной влажности (например, для условий эксплуатации классов 1, 1а и 2 по табл. 1 [СТТ 64.13330...]) принимается равной 500 кг/м^3 . В других случаях (классы 3 и 4) она выше и принимается равной 600 кг/м^3 .

Плотность лиственницы соответственно равна 650 и 800 кг/м^3 , а таких пород, как дуб, бук, береза, клен, граб — 700 и 800 кг/м^3 .

Твёрдость древесины весьма невысока. Она выражается величиной силы (в Ньютонах), необходимой для выдавливания стальной полусферы радиусом $5,64 \text{ мм}$. Для древесины сосны поперек волокон она равна всего 1000 Н .

Температурное расширение материалов при нагревании характеризуется коэффициентом линейного расширения α . В древесине оно неодинаково для направлений вдоль и поперек волокон. Вдоль волокон коэффициент линейного расширения составляет величину $(3-5) \cdot 10^{-6} \text{ град}^{-1}$. Это в 2-3 раза меньше, чем у стали ($11,5 \cdot 10^{-6} \text{ град}^{-1}$).

Теплопроводность оценивается коэффициентом теплопроводности λ , величина которого для древесины сосны воздушной влажности поперек волокон колеблется в пределах от $0,12-0,15 \text{ ккал/м} \cdot \text{ч} \cdot \text{град}$ ($0,14-0,17 \text{ Вт/м} \cdot \text{°C}$). Для направления вдоль волокон этот коэффициент равен $0,26-0,30 \text{ ккал/м} \cdot \text{ч} \cdot \text{град}$ ($0,30-0,35 \text{ Вт/м} \cdot \text{°C}$).

Теплоёмкость древесины имеет, напротив, высокое значение, что позволяет относить ее к «теплым» материалам. Удельная теплоёмкость древесины сосны воздушной влажности $C = 2,7 \text{ Дж/кг} \cdot \text{°C}$.

У стали при комнатной температуре — примерно $0,46 \text{ Дж/кг} \cdot \text{°C}$. У бетона — $1,0 \text{ Дж/кг} \cdot \text{°C}$.

Механические свойства древесины

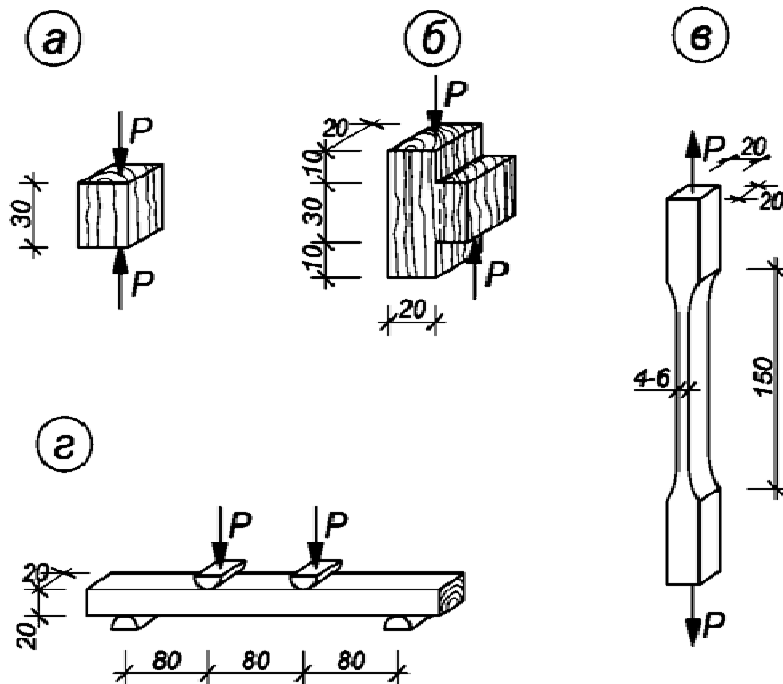


Рис.1.6. Стандартные малые образцы для испытания древесины на прочность: а- на сжатие; б- на скалывание вдоль волокон; в- на растяжение; г- на изгиб

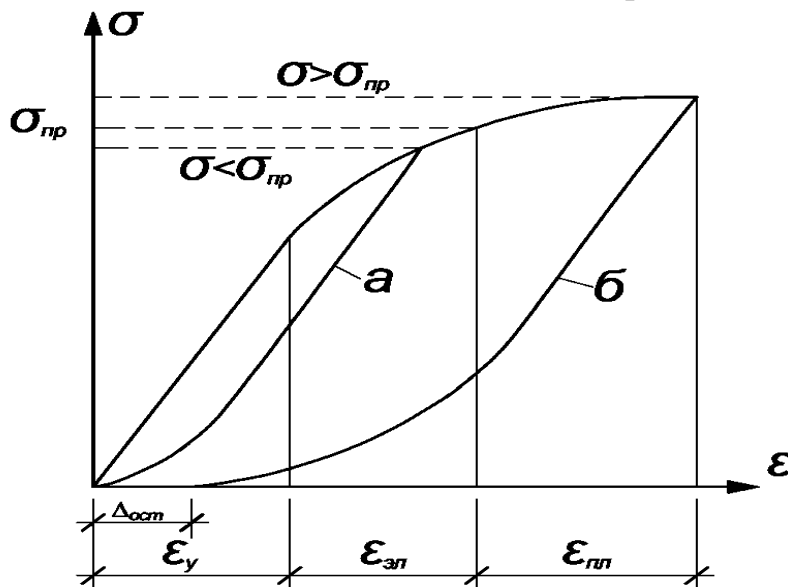


Рис.1.7. Диаграмма «нагрузка – разгрузка», которая показывает, что до напряжений, составляющих половину предела прочности древесина работает как упругий материал. Затем появляются эластические деформации (деформации последствий), а после достижения предела пропорциональности в материале появляются остаточные деформации

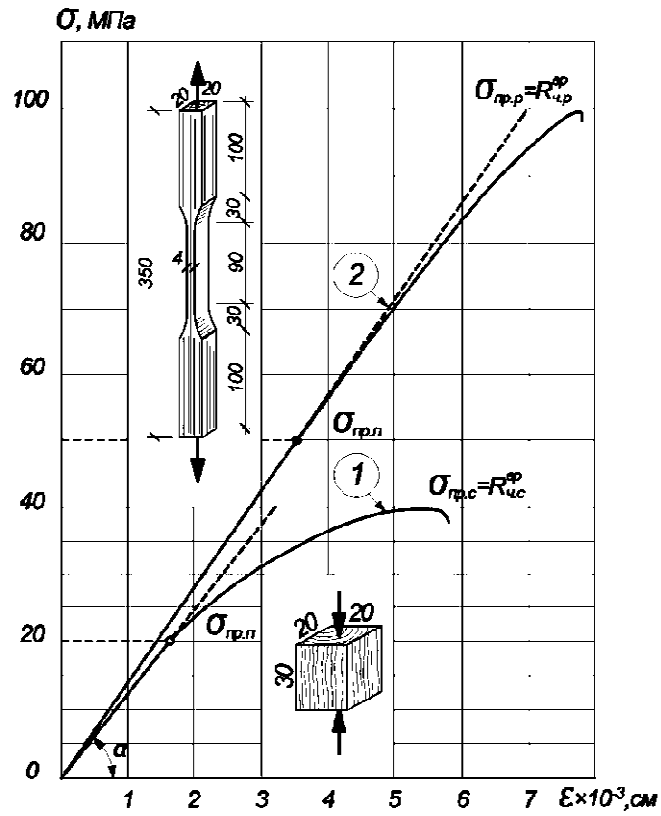


Рис. 1.8. Диаграммы работы древесины по результатам стандартных испытаний: 1- на сжатие; 2- на растяжение

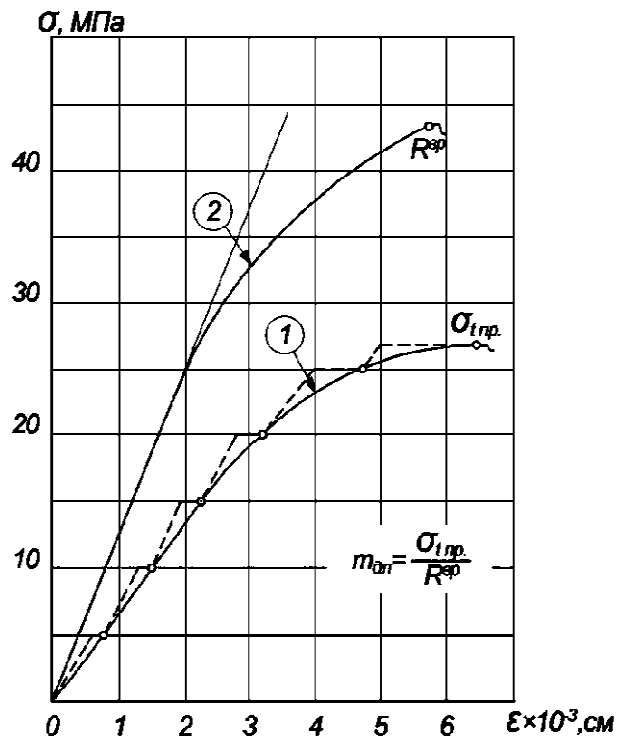


Рис.1.9. Диаграммы работы древесины при длительных (1) и машинных (2) испытаниях

Защита от гниения и горения

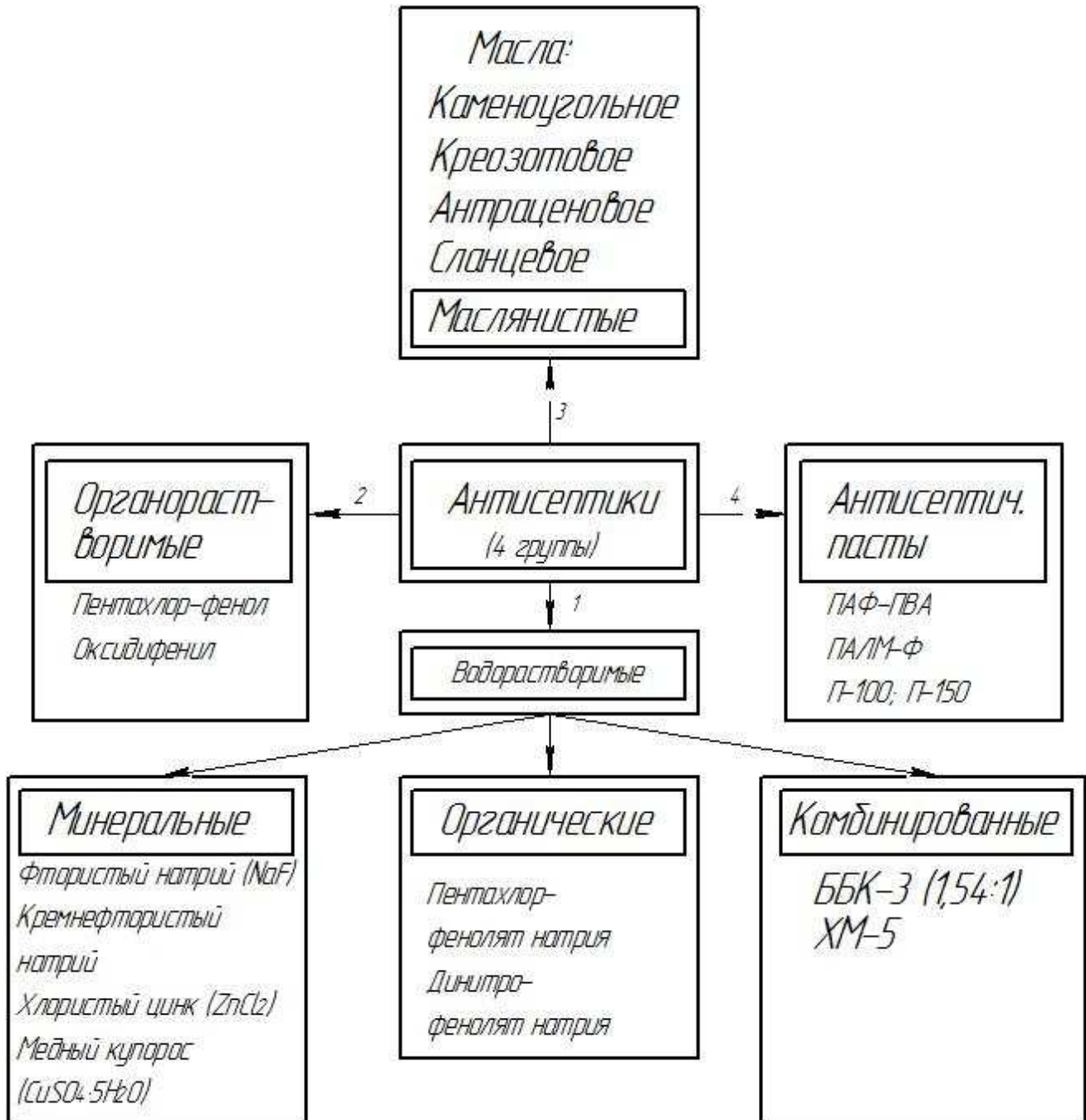


Рис.1.10. Группы антисептиков

За последние годы появилось много комбинированных защитных пропиток, позволяющих защитить древесину в конструкциях на 5 - 10 лет от гниения и возгорания. Все они тут же появляются в торговой сети. Особое доверие вызывают составы, разработанные в лаборатории «СЕНЕЖ»

Зная природу и механизм гниения древесины, легко понять, что для ее гниения необходимы определенные благоприятствующие условия.

Таковыми являются:

- начальная влажность древесины не ниже 18—20%;
- присутствие воздуха (свободного кислорода);
- положительная температура от 5 до 45 °С;
- отсутствие возможности быстрого высыхания древесины.

Древесина с влажностью более 75% гниет медленно, а в воде абсолютно не гниет. Последний факт позволяет строителям возводить деревянные фундаменты и основания, залегающие ниже уровня грунтовых вод или воды в близлежащих водоемах.

При отрицательных температурах вода в древесине замерзает, и древесина не гниет.

При температурах выше 45°С вода из древесины быстро испаряется и древесина не гниет. Названные выше условия прекращают развитие грибов, но не убивают их, поэтому при изменении условий гниение может возобновиться.

Если же нагреть древесину до температуры 80 °С, то споры грибов и грибница погибают и происходит стерилизация древесины.

Антипирены

Бура ($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$)	по ГОСТ 8429-77
Борная кислота (H_3BO_3)	по ГОСТ 18704-78
Диаммонийфосфат тех.	по ГОСТ 8515-75
Сульфат аммония тех.	по ГОСТ 9097-74
Хлористый аммоний тех.	



Рис. 1.11. Основные антипирены, огнезащитные краски и обмазки

РАЗДЕЛ 2

Расчет ДК по методу предельных состояний.

Стропильные конструкции

2.1. Расчет ДК по методу предельных состояний

Предельные состояния — это такие состояния, когда конструкция не может эксплуатироваться, потому что, хотя бы один из ее элементов разрушится в результате действия внутренних напряжений или получит недопустимые деформации, если нагрузка (усилие) превысит предельное значение. Для конструкций из дерева и пластмасс установлены две группы предельных состояний.

Первая группа — по прочности и устойчивости — определяется непригодностью конструкции к дальнейшей эксплуатации. Это происходит, если максимальные нормальные или скалывающие напряжения превысят значения расчетных сопротивлений материала конструкции, из которого она изготовлена.

Вторая группа — по деформациям — определяется непригодностью конструкции к нормальной эксплуатации. Это происходит, если прогибы, перемещения или сдвиги, хотя бы в одном из ее элементов (или в конструкции в целом), превысят допустимые нормативные значения. Предельные состояния второй группы не влекут за собой немедленного разрушения, но в результате искажения формы конструкции могут привести к нежелательным явлениям. Аналитические выражения предельных состояний имеют следующий вид:

$$\sigma \leq R; \quad \tau \leq R \quad (2.1)$$

$$\frac{f}{l} \leq \left[\frac{f}{l} \right]; \quad f \leq f_u. \quad (2.2)$$

2.2. Нагрузки

Постоянные нагрузки

При расчете деревянных конструкций учитываются: постоянная нагрузка от собственного веса конструкций и других элементов зданий или сооружений g ; временные нагрузки от снега S , ветрового давления W , веса технологического оборудования и людей.

При предварительном расчете нагрузку от собственного веса несущей конструкции $g_{с.в.}^H$ можно определить приближенно, пользуясь эмпирической формулой

$$g_{с.в.}^H = \frac{(g_H + S_H)}{(1000 / (K_{с.в.} * l) - 1)} \quad (2.3)$$

где: g^H — постоянная нагрузка на рассчитываемую конструкцию, исключая её собственный вес;

S^H — временная равномерно распределенная снеговая нагрузка;

l — пролёт конструкции;

$K_{с.в.}$ — коэффициент собственного веса рассчитываемой конструкции.

Снеговые нагрузки

Нормативное значение снеговой нагрузки на горизонтальную проекцию покрытия следует определять по формуле:

$$S_0 = c_B c_t \mu S_g$$

где c_B - коэффициент, учитывающий снос снега с покрытий зданий под действием ветра или иных факторов, принимаемый в соответствии с 10.5-10.9 СТП 2013330-16;

c_t - термический коэффициент, принимаемый в соответствии с 10.10 этого же СТП;

μ - коэффициент перехода от веса снегового покрова земли к снеговой нагрузке на покрытие, принимаемый в соответствии с 10.4 этого же СТП;

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

Таблица 1

Снеговые районы (принимаются по карте 1 приложения Е)	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
S_g , кПа	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0

Коэффициент сноса снега принимается по формуле (1), но не менее 0,5:

$$c_B = (1.2 - 0.4\sqrt{k})(0.8 + 0.002l_c) \quad (1)$$

где k - принимается по таблице 11.2 СТП для типов местности А или В (см. 11.1.6 там же);

$l_c = 2b - \frac{b^2}{l}$ - характерный размер покрытия, принимаемый не более 100 м;

b - наименьший размер покрытия в плане;

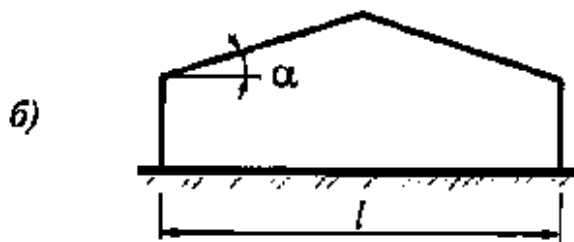
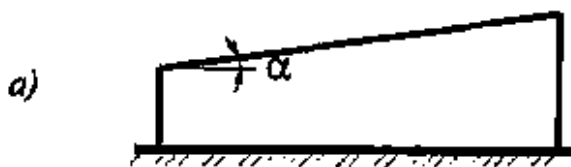
l - наибольший размер покрытия в плане.

Здания с односкатными и двускатными покрытиями

а) Для зданий с односкатными и двускатными покрытиями (рисунок Б.1) коэффициент μ определяется по таблице 2.1. Промежуточные значения определяются линейной интерполяцией.

Таблица 2.1

Уклон покрытия α , град.	μ
$\alpha \leq 30^\circ$	1
$\alpha \geq 60^\circ$	0

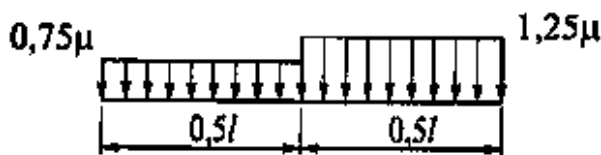


μ

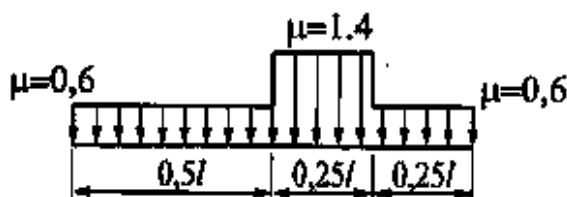
Вариант 1



Вариант 2



Вариант 3



б) Варианты 2 и 3 следует учитывать для зданий с двускатными покрытиями (профиль б), при этом вариант 2 - при $15^\circ \leq \alpha \leq 40^\circ$; вариант 3 - при $10^\circ \leq \alpha \leq 30^\circ$ только при наличии ходовых мостиков или аэрационных устройств по коньку покрытия.

Здания со сводчатыми и близкими к ним по очертанию покрытиями

Для зданий со сводчатыми и близкими к ним по очертанию покрытиями (рисунок Б.2) следует принимать

$$\mu_1 = \cos(1,5\alpha); \mu_2 = 2 \sin(3\alpha),$$

где α - уклон покрытия, град.;

при этом

значения μ_1 вычисляются в каждой точке покрытия;

значения μ_2 - в точках с уклоном $\alpha=30^\circ, 60^\circ$ и в

крайнем сечении покрытия (точки А, В и С на рисунке

Б.2). Промежуточные

значения μ_2 определяются линейной интерполяцией.

При $\alpha \geq 60^\circ$ $\mu_1 = 0$ и $\mu_2 = 0$.

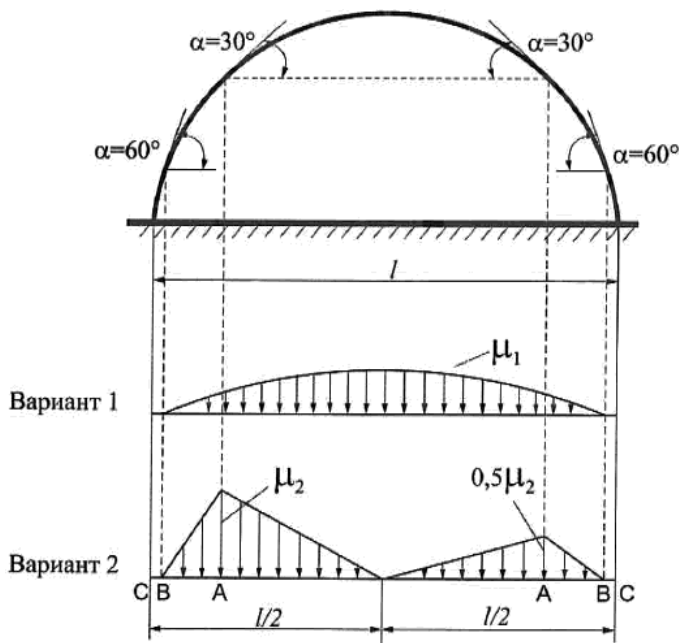


Рис. 2.1. Покрытия в виде круговой арки

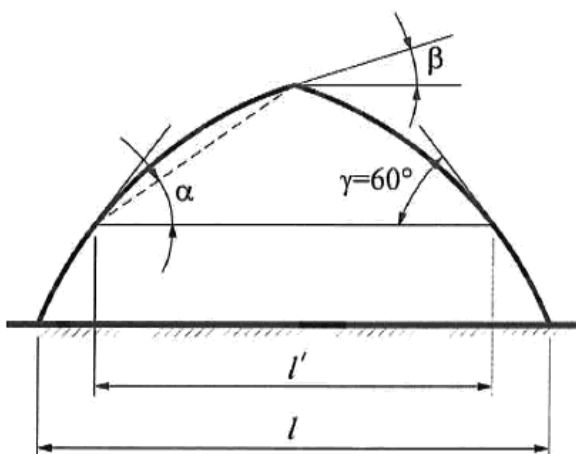


Рис. 2.2. Стрельчатая арка

Для покрытий в виде стрельчатых арок (рисунок 3) при $\beta \geq 15^\circ$ необходимо использовать схему 1 - рисунок 1, б, принимая, $l = l'$

При $\beta < 15^\circ$ - схему 1. на рис. 2.

*РАСЧЕТ ДЕРЕВЯННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ
ЦЕЛЬНОГО СЕЧЕНИЯ*

Центральное растяжение

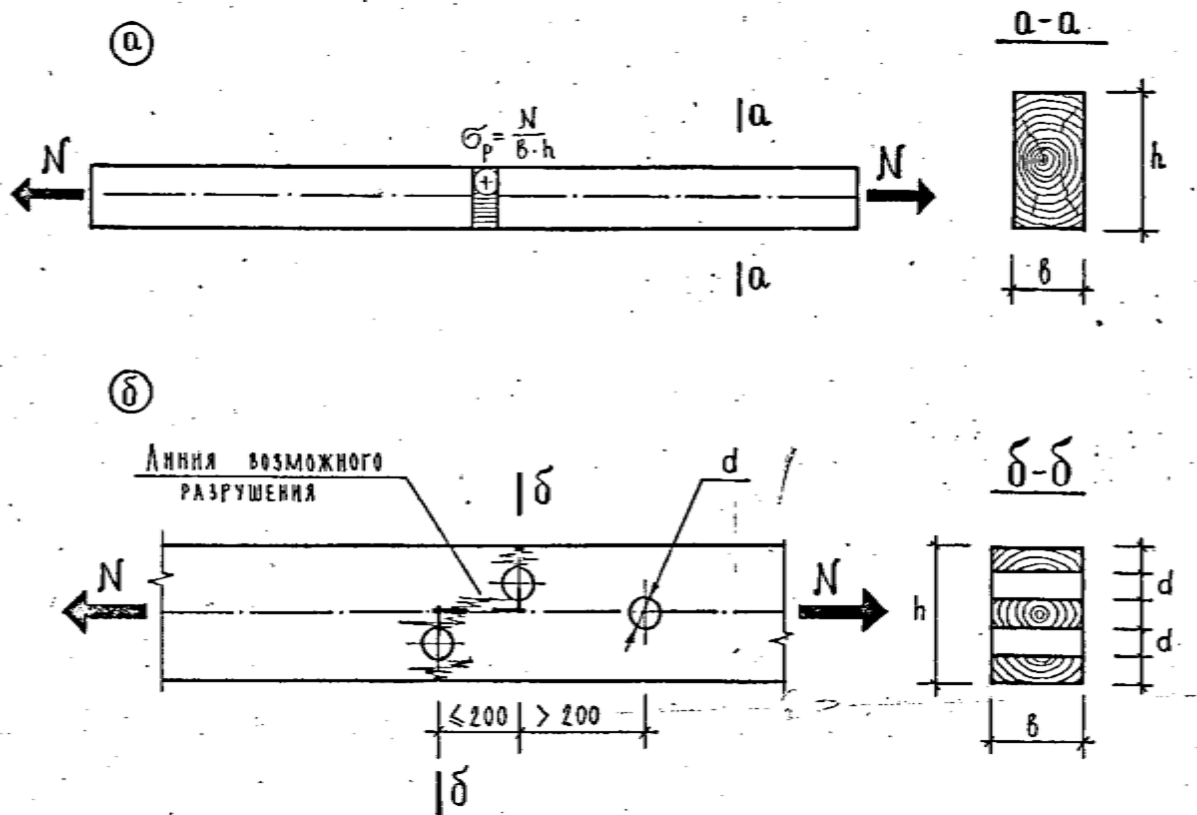


Рис.2.3. Центально-растянутый элемент

Центально-растянутым считается элемент, испытывающий действие растягивающей силы, создающей нормальные напряжения, равномерно распределенные по всему его поперечному сечению (не имеющему, ослаблений или ослабленному).

Древесина работает на растяжение почти как упругий материал и имеет достаточно высокую прочность. Для растянутых деревянных элементов характерно почти мгновенное разрушение от разрыва наименее прочных волокон, который происходит практически без проявления заметных дополнительных деформаций. Поэтому *единственным условием* при расчете центально-растянутых стержней является обеспечение прочности, т. е. выполнение *условия первой группы предельных состояний*.

$$\frac{N}{F_{нт}} \leq R_p$$

Центральное сжатие

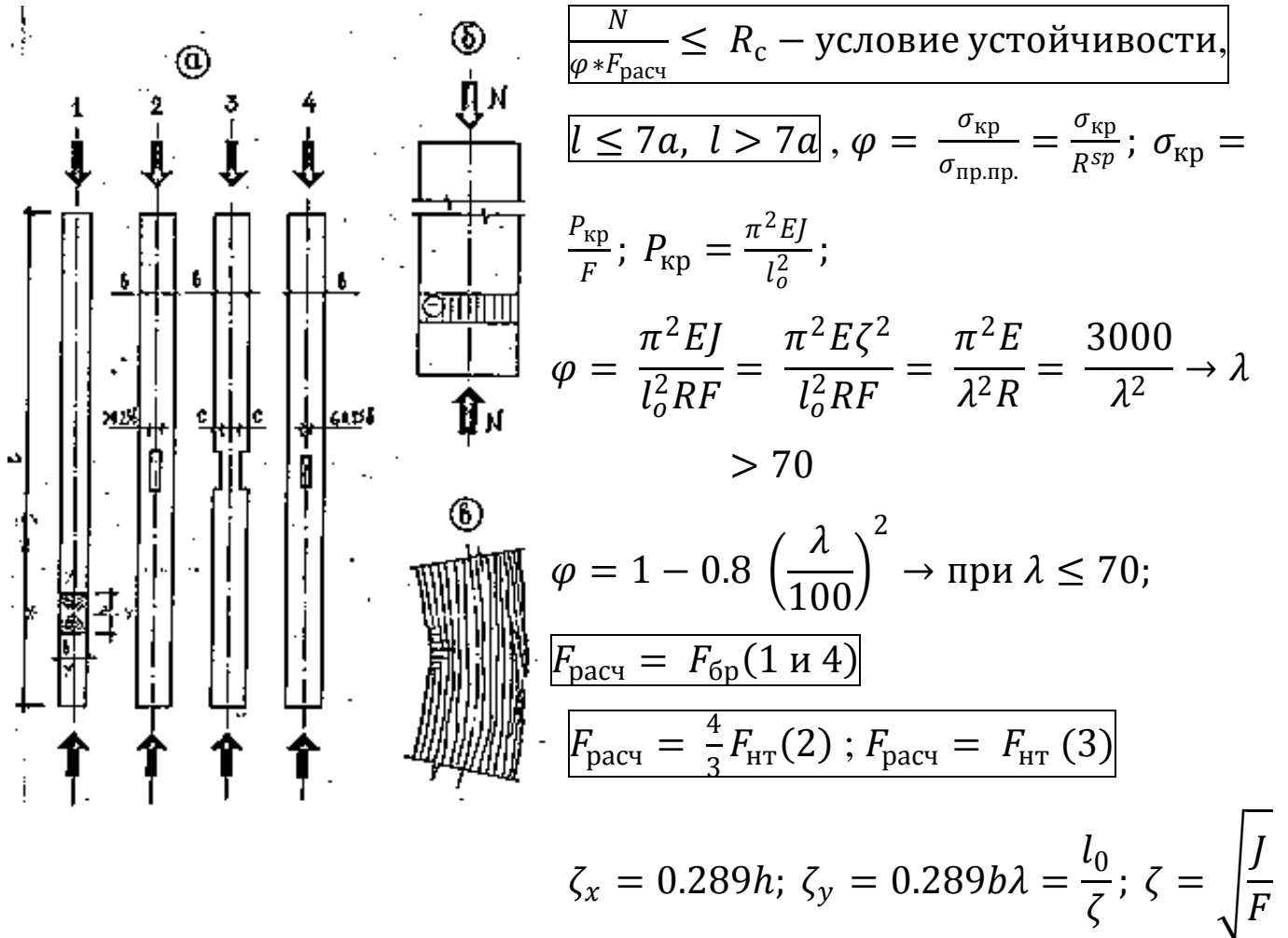


Рис.2.4. Центально-сжатый деревянный элемент

Короткий стержень - длина меньше $7a$;

Длинный стержень - длина более $7a$.

Здесь «а» - меньший размер поперечного сечения.

Короткий стержень не может терять устойчивость, значит рассчитывается только на прочность.

Длинный стержень необходимо обязательно проверить не только на прочность, но и на устойчивость в плоскости наименьшей жесткости

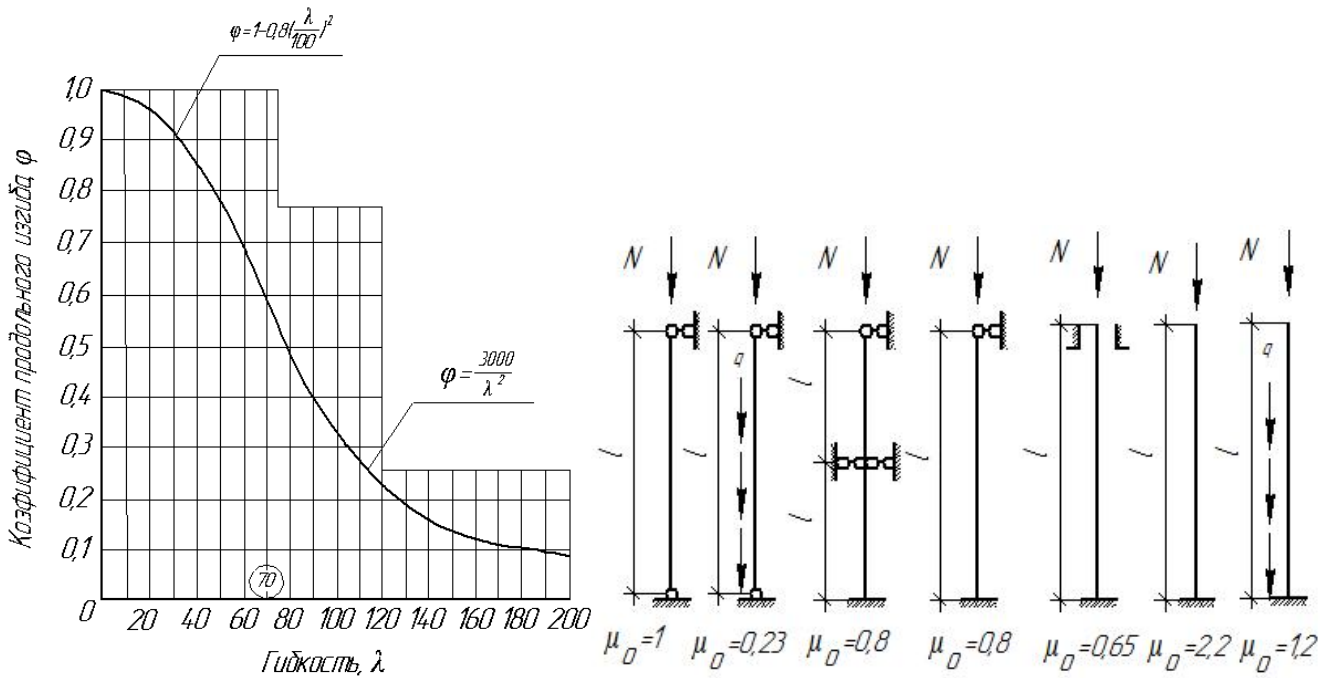


Рис.2.5. Коэффициент φ зависимость его от условий закрепления концов стержня

Если гибкость элемента больше или равна 70, он может потерять устойчивость еще в упругой стадии работы, а если меньше, то он работает без потери устойчивости до наступления предела пластичности.

Другими словами, коэффициент «фи» при гибкостях меньше 70 изменяется по закону выпуклой параболы, а при больших гибкостях - по закону вогнутой параболы

Плоский изгиб

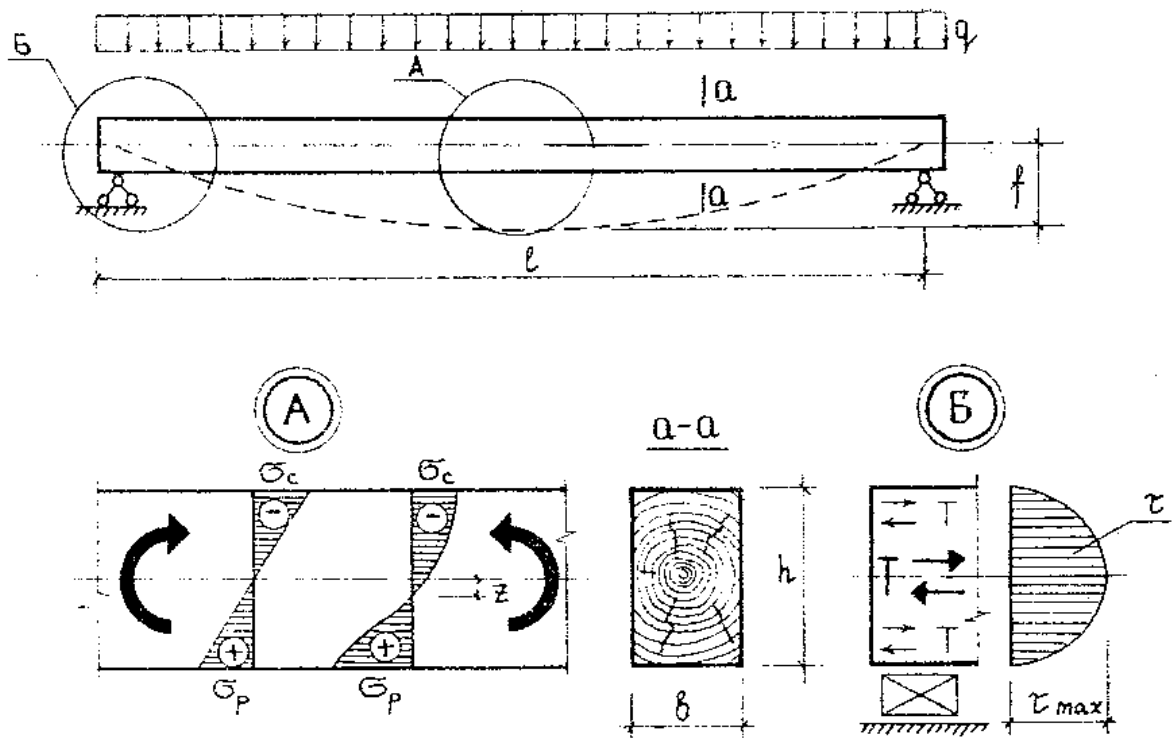


Рис. 2.6. Работа и напряженное состояние изгибаемого элемента

- ✓ *Условие прочности по нормальным напряжениям*

$$\frac{M}{W_{\text{HT}}} \leq R_n$$

- ✓ *Условие прочности по касательным напряжениям (по скалыванию)*

$$\frac{QS_{\text{бр}}}{J_{\text{бр}} b_{\text{расч}}} \leq R_{\text{ск}}$$

- ✓ *Условие устойчивости плоской формы изгиба*

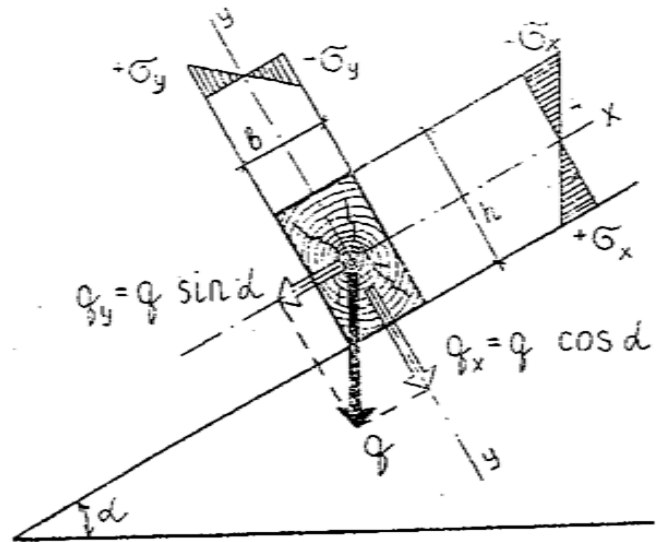
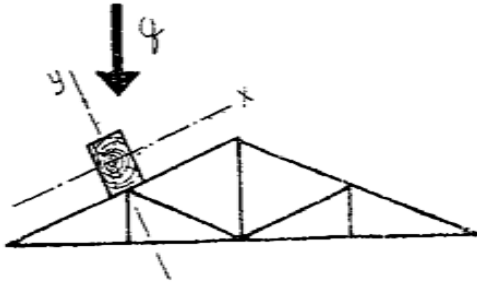
$$\frac{M}{\varphi_M W_{\text{бр}}} \leq R_n; \varphi_M = 140 \frac{b^2}{J_p h} K_\phi$$

- ✓ *Условие жесткости (по допустимому прогибу)*

$$\frac{f}{l} \leq \left[\frac{f}{l} \right]; f \leq f_u$$

Косой изгиб.

Как проверить прочность и жесткость такого элемента?



$$\frac{M_x}{W_x} + \frac{M_y}{W_y} \leq R_u;$$

$$M_x = \frac{q_x l^2}{8}; M_y = \frac{q_y l^2}{8};$$

$$W_x = \frac{bh^2}{6}; W_y = \frac{bh^2}{6};$$

$$f = \sqrt{f_x^2 + f_y^2} \leq f_u$$

Рис. 2.7. Прогон на крыше

Косым изгибом называется случай, когда направление действия изгибающих балку внешних сил не совпадает ни с одной из главных осей ее поперечного сечения. Примером такого элемента строительных конструкций может служить прогон покрытия, опирающийся на верхние пояса треугольных ферм рисунок. При расчете таких элементов пользуются методом разложения расчетной нагрузки, действующей на элемент, на два направления, перпендикулярные к главным осям поперечного сечения. Далее расчет ведется от каждой нагрузки независимо, а нормальные напряжения складываются. Эти суммарные напряжения и должны быть меньше расчетного сопротивления R .

Что представляет собой коэффициент плоской формы изгиба φ_m ?

- Коэффициент устойчивости плоской формы изгиба φ_m имеет такой же смысл, как и коэффициент продольного изгиба (или коэффициент устойчивости для сжатых элементов), то есть имеет вид отношения критических напряжений к пределу прочности древесины. Для упругой стадии работы элемента он может быть представлен формулой

$$\varphi_m = 140 \frac{b^2}{l_p h} K_\phi$$

- где b — ширина поперечного сечения;
- h — максимальная высота поперечного сечения на участке l_p ;
- l_p — расстояние между опорными сечениями элемента или расстояние между точками закрепления сжатой кромки элемента от смещения из плоскости изгиба в месте действия максимального момента;
- K_ϕ — коэффициент, учитывающий влияние формы эпюры изгибающих моментов на участке l_p элемента, определяемый по табл. Е.2 Приложения Е [СТП 64.13330-11]
- Если значения коэффициента φ_m больше единицы, то проверка устойчивости плоской формы изгиба не требуется. При равномерно распределенных нагрузках это случается, когда отношение высоты сечения к его ширине не превышает величину 6. Таким образом, элементы цельного сечения из брусьев (а тем более из бревен) не требуют проверки на устойчивость плоской формы изгиба. Для досок «на ребро» это может оказаться необходимым.

Сжато-изгибаемые стержни

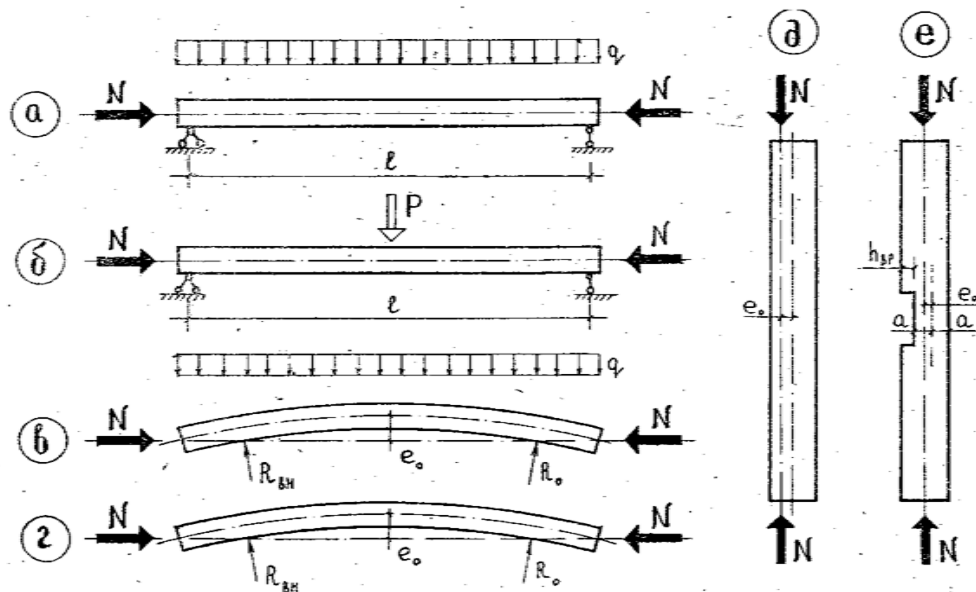


Рис.2.8

- Если стержень наряду с продольной сжимающей силой испытывает действие изгибающего момента, то его называют сжато-изгибаемым.
- Существуют различные случаи возникновения изгибающего момента (показано на рисунке).
- В инженерной практике напряжения σ_3 учитываются введением в расчет понятия «изгибающий момент, вычисленный по деформированной схеме»

$$\sigma_1 = N/F; \quad \sigma_2 = M/W; \quad \sigma_3 = \frac{N \Delta f}{W}.$$

Условие прочности по нормальным напряжениям имеет следующий вид:

$$\frac{N}{F_{\text{расч}}} + \frac{M_{\text{д}}}{W_{\text{расч}}} \leq R_c,$$

а условие устойчивости плоской формы изгиба выражается формулой

$$\frac{N}{\varphi_y R_c F_{\text{бр}}} + \left(\frac{M_{\text{д}}}{\varphi_y R_c W_{\text{бр}}} \right)^n \leq 1.$$

Растянуто-изгибаемые элементы

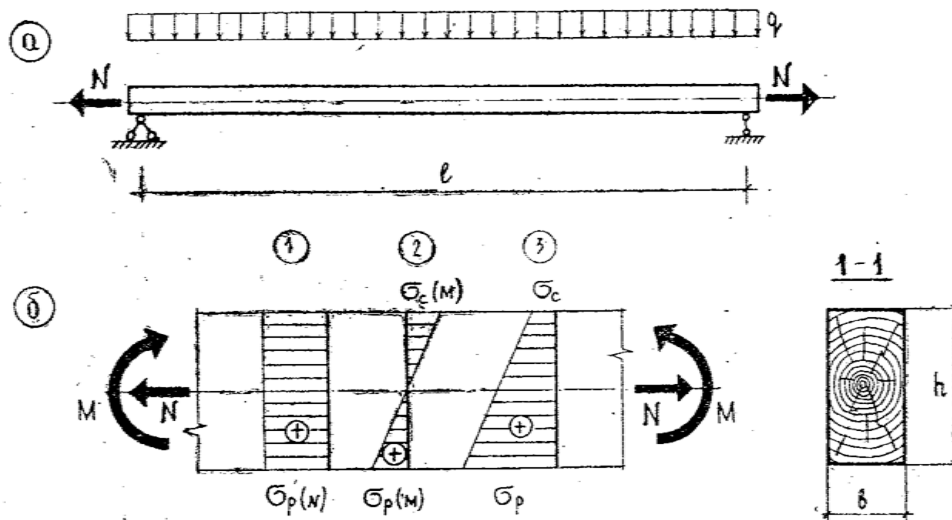


Рис. 2.9. Растянуто-изогнутый элемент (а), нормальные напряжения (б) в нем от продольной силы «1», поперечной нагрузки «2» и суммарные напряжения «3»

Если стержень наряду с продольной растягивающей силой испытывает действие изгибающего момента, то его называют растянуто-изгибаемым. При этом неважно, чем вызван изгибающий момент — поперечной нагрузкой или внецентренным приложением продольной силы.

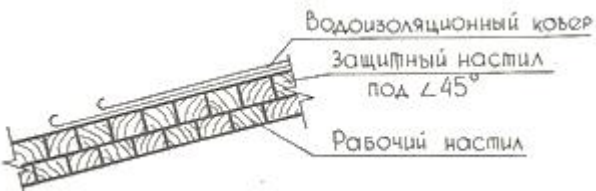
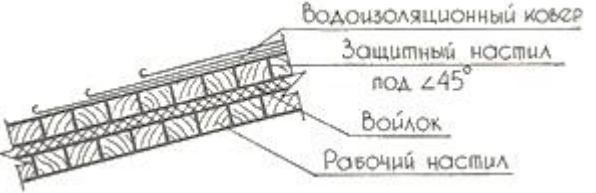




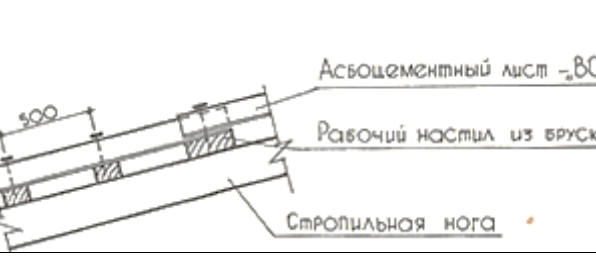
Схема работы такого элемента показана на рис. 2.9. Такие элементы, как и центрально-растянутые, имеют лишь одно предельное состояние — по прочности, когда нормальные напряжения достигают предела прочности (расчетного сопротивления) древесины и проверяются по формуле, суммирующей напряжения от растяжения и изгиба

$$\frac{N}{F_{HT}} + \frac{M \cdot R_p}{W_{HT} \cdot R_{И}} \leq R_p \quad (1)$$

В запас прочности разгружающий момент от растягивающей силы не учитывается. В формуле (1) отношение R_p/R_u можно считать коэффициентом приведения расчетного сопротивления изгибу к расчетному сопротивлению растяжению.

Деревянные крыши

Ограждающая часть в раздельных крышах

	Возможные виды деревянных покрытий	Угол наклона ската, град.	
		мин	макс
1	 <p>Водонепроницаемый ковёр Защитный настил под 45° Рабочий настил</p>	8	14
2	 <p>Водонепроницаемый ковёр Защитный настил под 45° Войлок Рабочий настил</p>	4	14
3	 <p>Водонепроницаемый ковёр Защитный настил под 45° Рабочий настил из брусьев</p>	8	14
4	 <p>Водонепроницаемый ковёр Выравнивающий слой Утеплитель Пароизоляция Настил из досок</p>	2	14
5	 <p>Водонепроницаемый ковёр Защитный настил под 45° Разреженный раб настил Шпильный накат Черепные бруски Утеплитель, пароизоляция</p>	4	14
6	 <p>Кровельная сталь Рабочий настил из брусьев Стропильная нога</p>	16	26
7	 <p>Асбестоцементный лист 80° Рабочий настил из брусьев Стропильная нога</p>	18	45


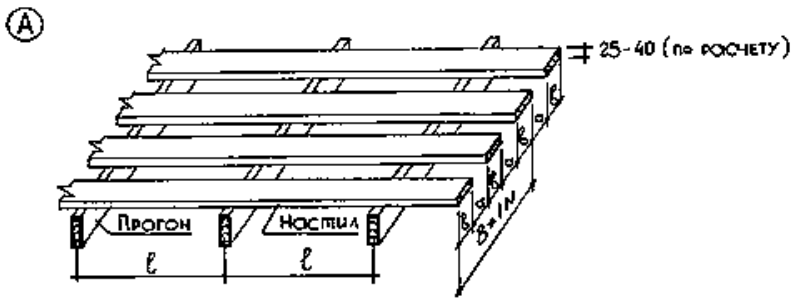
8		14	45
---	---	----	----

Рис.2.10. Возможные варианты компоновки утепленных и холодных покрытий

1. Деревянный двойной настил с рулонным водоизоляционным ковром;
2. Деревянный двойной настил, утепленный прокладкой из войлока минераловатного;
3. Деревянный настил, уложенный по обрешетке с рулонным водоизоляционным ковром;
4. Деревянный настил, утепленный с рулонным водоизоляционным ковром;
5. Деревянное вентилируемое утепленное ограждение с рулонной кровлей;
6. Ограждение с водоизоляционным ковром из кровельной стали;
7. Ограждение с водоизоляционным ковром из волнистых асбоцементных листов;
8. То же из волнистых асбоцементных листов усиленного профиля.

Рабочий настил в покрытиях



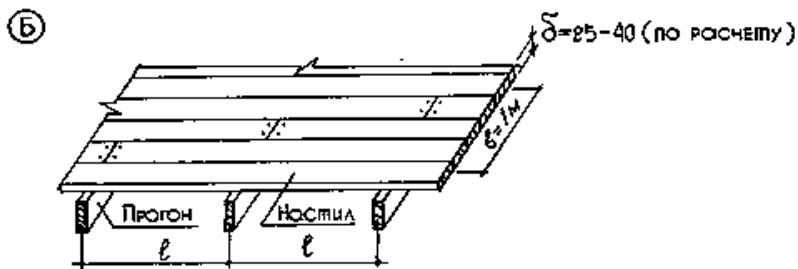
Ширина доски

$$b = 100 \div 150 \text{ мм,}$$

Зазор между

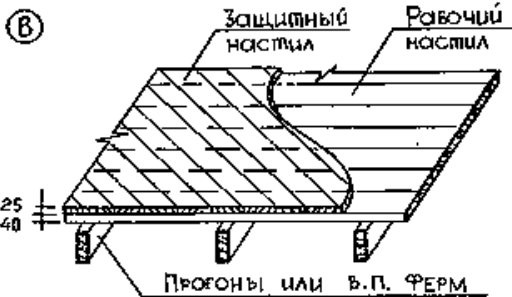
досками

$$a = 50 \div 150 \text{ мм,}$$



Шаг прогонов

$$l = 1 \div 1,5 \text{ м}$$



$$a = \frac{b}{B_{\text{тр}}}, \quad B_{\text{тр}} = \frac{6 W_{\text{тр}}}{\delta^2},$$

$$W_{\text{тр}} = \frac{M_{\text{расч}}}{R_u}$$

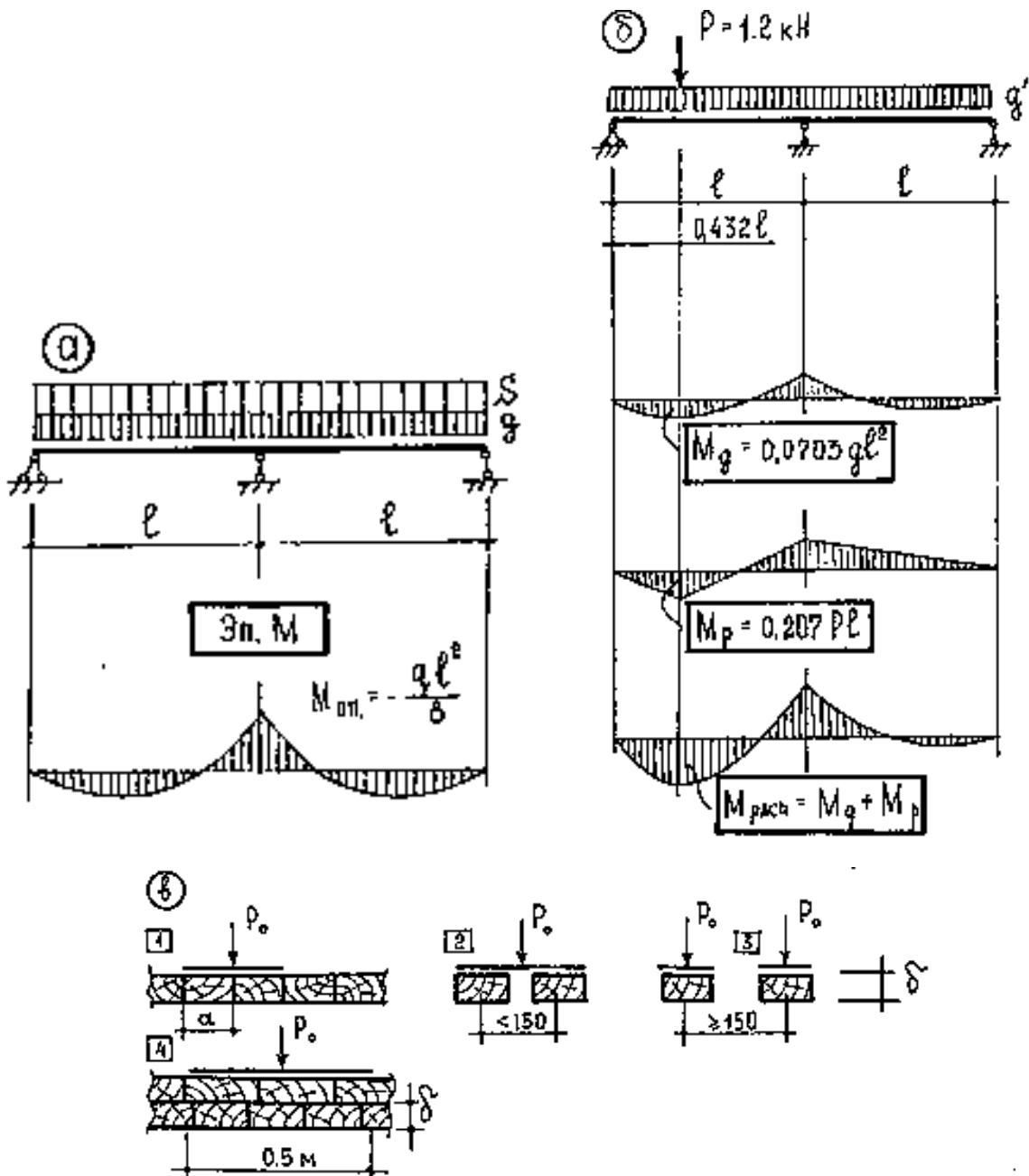
А – Разреженный настил (обрешетка);

Б – Сплошной одинарный настил (рабочий);

В – Двойной настил (верхний защитный, нижний – рабочий)

Рис. 2.11. Виды рабочего настила в деревянных покрытиях

К расчету рабочего настила из досок



$$M'_{расч} = M_{оп}; W'_{расч} = \frac{b_{расч} \delta^2}{6}, \quad b_{расч} = 1 \text{ м}; \frac{M'_{расч}}{W'_{расч}} \leq R_u, R_u = 13 \text{ МПа}$$

$$f = \frac{2.13}{384} \cdot \frac{q \ell^4}{EJ} \leq f_u = \frac{l}{150}; \frac{M'_{расч}}{W'_{расч}} \leq R_u * 1.2; M'_{расч} = 0.0703 q \ell^2 + 0.207 P \ell,$$

$$\text{Если } g \text{ — с полосы } b = 1 \text{ м, то для } '1' \text{ и } '2': W''_{расч} = \frac{n a \delta^2}{2 \cdot 6}, P = P_0 \cdot \frac{n}{2}$$

Здесь n — количество досок на $b = 1 \text{ м}$

$$\text{для } '3': W''_{расч} = \frac{n a \delta^2}{6}, P = P_0 n; \quad \text{для } '4': W''_{расч} = 2 \cdot 0.5 \frac{\delta^2}{6}, P = 2P_0$$

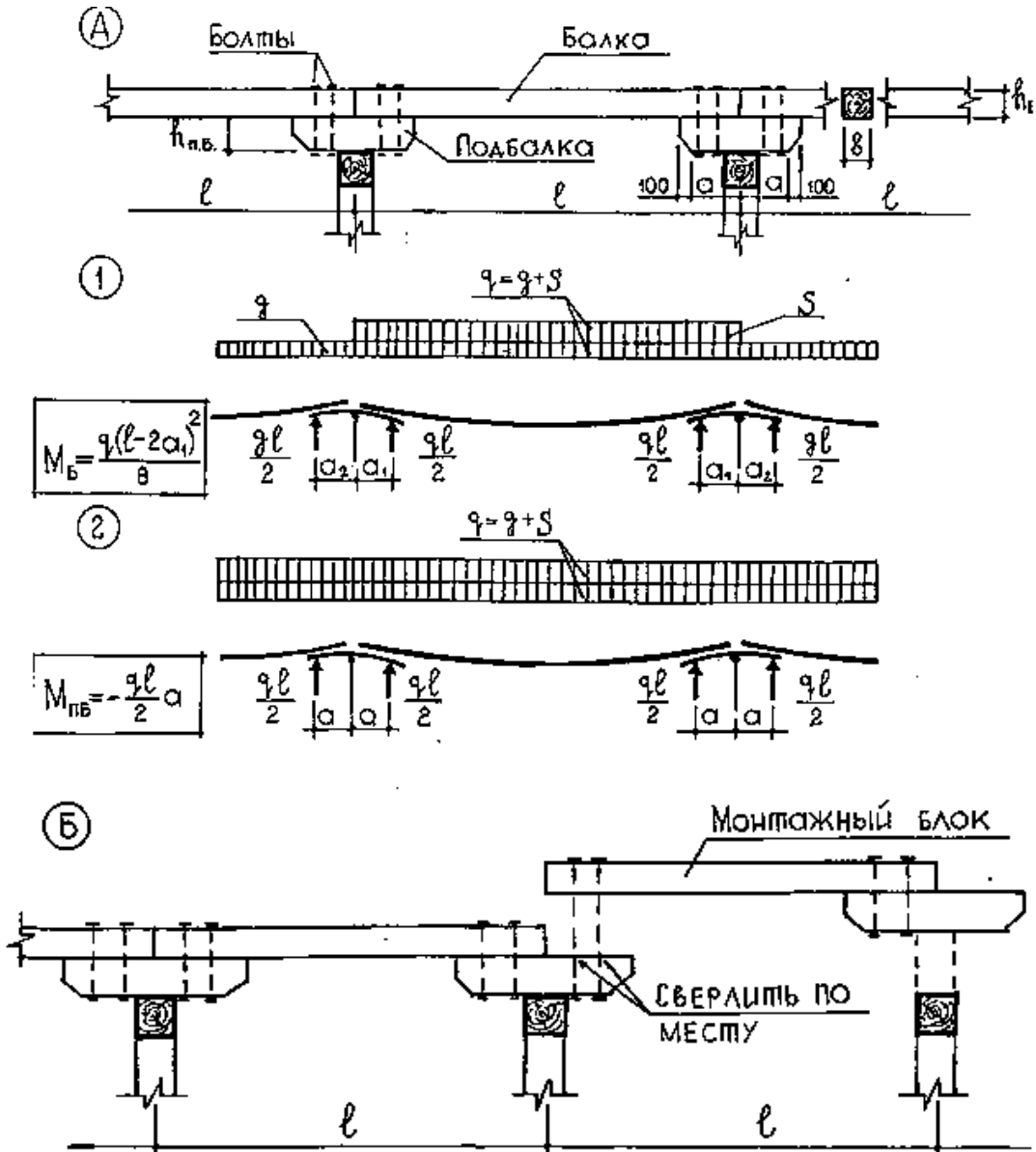
Рис.2.13. Виды клеефанерных плит заводского изготовления:
1 – коробчатого сечения; 2 – ребристые с обшивкой по верху; 3 – то же с обшивкой по низу

В качестве ограждающих конструкций комплексного типа могут выступать клеефанерные плиты покрытий, совмещающие в себе функции элементов рабочего настила и прогонов. Они называются часторребристыми. Главное преимущество их перед построечными конструкциями – скорость монтажа ограждающей части покрытия и надежность.

В зависимости от вида кровельного материала клеефанерные плиты могут иметь обшивки с двух сторон (утепленное покрытие), по верху (под рулонную кровлю) и по низу (для листовых материалов кровли).

Расчетное сечение таких конструкций является композитным и плиты рассчитываются в предположении монолитности сечения по приведенным геометрическим характеристикам.

Прогоны в покрытиях



$$a_1 = a_2 \frac{q}{g}, \quad a_2 = a + 10 \text{ см}$$

Отношение $J_6/J_{п6}$	0,5	1,0	1,5	2,0	4,0
Мах вылет	0,19	0,075	0,16	0,15	0,12

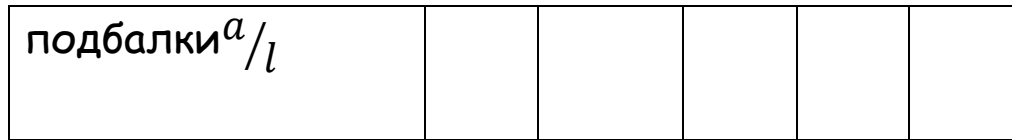


Рис.2.14. Общий вид и схема работы прогона типа «балка с подбалкой»

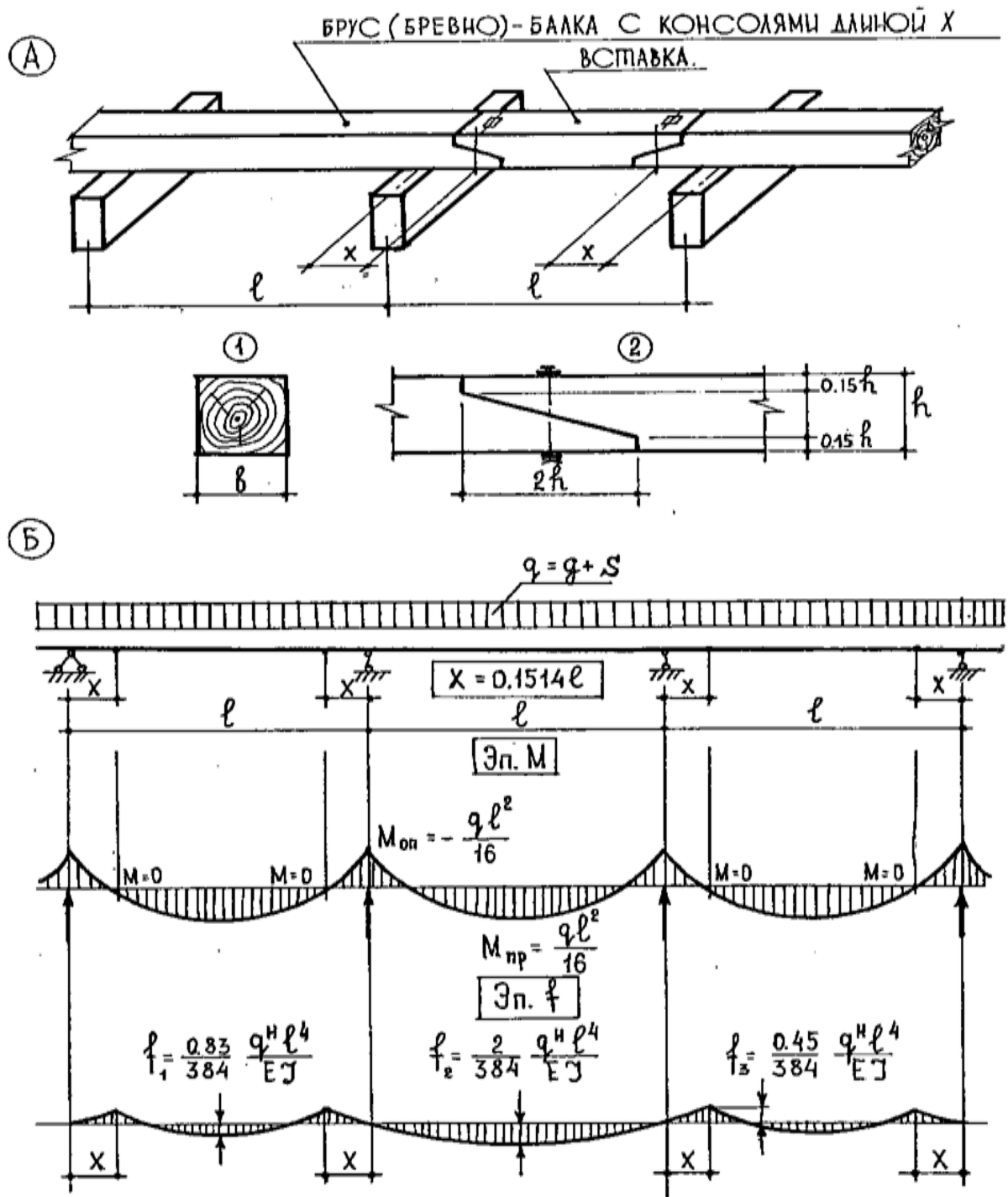


Рис.2.15. Прогон консольно-балочного типа:

А – общий вид в аксонометрии;

Б – работа на равномерно-распределенную нагрузку

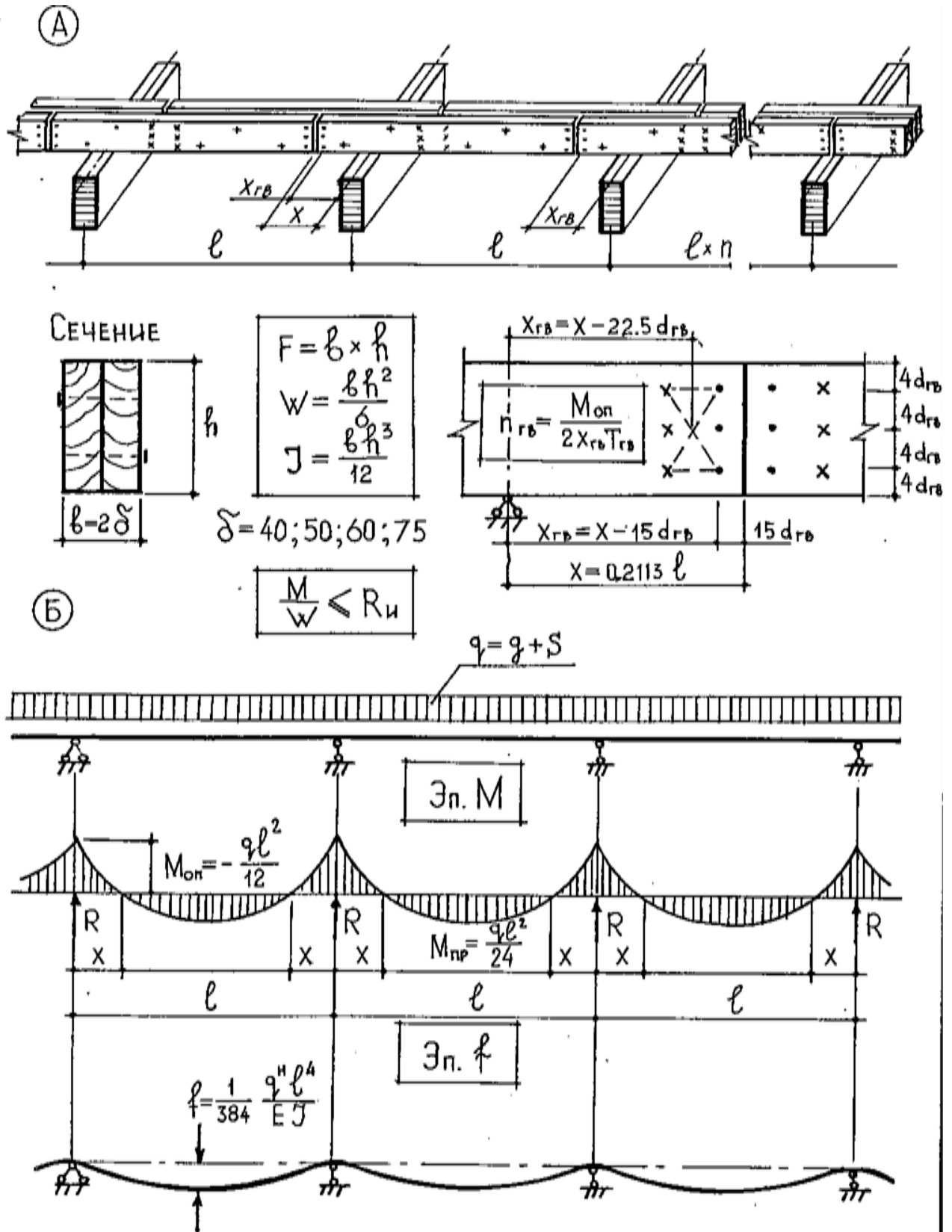


Рис. 2.16. Спаренный прогон из досок «на ребро»:

А – общий вид в аксонометрии; Б – схема работы

Стропильные конструкции

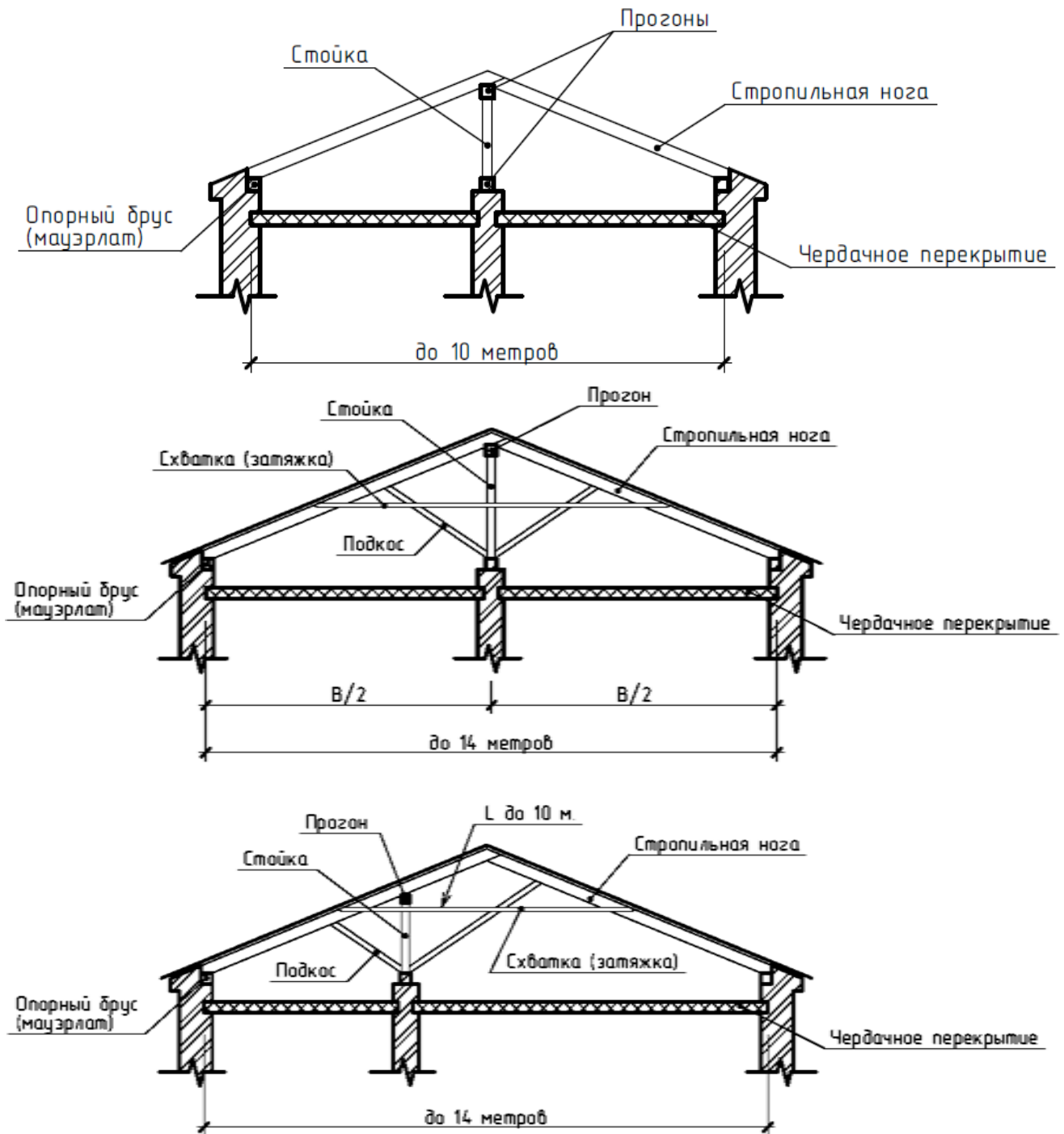


Рис. 2.17. Варианты устройства стропильных конструкций в крышах домов с разным расположением внутренних несущих стен

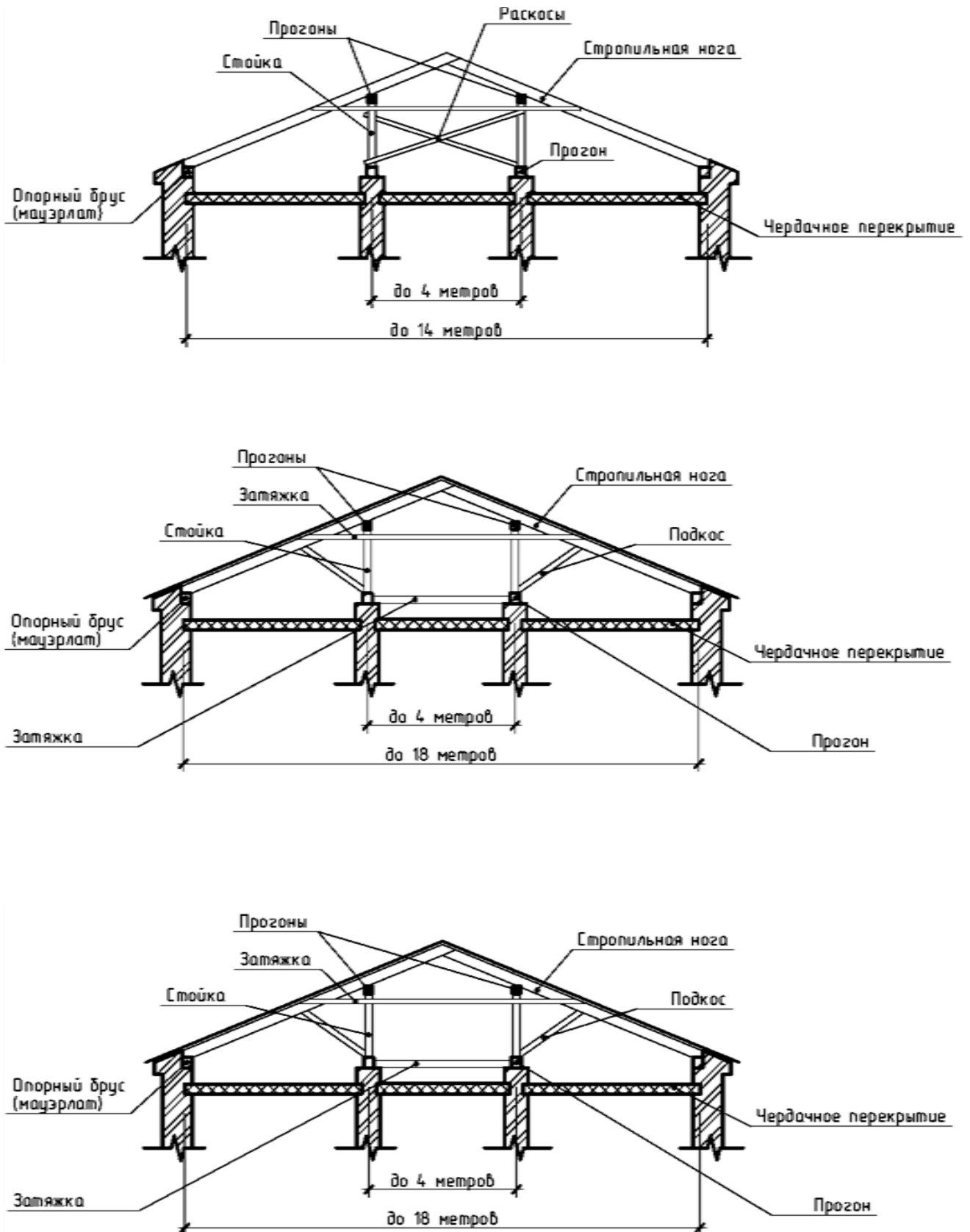


Рис.2.18. Варианты устройства стропильных конструкций в крышах домов с двумя внутренними несущими стенами

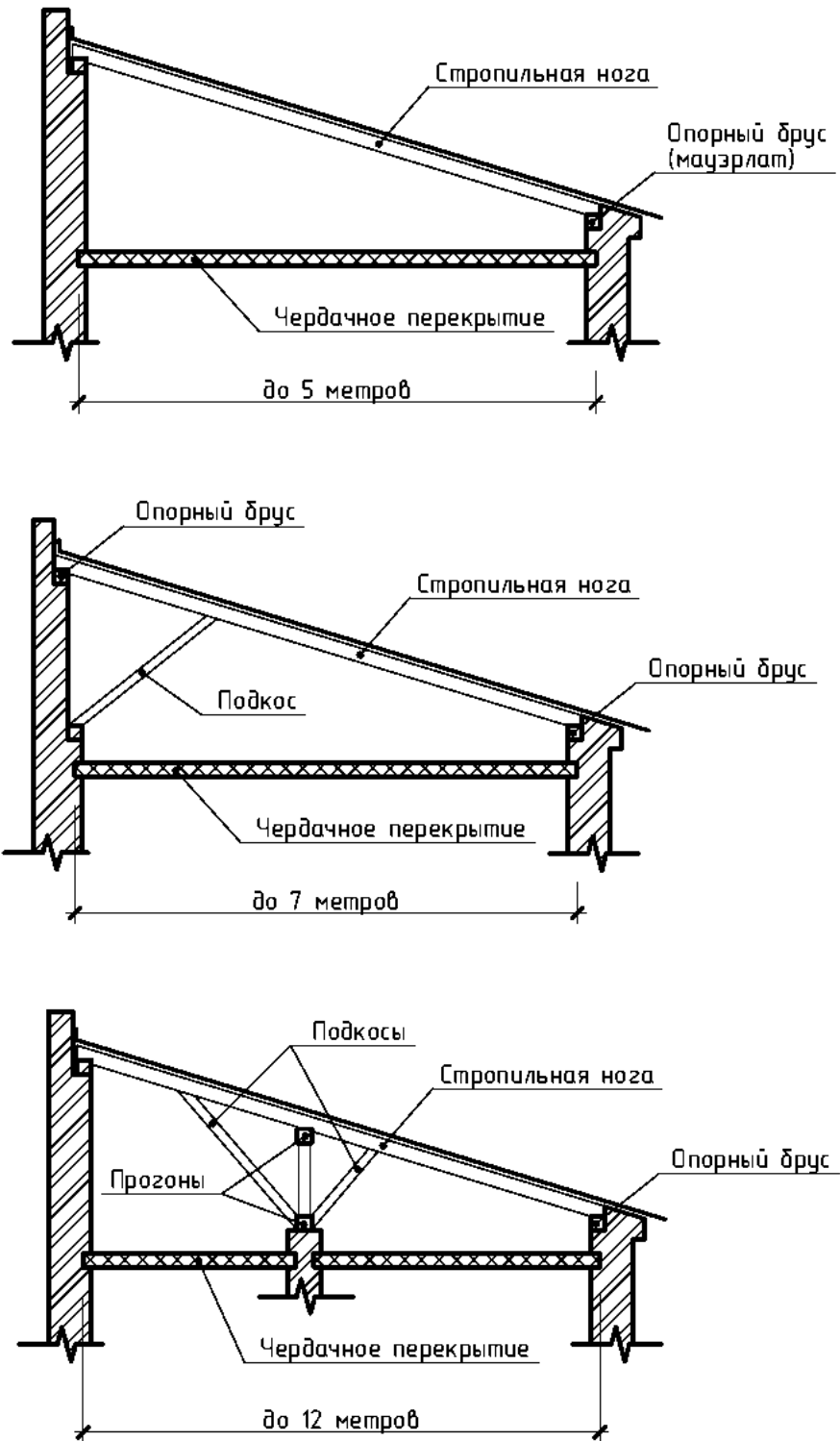


Рис.1.19. Односкатная крыша

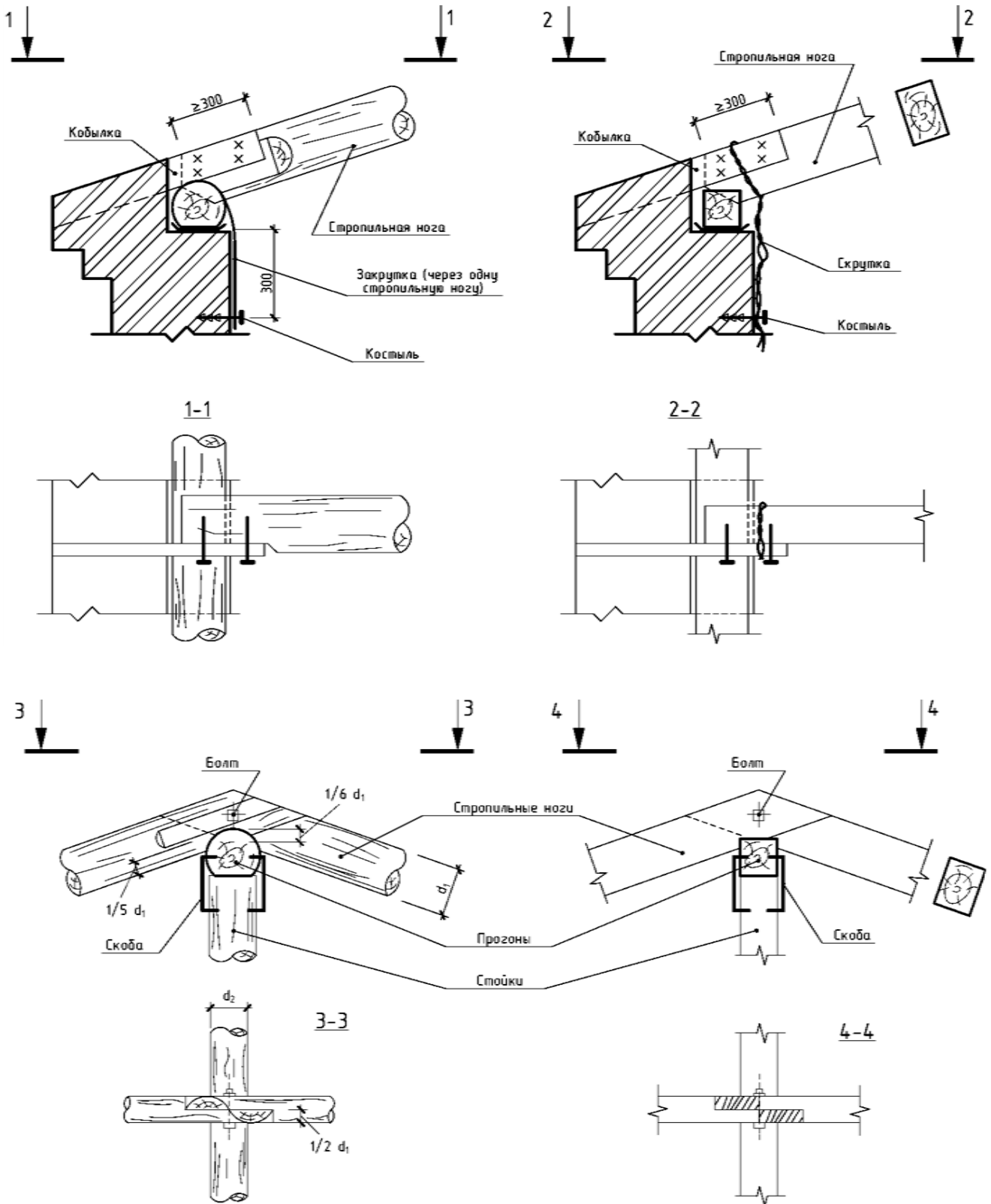


Рис.2.20. Узлы опирания стропильных ног на мауэрлат и коньковый брус

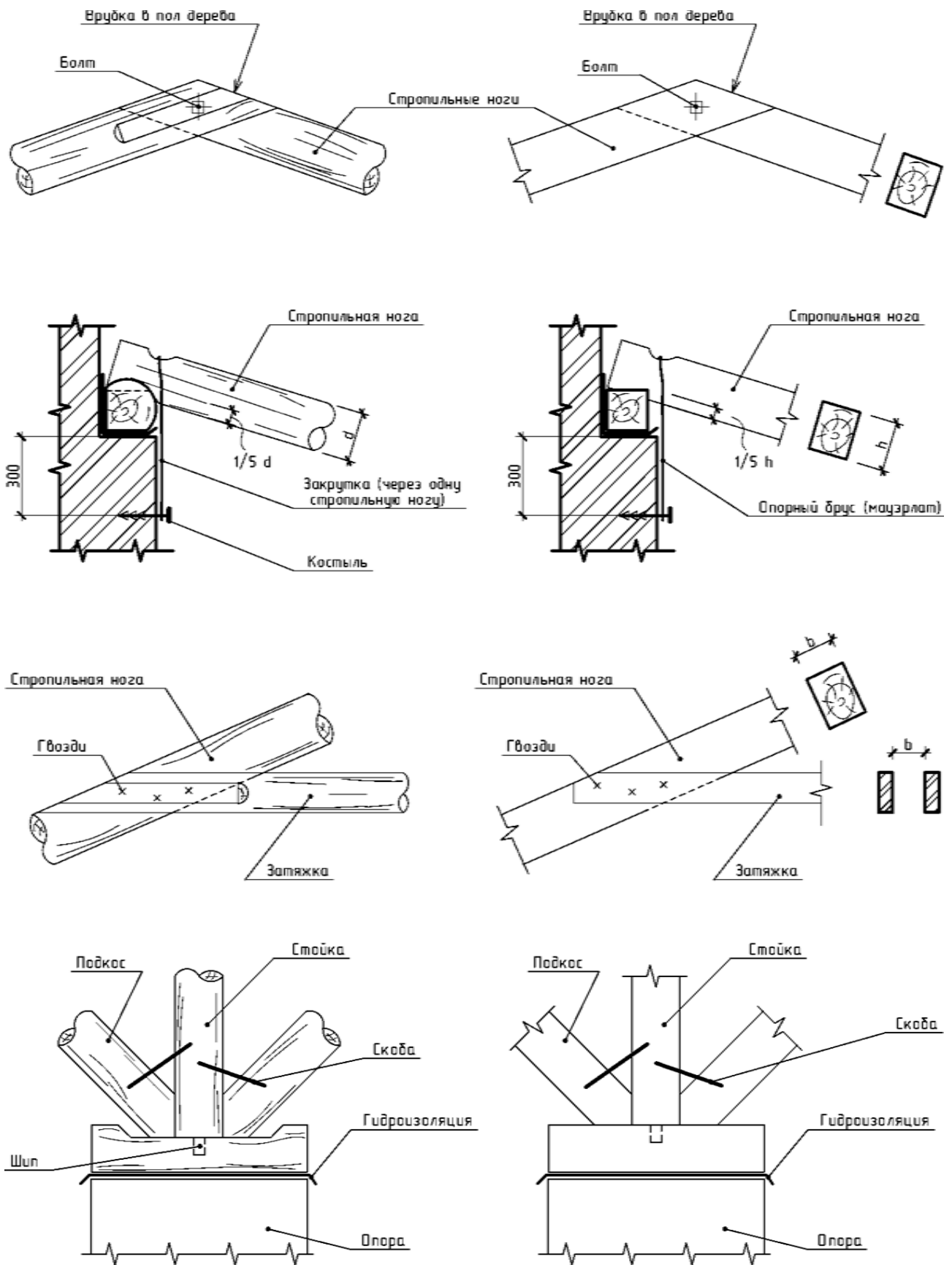


Рис.2.21. Узлы примыкания бревенчатых стропильных ног

Расчет стропильных ног

Стропильные ноги рассчитываются как свободно лежащие балки на двух опорах с наклонной осью. Неразрезностью стропильных ног при опирании их на подкосы или промежуточные опоры (прогоны) обычно пренебрегают.

Нагрузка на стропильную ногу собирается с грузовой площади, ширина которой равна расстоянию между стропильными ногами.

Расчетная вертикальная нагрузка q должна быть разложена на две составляющие: нормальную к оси стропильной ноги и параллельную к этой оси. Первая вызывает поперечный изгиб, вторая, в зависимости от способа закрепления ноги - сжатие или растяжение.

При обычных уклонах кровли, до 30° , ввиду незначительного влияния продольной составляющей на величину напряжений в стропильной ноге, продольной составляющей можно пренебречь и вести расчет только на поперечный изгиб.

Расчетная равномерно распределенная нагрузка перпендикулярная к стропильной ноге будет равна

$$q_x = q \cos \alpha = (q + s \cos \alpha) \cos \alpha,$$

где q - постоянная нагрузка (линейная);

s - снеговая линейная нагрузка;

Максимальный изгибающий момент

$$M = \frac{q \cdot l^2}{8}$$

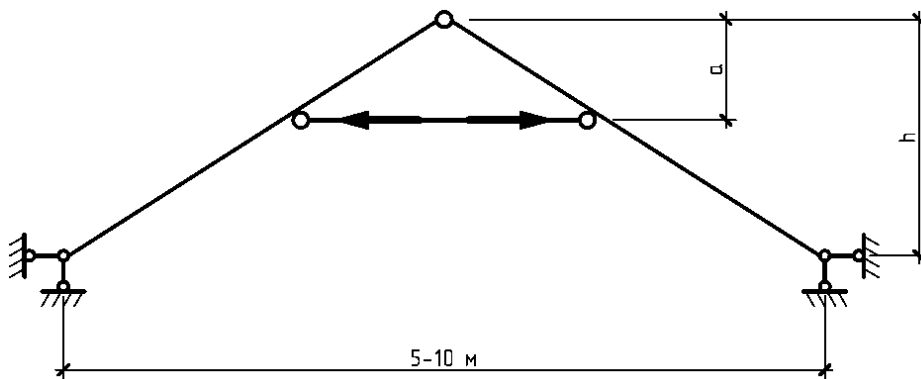
Стропильная нога проверяется на прочность и жесткость как балка на двух опорах.

Треугольная система с повышенной затяжкой

Эта система применяется в качестве стропильной конструкции покрытий и может быть осуществлена по двум схемам.

Первая схема представляет собой треугольную комбинированную систему со сжатой распоркой. Она однажды статически неопределима. За лишнее неизвестное принимается усилие в затяжке.

$$\frac{h}{l} = \frac{1}{5} \div \frac{1}{3}$$



Эта схема применяется при наличии достаточно жестких опор, которые могут воспринять распор, например, жесткими стенами, связанными между собой балками чердачного перекрытия, играющими роль затяжки; стенами с контрфорсами.

Если опоры стены не могут воспринимать распор, одну из опор принимают подвижной, в результате чего система превращается в статически определимую треугольную балочную систему с повышенной затяжкой, работающей на растяжение.

	$A = B = \frac{P}{2}; \quad M = \frac{Pl}{4} \cdot \frac{h-a}{h};$ $U = \frac{Pl}{4a}; \quad S_1 = S_2 = \frac{PS}{2h}.$
	$A = B = \frac{ql}{2}; \quad M = \frac{ql^2}{8} \cdot \frac{h^2 - a^2}{h^2};$ $U = \frac{ql^2}{8a}; \quad S_1 = \frac{ql}{2} \cdot \frac{S}{h};$ $S_2 = \frac{ql}{4} \cdot \frac{S}{a}.$
	$A = \frac{ql}{8}; \quad B = \frac{3ql}{8};$ $M_1 = \frac{ql^2}{16} \cdot \frac{h-a}{h} \cdot \frac{h+2a}{h};$ $M_2 = \frac{ql^2}{16} \cdot \frac{h-a}{h};$ $U = \frac{ql^2}{16a}; \quad S_1 = \frac{3ql}{8} \cdot \frac{S}{h};$ $S_2 = S_4 = \frac{ql}{8} \cdot \frac{S}{a};$ $S_3 = \frac{ql}{8} \cdot \frac{S}{h}.$

Рис.2.22. Варианты нагружения и расчетные формулы для стропильных ног с приподнятой затяжкой

РАЗДЕЛ 3
Соединения
в деревянных конструкциях

Конструктивные соединения

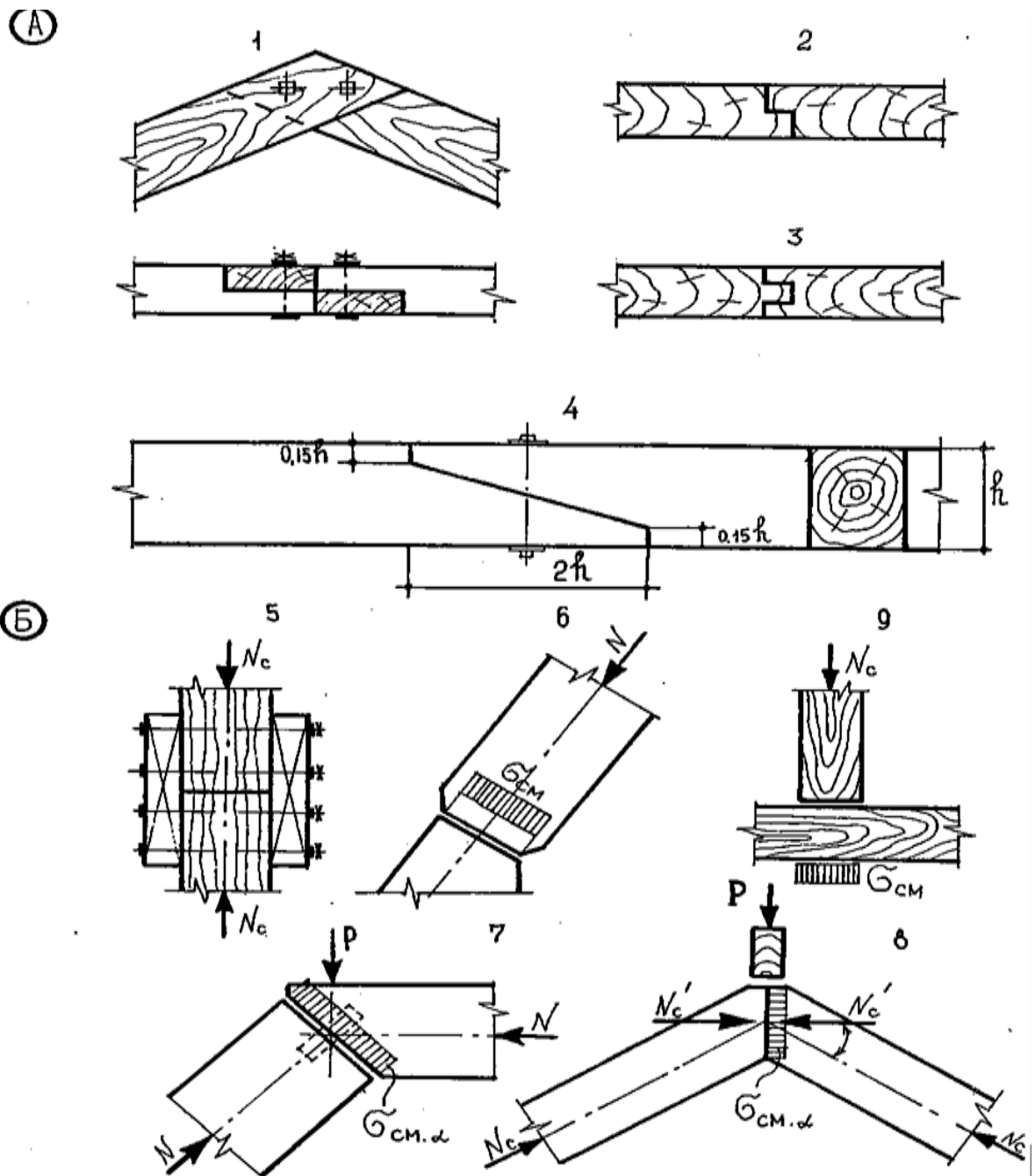
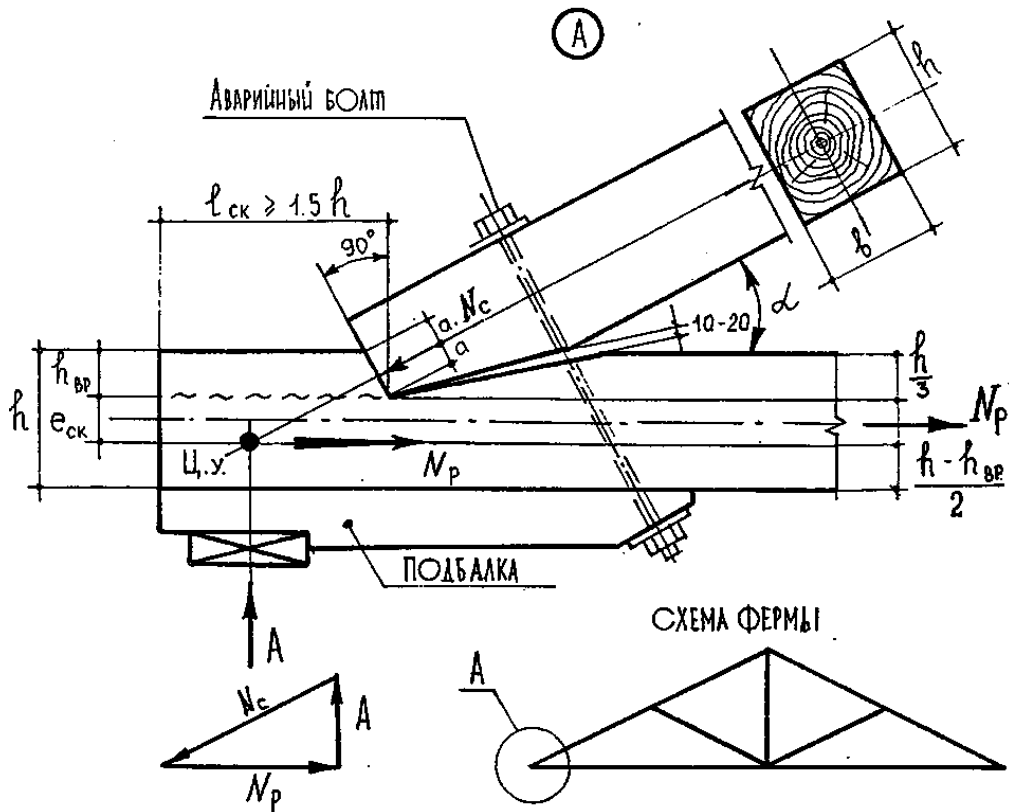


Рис. 3.1. Конструктивные врубки и упоры:

1-вполдерева; 2-в четверть; 3-в шпунт (паз и гребень);

4-косой прируб; 5 и 6-полный лобовой упор (прямой); 7-то же наклонный

Лобовая врубка

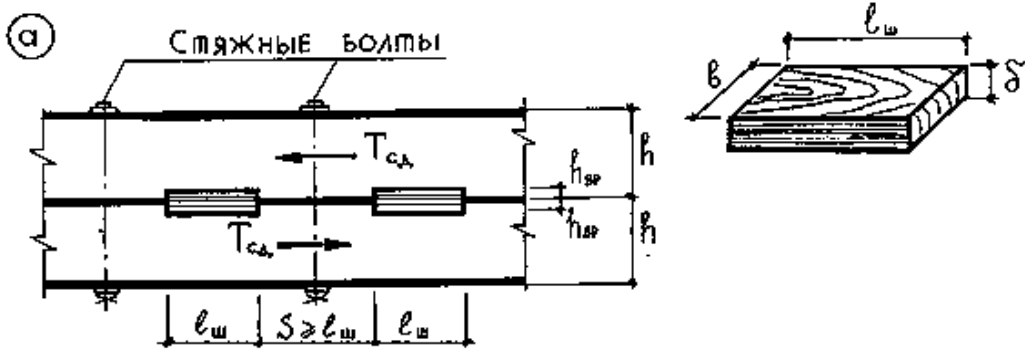


Правила конструирования:

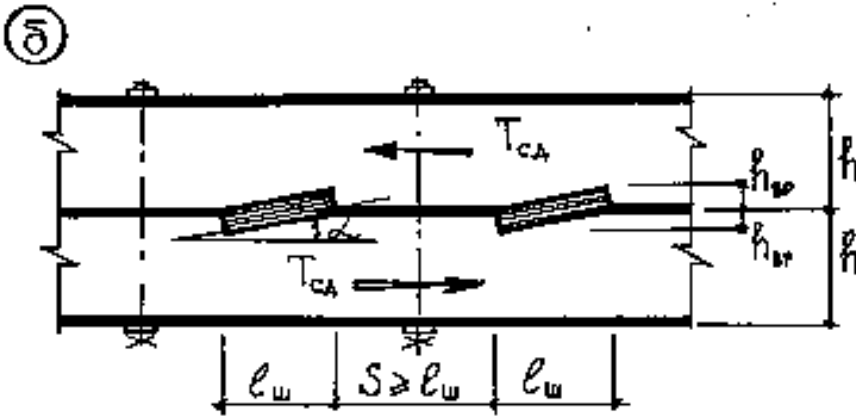
1. Угол между сжатым и растянутым элементами $\alpha \leq 45^\circ$;
2. Глубина врубки $2(3) \text{ см} \leq h_{\text{вр}} \leq \frac{1}{3} \left(\frac{1}{4} \right) h$;
3. Длина площадки скалывания $l_{\text{ск}} \geq 1.5 h$;
4. Угол между силой N_c и площадкой смятия д. б. прямым, то есть 90° ;
5. Сила N_c должна проходить через центр площадки смятия;
6. Аварийный болт обязателен;
7. Узел должен быть центрирован по силовым осям.

Рис. 3.2. Лобовая врубка одним зубом (опорный узел фермы)

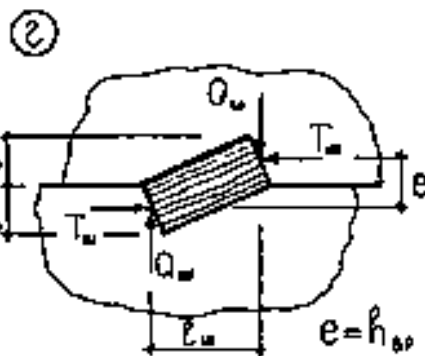
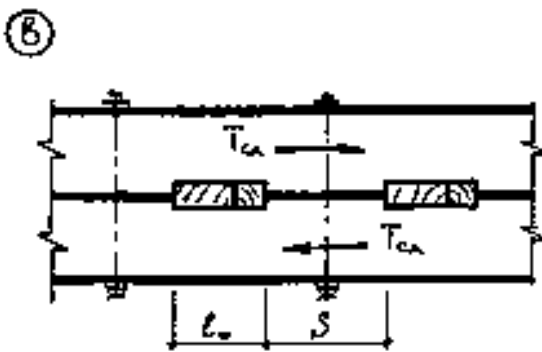
Соединения на шпонках



a) $T_{ш} \leq h_{вр} b R_{см}, T_{ш} \leq S b R_{ск}; \quad T_{соед} = n T_{ш} T_{соед.ск.} = n S b R_{ск}$



i) $T_{ш} \leq \frac{h_{вр} b R_{ск} \alpha}{\cos \alpha}$

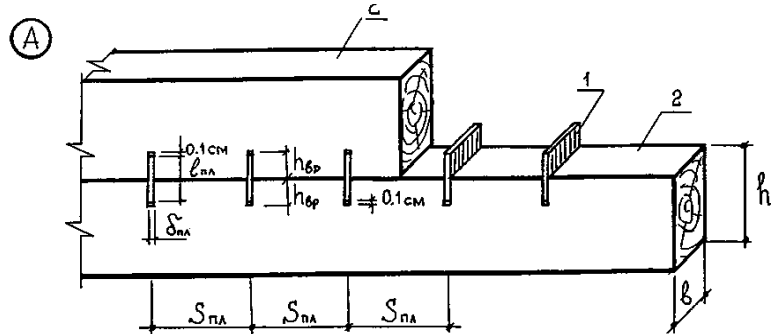


г) Распор в шпонке $Q_{ш} = T_{ш} \cdot \frac{e}{l_{ш}}$

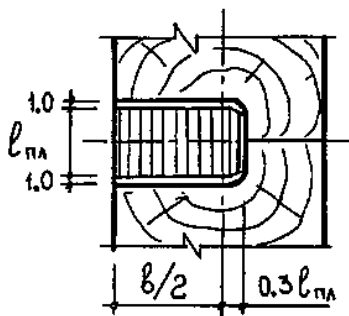
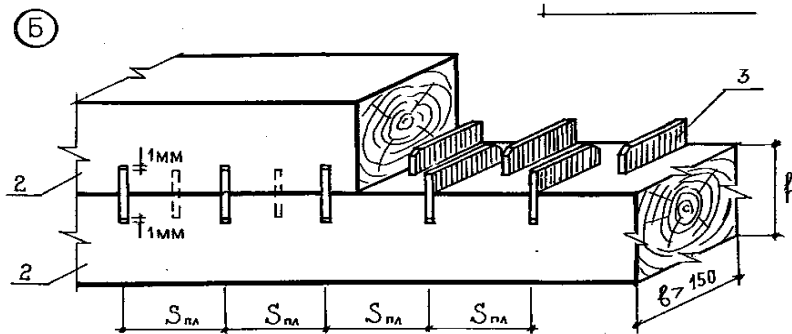
Рис.3.3. Соединения на шпонках:

а - продольные призматические; б - наклонные призматические;
в - поперечные натяжные

Соединения на пластинчатых нагелях



$$h_{вр} \leq \frac{1}{5} h, S_{пл} = 2 l_{пл} (9 \delta_{пл}), b \leq 150 \text{ мм}$$



$$T_{пл} = 14 l_{пл} b_{пл}; \delta_{пл} = 12 \text{ и } 16 \text{ мм};$$

$$l_{пл} = 54 \text{ и } 72 \text{ мм}$$

$$T_{пл} = 0.75 b_{пл} (\text{см}; \text{кН}),$$

$$T_{пл} = 75 b_{пл} (\text{см}; \text{кгс})$$

$$l_{пл} = 58 \text{ мм}; S_{пл} = 110 \text{ мм};$$

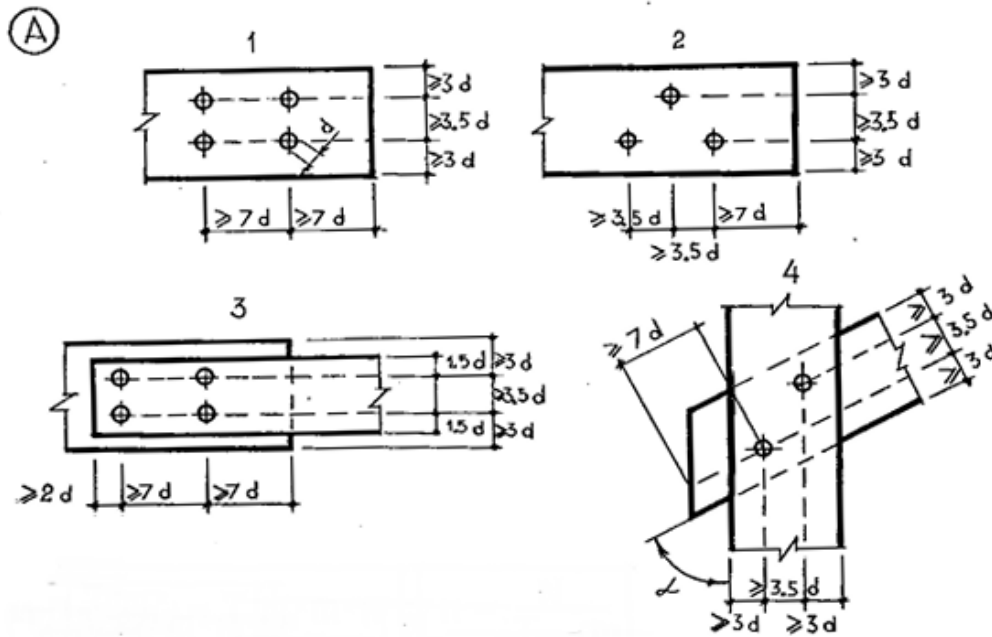
$$\delta_{пл} = 12 \text{ мм}$$

Рис.3.4. Соединения на пластинчатых нагелях

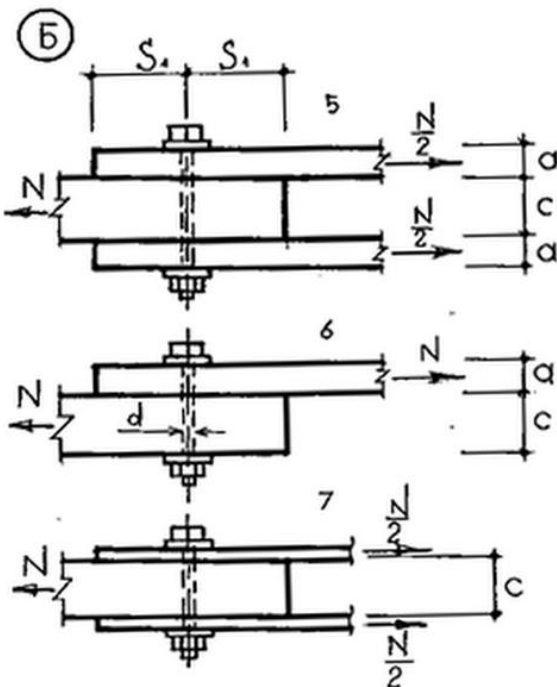
Такие соединения были впервые запатентованы еще в 30-е годы прошлого столетия в нашей стране и до настоящего времени не потеряли своей целесообразности, претерпевая некоторые изменения.

***Пластинчатый нагель** - это деревянный (или не деревянный) соединительный элемент, выполняемый в виде пластинки, у которой два размера (ширина и длина) существенно больше третьего (толщины) и применяемый для сплачивания брусьев в изгибаемых и сжато-изгибаемых элементах. Сам нагель работает на изгиб и смятие, а древесина сплачиваемых элементов - на смятие и скалывание. Общий вид и типоразмеры пластинчатого нагеля показаны на рисунке. При этом соотношение длины пластинки $l_{пл}$ и ее толщины $\delta_{пл}$ должно составлять примерно 4,5. Ранее применялись только два типоразмера пластинок: $1,2 \times 5,4$ и $1,6 \times 7,2$ см ($\delta_{пл} \times l_{пл}$). Действующие нормы проектирования деревянных конструкций предлагают несколько отличающиеся от этих размеры - $1,2 \times 5,8$ см*

Соединения на цилиндрических нагелях



$$T_{\text{соед}} = T_{\text{мин}} m n; n = \frac{N}{T_{\text{мин}} m}$$



$$5. T_{\text{см.с}} = 0.5 c d (\text{см; кН});$$

$$T_{\text{см.а}} = 0.5 c a (\text{см; кН})$$

$$T_H = 1.8 d^2 + 0.02 a^2 (\text{см; кН});$$

$$T_H \leq 2.5 d^2 (\text{см; кН})$$

$$6. T_{\text{сн.а}} (a = c) = 0.35 c d (\text{см; кН});$$

$$T_{\text{сн.а}} \left(0.35 \leq \frac{a}{c} < 1 \right) = K_H a d (\text{см; кН})$$

$$0.35 \leq K_H \leq 0.8$$

$$T_{\text{см.с}} = 0.35 c d (\text{см; кН}); T_{\text{см.с}} (d \leq 0.35 c) = 0.8 a d (\text{см; кН})$$

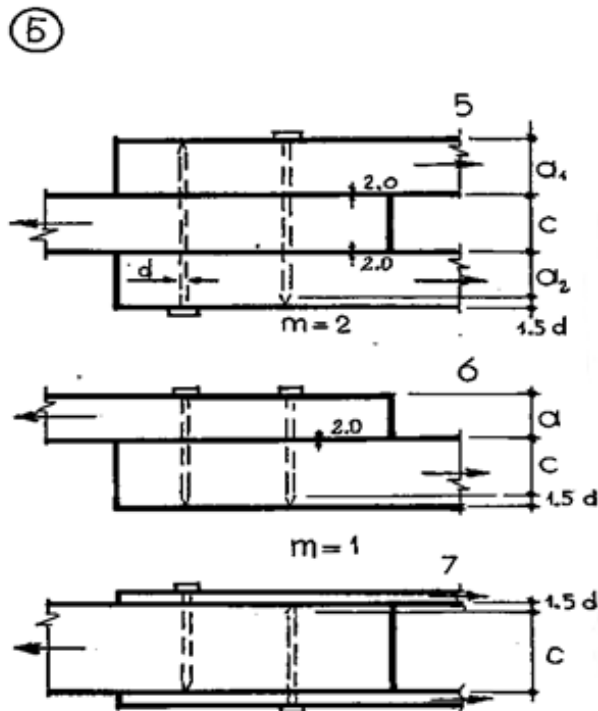
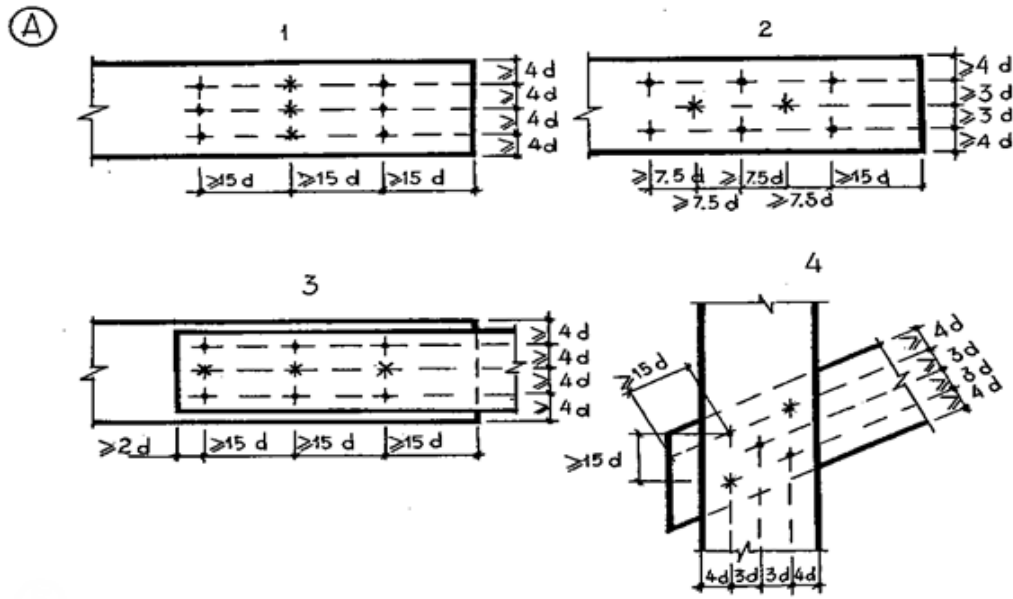
$$T_H = 1.8 d^2 + 0.02 a^2 \leq 2.5 d^2 (\text{см; кН})$$

$$7. T_{\text{см.с}} = 0.5 c d (\text{см; кН});$$

$$T_H = 1.8 d^2 + 0.02 a^2 \leq 2.5 d^2 (\text{см; кН})$$

Рис. 3.5. Соединения на болтах и стальных нагелях (А – схемы расстановки нагелей; Б – расчетные схемы: 1 - прямая, 2 – шахматная, 3 – при стальных

накладках, 4 – в косых соединениях, 5 – симметричное, 6 – несимметричное, 7 – симметричное при стальных накладках)



$$T_{\text{соед}} = n m T_{\text{min}}$$

$$5. a = c: T_{\text{см}} = 0.35 c d \text{ (см; кН)}; a \leq 0.5c: T_{\text{см}} = 0.25 c d \text{ (см; кН)}$$

$$0.35c < a < c: T_{\text{см},a} = K_H a d \text{ (см; кН)}; a \leq 0.35c: T_{\text{см},a} = 0.8a d \text{ (см; кН)}$$

$$a > 0.5c: T_{\text{см},c} = 0.35c d \text{ (см; кН)}$$

$$6. T_{\text{см},c} = 0.35 c d \text{ (см; кН)}; T_{\text{см},a} = K_H a d \text{ (см; кН)}$$

$$7. T_{см.с} = 0.35 cd(\text{см; кН}); T_H = 2.5d^2 + 0.01a^2 \leq 4 d^2(\text{см; кН})$$

Рис.3.6. Соединения на гвоздях

Всегда несимметричное соединения на гвоздях

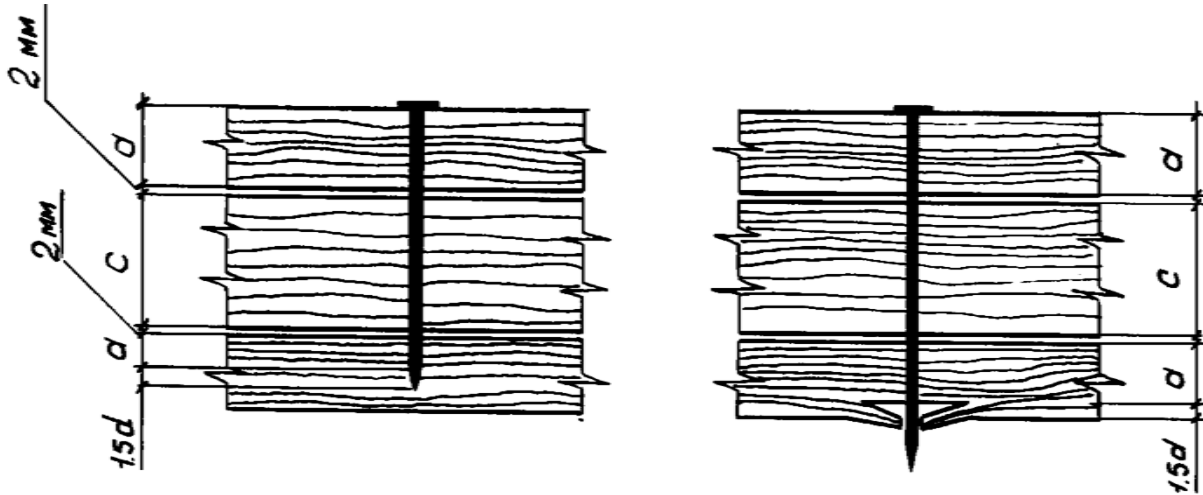


Рис. 3.7. Иллюстрация несимметричности соединения на гвоздях, если их забить с каждой стороны поровну (видимость симметричности соединения).

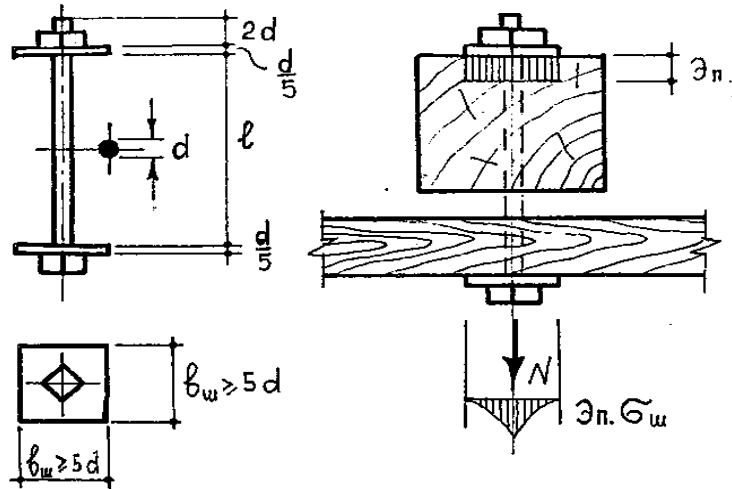
Почему невозможно получить симметричное соединение, забивая гвоздь в три доски?

Потому что если гвоздь имеет длину, равную толщине пробиваемого пакета, то его рабочая длина в третьей доске меньше на 1,5 диаметра чем в первой, а если он длиннее, чем пробиваемый пакет, то в крайней доске его рабочая часть короче на 1,5 диаметра, чем в первой, за счет отщепления крайнего слоя. Таким образом при равной толщине крайних досок рабочая длина гвоздя в первой доске больше, чем в третьей на 1,5 диаметра гвоздя и относительно середины гвоздя его изогнутая ось не симметрична.

На этом основана ошибка в рисунке симметричных соединений в СТТ 64...

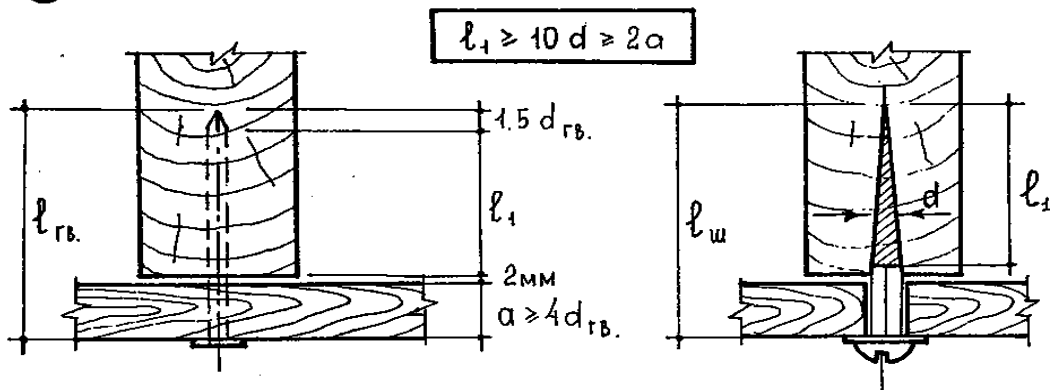
Подшивка балок или досок подвесного потолка

А



$$\frac{N}{A_{III}} \leq R_{CM.90}; M = \frac{N b_{III}}{16}; A_{III} = b_{III}^2$$

Б



$$T_{B.Г.} = R_{B.Г.} \pi d_{ГВ} l_1; R_{B.Г.} = 0.3 \text{ МПа при } W = 20 - 25\%;$$

$$R_{B.Г.} = 0.1 \text{ МПа при } W > 25\%$$

$$S_1 \geq 15 d_{ГВ}; S_2 = S_3 \geq 4 d_{ГВ}$$

$$T_{B.Ш.} = R_{B.Ш.} \pi d l_1; R_{B.Ш.} = 1 \text{ МПа}; S_1 \geq 10 d; S_2 = S_3 \geq 5 d$$

Здесь болт сминает древесину под шайбой, а гвоздь или шуруп выдергиваются.

Рис. 3. 7. Соединения на растянутых связях

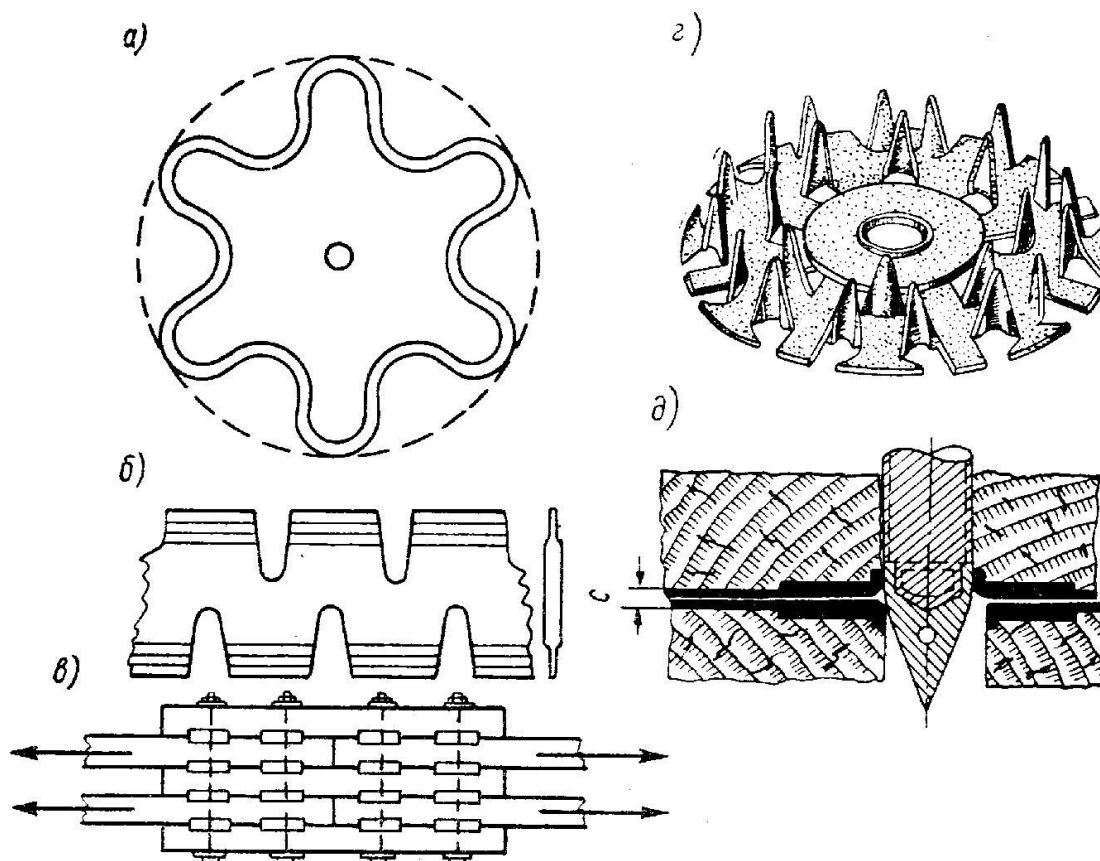


Рис.3.8. Зубчато-кольцевая шпонка и когтевая шайба В.Г. Леннова

Характеристики шайбы В.Г. Леннова

Диаметр (d)	-	80, 100, 120, 150 мм;
Длина зубьев	-	15,3; 18,7; 22,0; 27,0 мм;
Толщина металла	-	2,0; 2,0; 2,0; 2,5 мм;
Диаметр болта	-	20; 20; 24; 24 мм;
Минимальные размеры досок:		50×100; 60×130; 75×150; 90×180 мм.

Шаг по осям ($\geq 2d$) - 160; 200; 240; 300 мм.



Несущая
способность (кН)
- 9,6; 15,0; 21,6;
33,8.

*Формула несущей
способности
пары шайб -15
 d^2*

Отверстие под болт высверливается заранее.
Возможности конструкций на Металлических Зубчатых

Пластинах (МЗП)



Соединения на металлических зубчатых пластинах (МЗП)

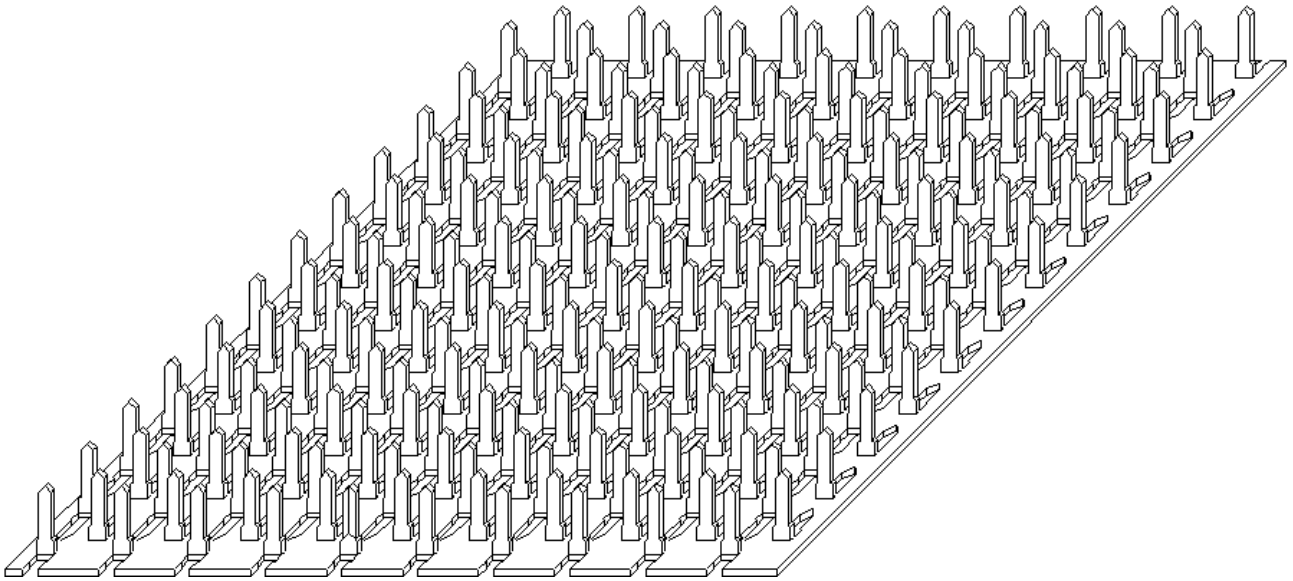


Рис.3.9. Общий вид пластины по патенту №57767 В.Г. Миронова, А.В.Крицина

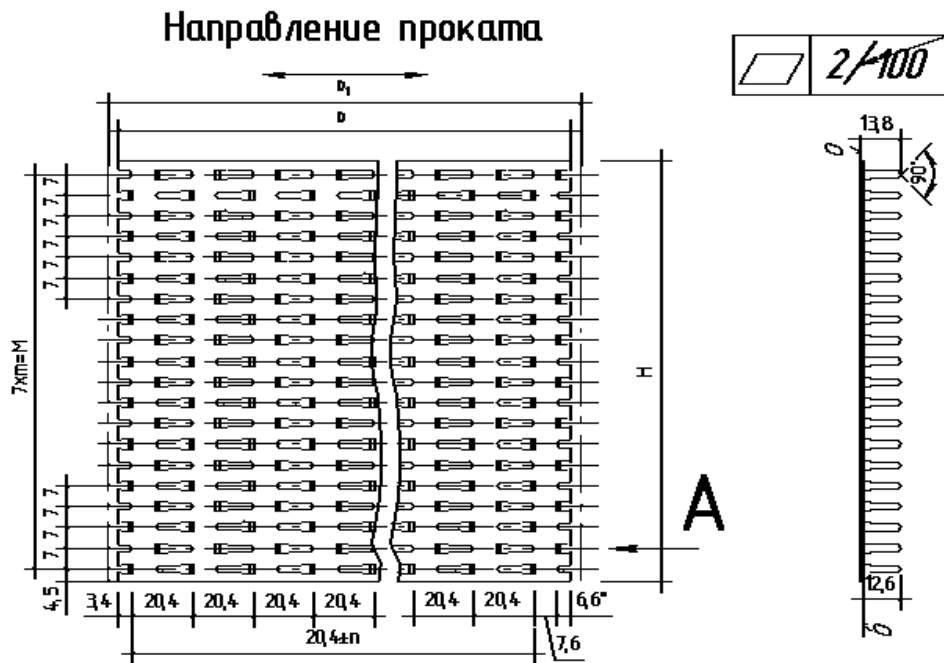
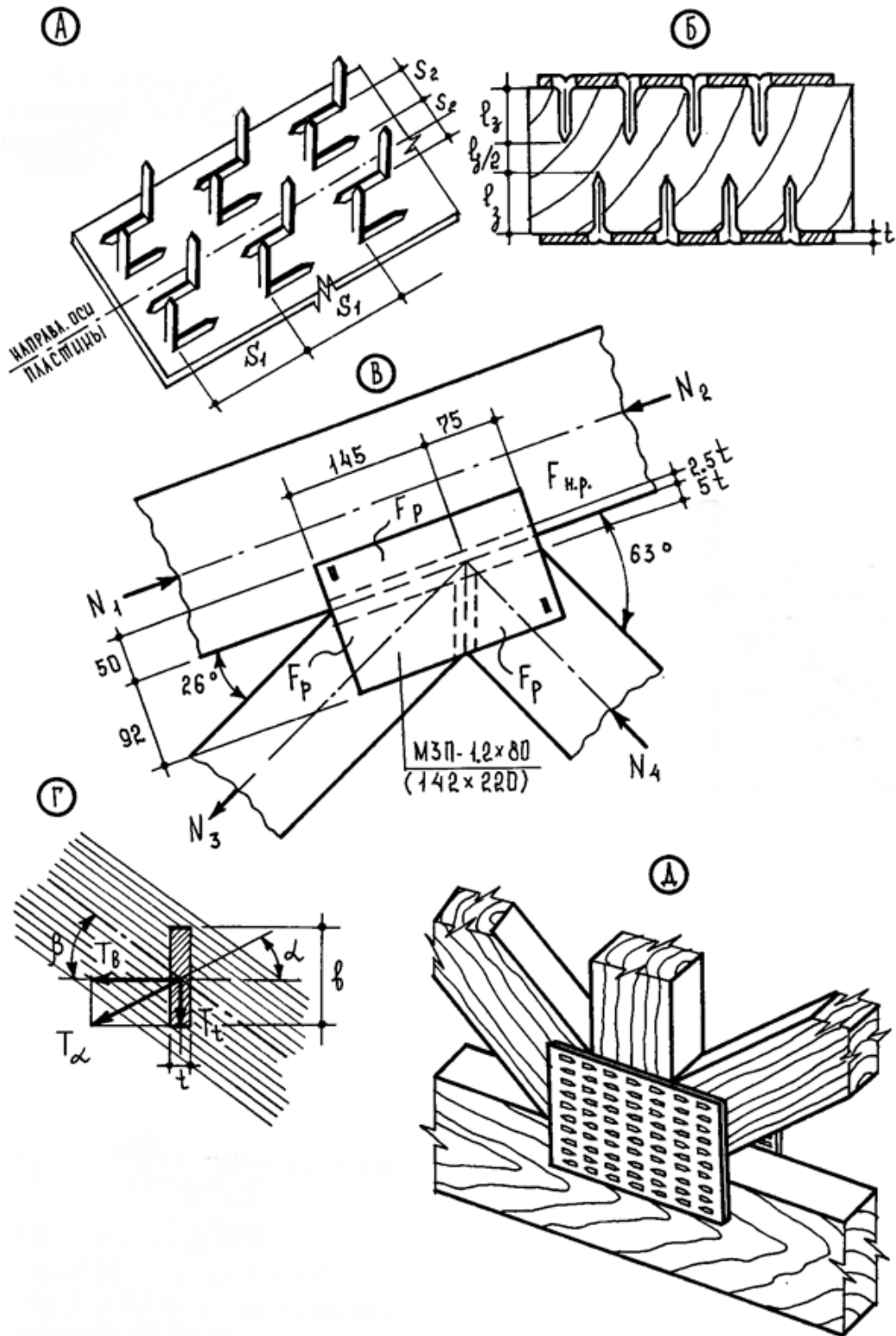


Рис. 3.10. Геометрия МЗП 1,2x70.

При штамповке важно соблюдать направление проката листа, из которого вырезается полоса для штамповки пластин



$$R_{\text{пл}} = \frac{T_3}{F_3}; \frac{T_b}{\cos \alpha} \geq T_3 \leq \frac{T_t}{\sin \alpha}; F_{\text{пл}} = F_{\text{тр.р}} + F_{\text{н.р.}}; F_3 = S_1 * S_2$$

Рис.3.11. Визуализация узла и понятие нерабочих площадей пластины:

А – фрагмент МЗП; Б – МЗП в древесине; В - к расчету соединения;

Г – разложение усилия Т; Д – пример узлового соединения

$$K_b(K_t) \leq 0.5; T_b = m_g t b \sqrt{R_u R_{\text{CM}\beta}}; T_t = m_g t b \sqrt{R_u R_{\text{CM}(90-\beta)}}$$

$$0.5 \leq K_b(K_t) \leq 1; T_b = m_g l b R_{\text{CM}\beta}; T_t = m_g t l R_{\text{CM}(90-\beta)}$$

$$K_b(K_t) \geq 1; T_b = l b R_{\text{CM}\beta}; T_t = t l R_{\text{CM}(90-\beta)}$$

$$K_b = \sqrt{2 + \frac{t^2 R_u}{l^2 R_{\text{CM}\beta}} - 1}; K_t = \sqrt{2 + \frac{b^2 R_u}{l^2 R_{\text{CM}\beta}} - 1}$$

$$\frac{T_b}{\cos \alpha} \geq T_3 \geq \frac{T_t}{\sin \alpha}$$

†, мм	l_3	S_1	S_2	b_3	h, ШТ/ДМ ²	F_3 , см ²
1.2	10.5 †	17†	5†	2†	82	1.224
1.5					52	1.912
1.8					36	2.754
2					29	3.4

α	β	$R_{\text{пл.}}, \text{ Н/см}^2$						
		0	15	30	45	60	75	90
0	0	100	90	77	65	68	52	50
15	0	104	94	80	67	60	54	52
30	0	117	103	89	75	67	60	58
45	0	121	122	108	92	82	73	71
60	0	99	100	105	111	117	91	99
75	0	89	89	94	100	106	82	89
90	0	83	86	92	97	103	79	86

$$F_{\text{тр.р}} \geq \frac{N}{2 R_{\text{пл}}}; \frac{N}{2 F_{\text{нт.0}}} \leq 140 \text{ МПа}; \frac{N}{2 F_{\text{нт.90}}} \leq 100 \text{ МПа}; \frac{N_{\text{сдв}}}{2 F_{\text{нт.}\alpha}} \leq 100 \text{ МПа}$$

Рис.3.12 . Исходные данные для расчета соединения на МЗП и параметры МЗП

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



ПАТЕНТ

НА ПОЛЕЗНУЮ МОДЕЛЬ

№ 57767

**КРЕПЕЖНЫЙ ЭЛЕМЕНТ ДЛЯ СОЕДИНЕНИЯ
ДЕРЕВЯННЫХ КОНСТРУКЦИЙ**

Патентообладатель(ли): **Миронов Валерий Геннадьевич (RU),
Крицин Алексей Владимирович (RU)**

Автор(ы): **Миронов Валерий Геннадьевич (RU), Крицин
Алексей Владимирович (RU)**

Заявка № **2005119703**

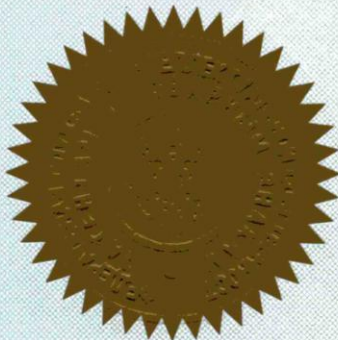
Приоритет полезной модели **24 июня 2005 г.**

Зарегистрировано в Государственном реестре полезных
моделей Российской Федерации **27 октября 2006 г.**

Срок действия патента истекает **24 июня 2010 г.**

*Руководитель Федеральной службы по интеллектуальной
собственности, патентам и товарным знакам*

Б.П. Симонов



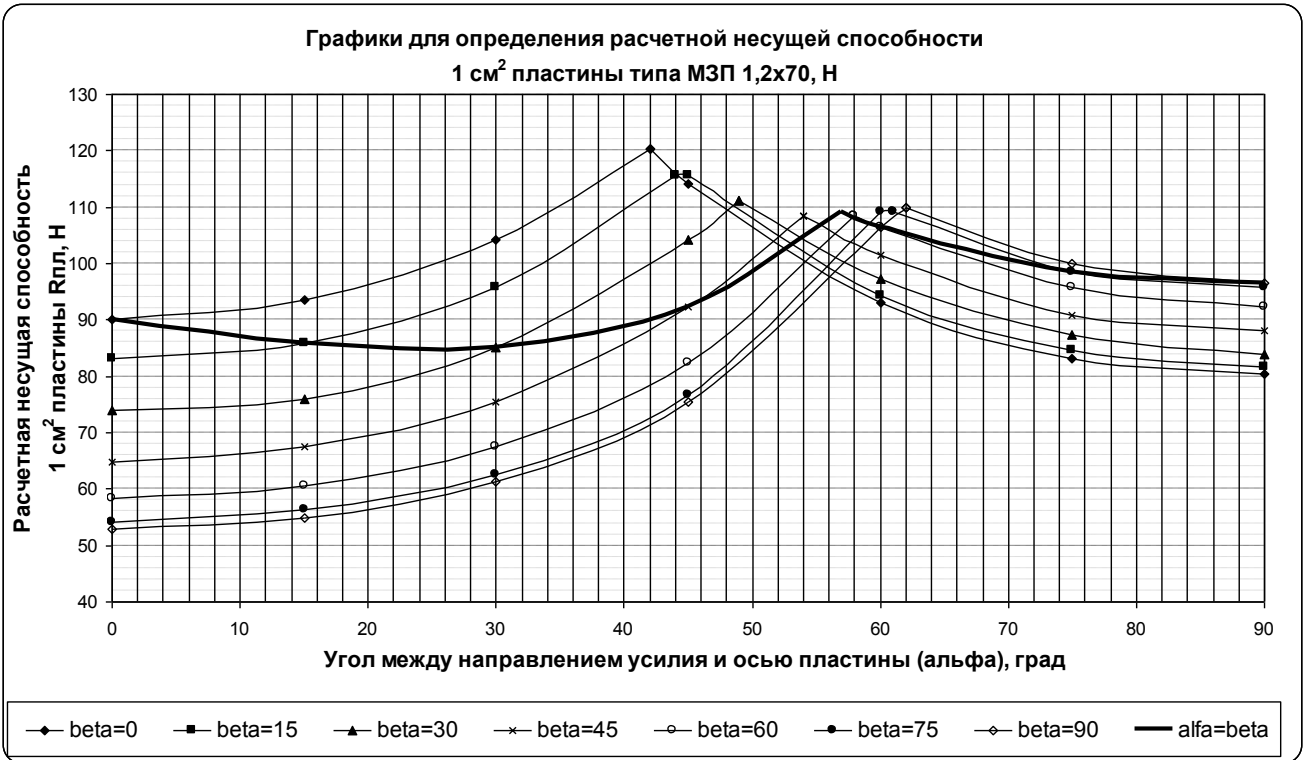


Рисунок .3.13. Графики для определения расчетной несущей способности пластин типа МЗП-1,2x70.

Несущая способность пластины толщиной 1,2 мм R _{пл} - Н/см ²																			
Угол между осью пластины и усилием (альфа)	Угол между осью пластины и направлением волокон древесины (бета)																		
	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90
0	90	88	85	83	80	77	74	71	68	65	63	60	58	57	55	54	54	53	53
5	91	89	86	84	81	78	75	72	69	66	64	61	59	58	56	55	54	54	54
10	93	90	88	85	82	79	75	73	70	67	65	62	60	58	57	55	55	55	54
15	94	91	89	86	83	79	76	73	71	68	66	63	61	59	58	56	56	55	55
20	97	95	92	89	86	82	79	76	73	70	68	66	63	62	60	58	58	57	57
25	101	98	95	93	89	86	82	79	76	73	70	68	66	64	62	61	60	60	59
30	104	101	99	96	92	89	85	82	78	75	73	70	68	66	65	63	62	62	61
35	107	106	104	103	99	95	91	88	84	81	78	75	73	71	69	68	67	66	66
40	111	110	110	109	105	102	98	94	90	86	83	80	77	76	74	72	72	71	70
45	114	115	115	116	112	108	104	100	96	92	89	85	82	80	79	77	76	76	75
50	107	108	108	109	106	104	102	99	97	95	93	92	90	89	88	88	87	86	85
55	100	100	101	101	101	100	99	99	98	98	98	98	98	98	98	98	97	97	96
60	93	93	94	94	95	96	97	98	100	101	103	104	106	107	108	109	108	107	106
65	90	90	91	91	92	93	94	95	96	98	99	101	103	104	105	106	105	105	104
70	86	87	87	88	89	90	90	92	93	94	96	98	99	100	101	102	102	102	102
75	83	84	84	85	86	86	87	88	90	91	93	94	96	97	98	99	99	100	100
80	82	83	83	84	85	85	86	87	89	90	92	93	95	96	97	98	98	98	99
85	81	82	82	83	84	84	85	86	88	89	90	92	93	95	96	97	97	97	97
90	80	81	81	82	83	83	84	85	87	88	89	91	92	93	95	96	96	96	96

Рис.3.14. Расчетная несущая способность одного см² площади пластины R_{пл}

в Н/см² МЗП-1,2х70 при различных углах α и β (с шагом 5 градусов).

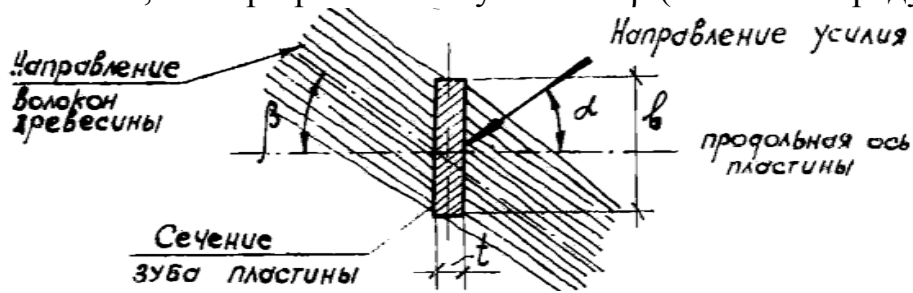


Рис. 3.15. К определению расчетной несущей способности зуба при произвольной его ориентации по отношению к направлениям усилия и волокон древесины.

Металлическая зубчатая пластина в соединениях проверяется на прочность по следующим формулам:

— *при растяжении вдоль пластины:* $\frac{N}{2 \cdot F_{нт,0}} \leq 140 \text{ МПа}$, где:

$$F_{нт,0} = 0.6B \cdot t \text{ для МЗП-4х2; } F_{нт,0} = 0.6B \cdot t \text{ для МЗП-3х1.2}$$

— *при растяжении поперек пластины:* $\frac{N}{2 \cdot F_{нт,90}} \leq 100 \text{ МПа}$,

$$\text{где: } F_{нт,90} = 0.39L \cdot t \text{ для МЗП-4х2;}$$

$$F_{нт,90} = 0.21L \cdot t \text{ для МЗП-3х1.2;}$$

— *при действии сдвигающей силы:* $\frac{N}{2 \cdot F_{нт,\alpha}} = 100 \text{ МПа}$,

$$\text{где: } F_{нт,\alpha} = F_{нт,0} \cdot \sin \alpha + F_{нт,90} \cdot \cos \alpha$$

В выше приведенных формулах приняты следующие обозначения:

t — толщина пластины;

B и *L* — наибольшие ширина и длина пластины в пределах длины плоскости сдвига;

α — угол между осью пластины и направлением сдвига;

F_{нт,0}, *F_{нт,90}*, *F_{нт,α}* — площадь нетто соответствующего сечения пластины.

Сращивание и сплачивание пиломатериалов на клею

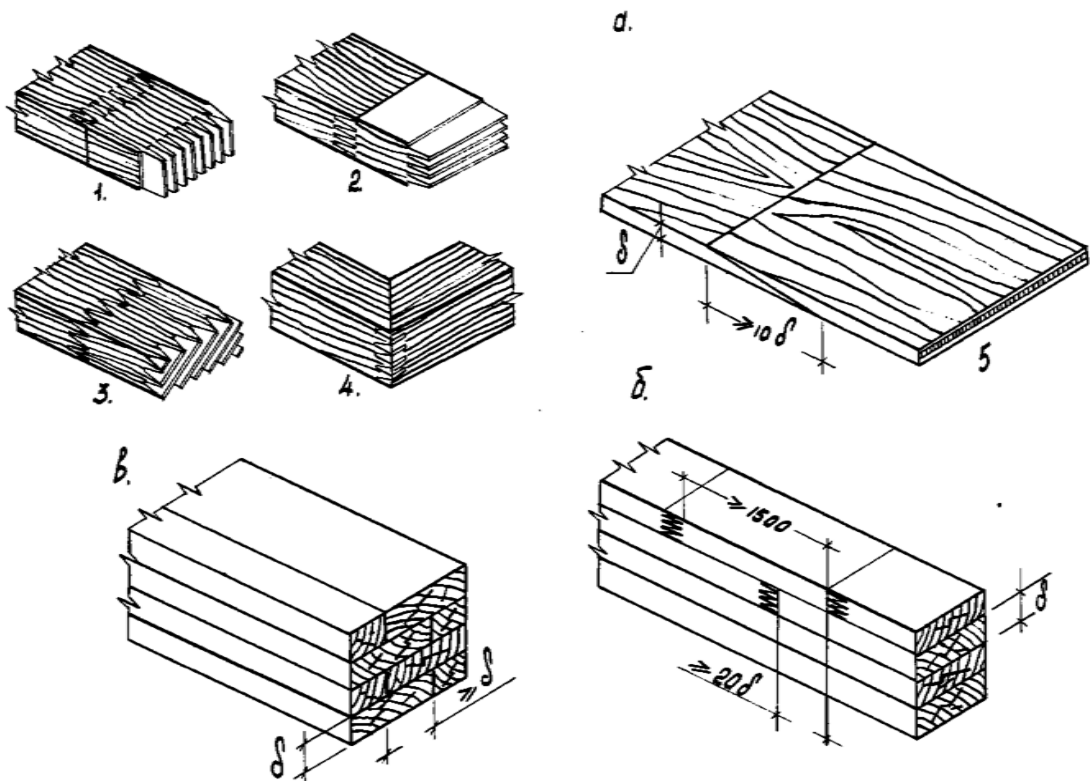
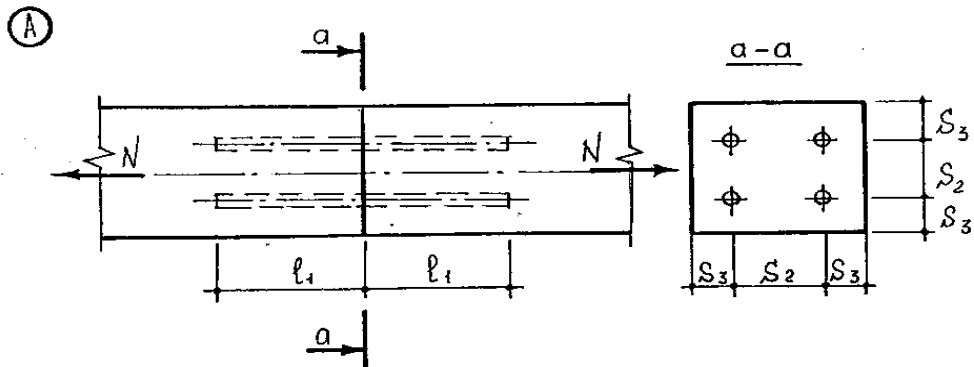


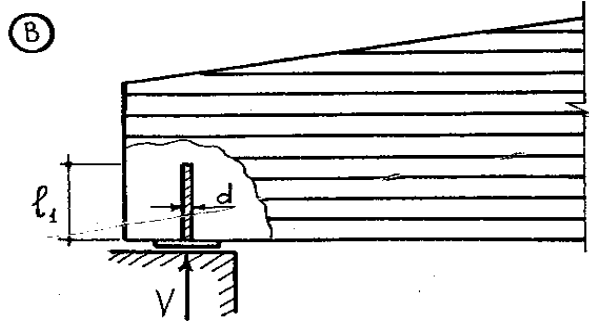
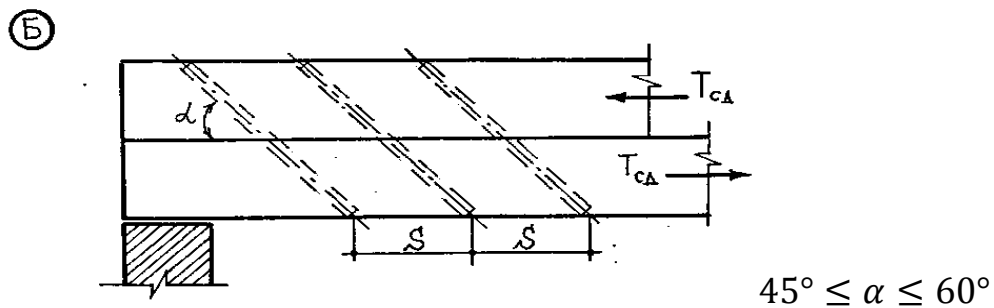
Рис.3.16. Способы сращивания и сплачивания пиломатериалов на клею:
 а – сращивание на зубчатый шип: 1-вертикальный; 2-горизонтальный;
 3-наклонный; 5- на ус;
 б – сплачивание пакета по высоте при ширине сечения не более 200 мм;
 в – сплачивание по высоте и ширине при ширине сечения более 200 мм.

Соединения на зубчатый шип позволяют получить непрерывные ленты из досок с прочностью пиломатериалов второго сорта (прочность стыка достигает 70% прочности цельного сечения доски) за счет вырезания опасных сучков и других дефектов из пиломатериала низкого качества. При сборке пакета для клееной конструкции должны соблюдаться условия: длина отрезков доски должна быть не менее полутора метров, а стыки в пакете должны размещаться не ближе 20 толщин доски друг от друга. Клей должен быть водостойкий и долговечный, например, модифицированный меламином фенолформальдегидный или резорциновый клей.

Соединения на клеенных стержнях



$$T_{\text{соед}} = nR_{\text{СК}}\pi(d + 0.005)l_1k_c \text{ (МПа; м; мм); } k_c = 1.2 - 0.02\frac{l_1}{d}; l_1 = (10 \div 30)d$$



$$T = R_{\text{см.90}} \pi(d + 0.005)l_1k_{\text{см}}; k_{\text{см}} = 1 - 0.025\frac{l_1}{d}; R_{\text{см.90}} = 3 \text{ МПа}$$

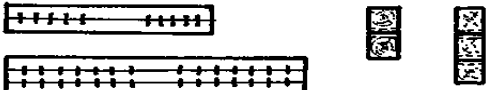
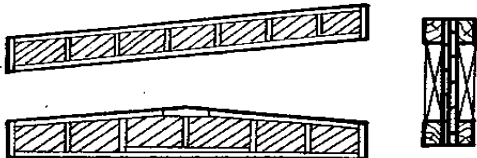
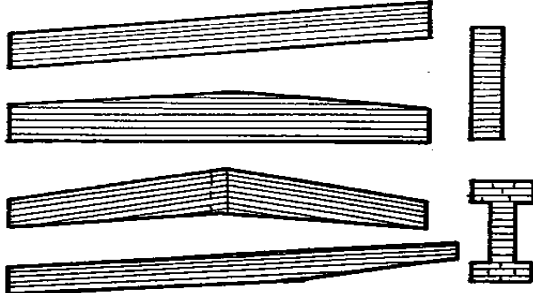

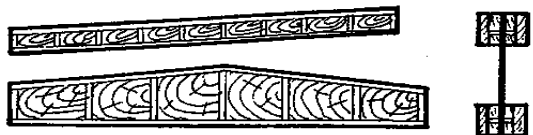

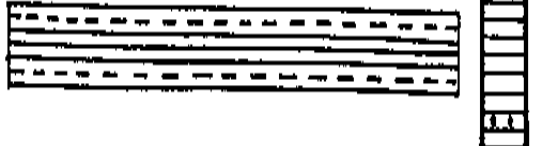
Соединения на клеенных стержнях позволяют соединять как растянутые, так и сдвигаемые при изгибе элементы, а также решать вопросы распределения сосредоточенных на опоре сил. Подбирая длину и диаметр клеиваемых стержней, можно воспринять значительные усилия. Неравномерность распределения скалывающих напряжений учитывается коэффициентом K_c или $K_{\text{см}}$

Рис. 3.16. Соединения на продольно-клеенных (А), наклонно-клеенных (Б) и поперечно-клеенных (В) стержнях

РАЗДЕЛ 4

БАЛКИ

Деревянные балки

Балки	Пролет, м	$K_{с.в.}$	$K_M, \%$
	4 - 7	7 - 12	1 - 2
	6 - 12	6 - 10	5 - 7
	6 - 24	4 - 6	0 - 1.5
	8 - 10	3 - 7	0 - 1
	6 - 15	3 - 4	0 - 1
	6 - 12	3 - 4	0 - 1
	6 - 30	4 - 6	1 - 5

Все балки можно разделить на балки цельного сечения, составные с податливыми связями и клеёные.

Балки составные на податливых связях:

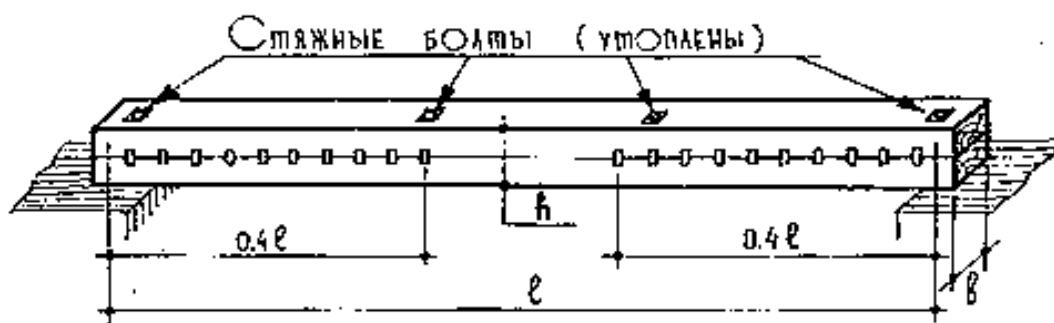
- Балки В.С.Деревягина (из брусьев на пластинчатых нагелях);
- Балки с дощатой перекрестной стенкой на гвоздях;

Балки клеёные:

- Массивные клеёные с различными формами поперечного сечения и различного очертания;
- Клефанерные с плоской или волнистой стенкой;
- Армированные, с разного типа армированием.

Рис. 4.1. Техничко-экономические характеристики балок

Балки на дубовых пластинчатых нагелях



$$W_{\text{расч}} = K_w W_{\text{нт}}, \quad J_{\text{расч}} = K_{\text{ж}} J_{\text{бр}}$$

$$n_{\text{пл}} = \frac{K M S_{\text{бр}}}{T_{\text{пл}} J_{\text{бр}}} \rightarrow \begin{cases} \text{при равномерной расстановке } k = 1,5 \\ \text{при расстановке на длине } 0,4l \quad k = 1,2 \end{cases}$$

$$\frac{M}{K_w W_{\text{нт}}} \leq R_u, \quad f = \frac{5}{384} * \frac{q^{\text{н}} l^4}{E K_{\text{ж}} J_{\text{бр}}} \leq |f_{\text{пр}}| = \frac{l}{250}$$

$$M = \frac{q l^2}{8}; \quad S_{\text{бр}} = \frac{b h^2}{8}; \quad J_{\text{бр}} = \frac{b h^3}{12}; \quad W_{\text{бр}} = \frac{b h^2}{6}$$

$$T_{\text{пл}} = 14 l_{\text{пл}} b_{\text{пл}} (\text{см, кгс}) \text{ если } l_{\text{пл}} * \delta_{\text{пл}}: \begin{matrix} 54 * 12 \text{ мм} \\ 72 * 16 \text{ мм} \end{matrix}$$

$$T_{\text{пл}} = 0,75 b_{\text{пл}} (\text{см, кН}) \text{ если } l_{\text{пл}} * \delta_{\text{пл}}: 58 * 12 \text{ мм (СП 64.13330 – 2011)}$$

$$\text{Для всех случаев: } 0,625 l_{\text{пл}} * \delta_{\text{пл}}$$

Коэффициенты $K_{\text{ж}}$ и K_w (табл. 16 СП64.13330 – 2011)

Количество слоев	2	2	2	3	3	3
Пролет балки	4	6	9 и >	4	6	9 и >
K_w	0,85	0,9	0,9	0,8	0,85	0,9
$K_{\text{ж}}$	0,65	0,75	0,8	0,5	0,6	0,7

Такие балки впервые предложил инженер В.С. Деревягин в 1933 году, поэтому они носят название «Балки Деревягина».

Рис. 4.2. Общий вид и расчетные формулы балок В.С. Деревягина

Балки составного сечения на пластинчатых дубовых нагелях впервые предложил инженер В.С. Деревягин в 1933 году, поэтому они носят название «Балки Деревягина».

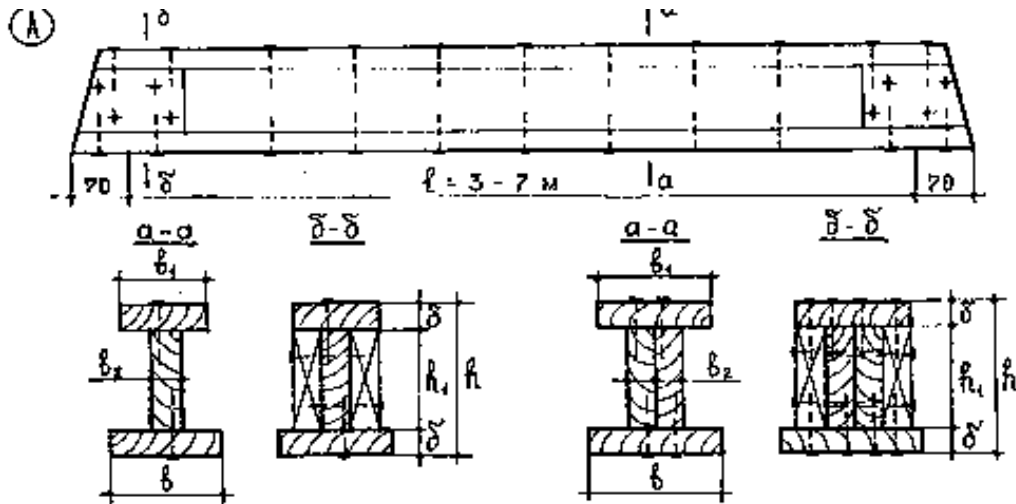
Суть этих балок заключается в том, что используя стандартные брусья можно перекрывать пролеты, превышающие стандартную длину бруса или воспринимать значительные по величине нагрузки.

Пластинчатый нагель, воспринимая сдвигающие силы в плоскости сплачивания делает балку достаточно жесткой и прочной, хотя и менее жесткой чем балка цельного или клееного сечений.

В тех случаях, когда требуются легкие конструкции, а сечения стандартных досок не хватает, эффективно использовать клееные малогабаритные балки, в которых и полки, и стенка выполняются из досок. Доски должны быть тщательно профрезерованы. Все углы сечения - строго прямоугольные. Влажность в пределах 12...14%. Приклеивание поясов к стенке - на водостойком синтетическом клее. Запрессовка гвоздевая. Шаг гвоздей - 7 толщин пояса. Расположение - вразбежку.


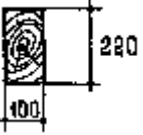
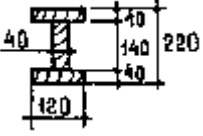
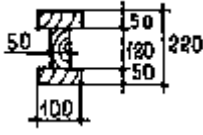
Ниже рассмотрены варианты таких балок с параметрами их поперечного сечения.

Малогабаритные клееные балки из досок



$$h = \left(\frac{1}{15} - \frac{1}{20} \right) \cdot l, \quad K_{c.B.} = 8-10$$

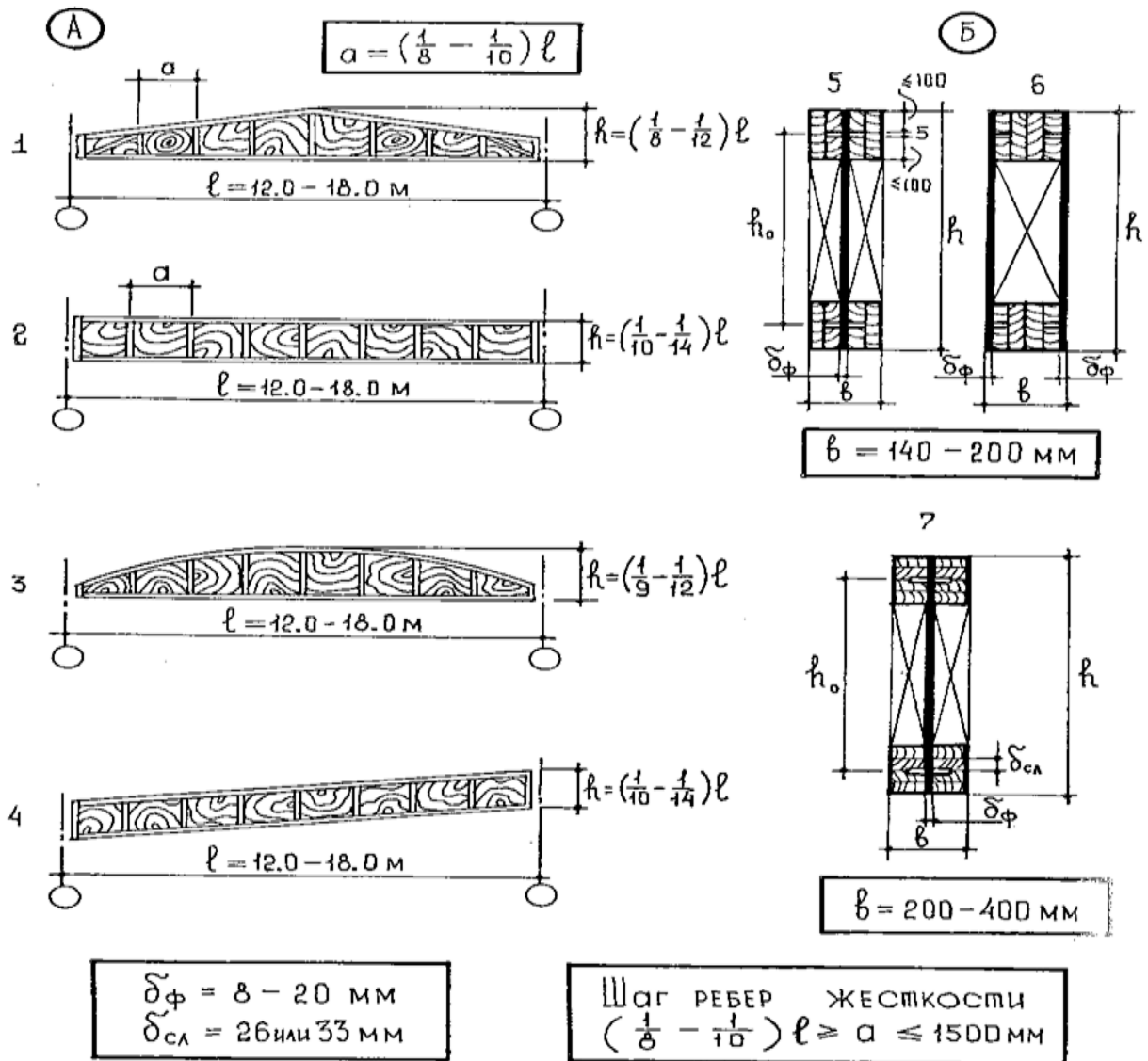
$$\frac{W_1}{W_3} = 1.2; \quad \frac{F_1}{F_3} = 1.74, \quad \frac{W_2}{W_3} = 1.0; \quad \frac{F_2}{F_3} = 1.45$$

	$W_x = 968 \text{ см}^3$ $F = 264 \text{ см}^2$	$\frac{W_x}{F} = 3.67$
	$W_x = 807 \text{ см}^3$ $F = 220 \text{ см}^2$	$\frac{W_x}{F} = 3.67$
	$W_x = 802 \text{ см}^3$ $F = 152 \text{ см}^2$	$\frac{W_x}{F} = 5.27$
	$W_x = 741 \text{ см}^3$ $F = 162 \text{ см}^2$	$\frac{W_x}{F} = 4.63$

Из таблицы видно, что эффективность двутаврового сечения по прочности и жесткости не оспариваема: если отношение момента сопротивления к площади поперечного сечения у прямоугольного сечения 3,67, то у двутаврового с такими же внешними габаритами - 5,27.

Рис.4.3. Малогабаритные клееные балки и их эффективность

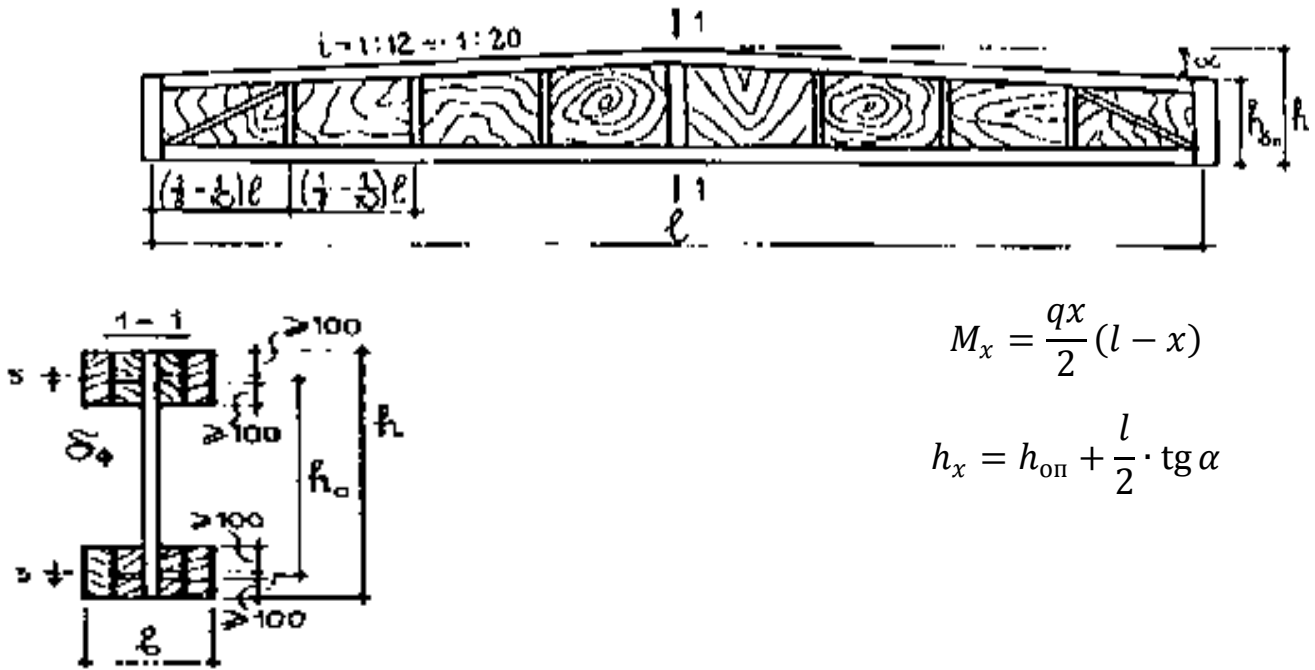
Клефанерные балки



Материалом для балок служит фанера марки $\Phi С \Phi$ сорта не ниже В/ВВ толщиной более 10мм (стенка) и обрезные калиброванные доски стандартного сечения не менее чем 40x100мм.

Клей для приклеивания поясов и ребер - фенолформальдегидный, резорциновый или модифицированный меламином (либо шведский клей марки «Каска нобель».

Рис.4.4. Основные виды очертания поясов (А) и поперечных сечений (Б) клефанерных балок с плоской стенкой: 1-двускатная балка; 2-балка с параллельными поясами; 3- балка сегментного очертания; 4- балка наклонная с параллельными поясами; 5 и 7- двутавровое сечение; 6- коробчатое сечение



$$M_x = \frac{qx}{2} (l - x)$$

$$h_x = h_{\text{оп}} + \frac{l}{2} \cdot \text{tg } \alpha$$

$$1. \quad h = \left(\frac{1}{10} - \frac{1}{14}\right) l; h_n = \left(\frac{1}{6} - \frac{1}{10}\right) h; \quad 5.$$

$$\delta_\phi = 8 - 20 \text{ мм}$$

$$2. \quad F_{\text{пр.др.}} = F_g + F_\phi \frac{1,2 \cdot E_\phi}{E_g};$$

$$3. \quad J_{\text{пр.др.}} = J_g + J_\phi \frac{1,2 \cdot E_\phi}{E_g}$$

$$S_{\text{пр.др.}} = S_g + S_\phi \frac{1,2 \cdot E_\phi}{E_g}$$

$$W_{\text{пр.др.}} = \frac{2 \cdot J_{\text{пр.др.}}}{h}$$

$$4. \quad W_{\text{тр}} = \frac{M_{\text{расч}}}{R_p}$$

$$M_{\text{расч}} = M_x$$

$$x = \left(\sqrt{\gamma(1 + \gamma)} - \gamma\right) l$$

$$\gamma = \frac{h_{\text{о.оп}}}{l \cdot \text{tg } \alpha}$$

$$J_{\text{тр}} = \frac{W_{\text{тр}} \cdot h}{2}$$

$$\frac{M_{\text{расч}}}{W_{\text{пр.др.}}} \leq R_p$$

$$\frac{M_{\text{расч}}}{\varphi_y \cdot W_{\text{пр.др.}}} \leq R_c$$

$$\frac{M_{\text{расч}}}{W_{\text{пр.ф}}} \leq R_{\text{ф.р.}} \cdot m_\phi$$

$$6. \quad \frac{\sigma_{\text{ст}}}{2} + \sqrt{\left(\frac{\sigma_{\text{ст}}}{2}\right)^2 + \tau_{\text{ст}}^2} \leq R_{\text{ф.р.}\alpha}$$

$\sigma_{\text{ст}}$ и $\tau_{\text{ст}}$ -напряжения на уровне внутренней кромки поясов

7. Если $(h_{\text{ст}}/\delta_\phi) > 50$, то

$$\frac{\sigma_{\text{ст}}}{k_u(100\delta_\phi/h_{\text{ст}})^2} + \frac{\tau_{\text{ст}}}{k_\tau(100\delta_\phi/h_p)^2} \leq 1$$

$$8. \quad \frac{Q_{\text{max}} \cdot S_{\text{ф.пр.}}}{J_{\text{пр.ф}} \cdot \Sigma \delta_\phi} \leq R_{\text{ф.ср.}}; \quad \frac{Q_{\text{max}} \cdot S_{\text{п.пр.}}}{J_{\text{ф.пр.}} \cdot \Sigma h_{\text{п}}} \leq R_{\text{ф.ск.}}$$

$$9. \quad f = \frac{f_0}{K} \left[1 + c\left(\frac{h}{l}\right)^2\right] \leq f_{\text{пр.}}; \quad K = 0.4 + 0.6 \frac{h_{\text{оп}}}{h}$$

Рис. 4.5. Конструкция и схема расчета клефанерной балки двутаврового сечения с плоской стенкой

Клееные балки

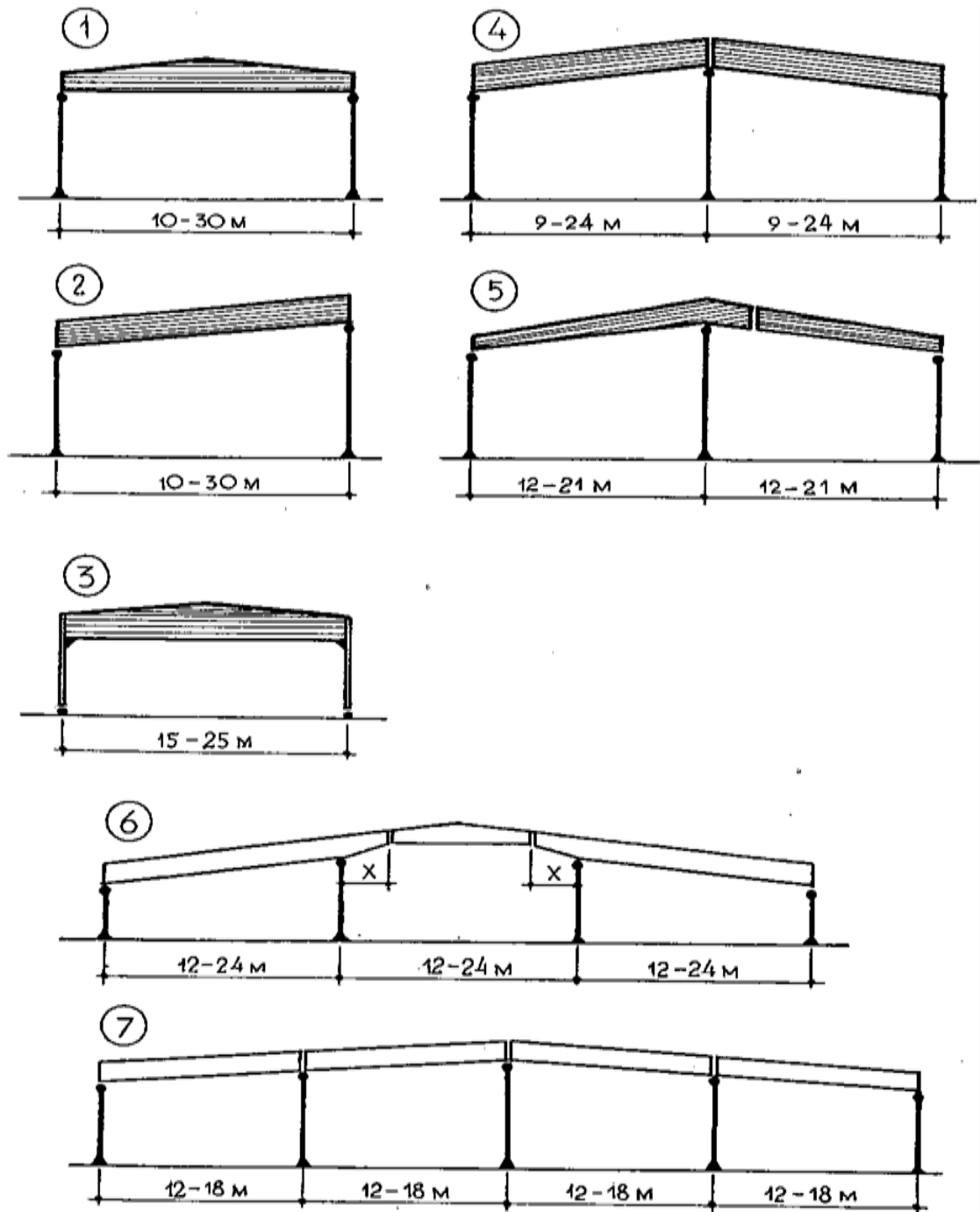


Рис.4.6. Схемы поперечников каркасных зданий с ригелем из клееных деревянных балок:

1, 2,3 – однопролетные с двускатной и односкатной кровлей; 4, 5 – двухпролетные с двускатной кровлей; 6 – трехпролетное; 7 – четырехпролетное.

● – шарнир; ▲ – жесткий узел

Пример применения двускатной клееной балки в покрытии здания с кирпичными стенами

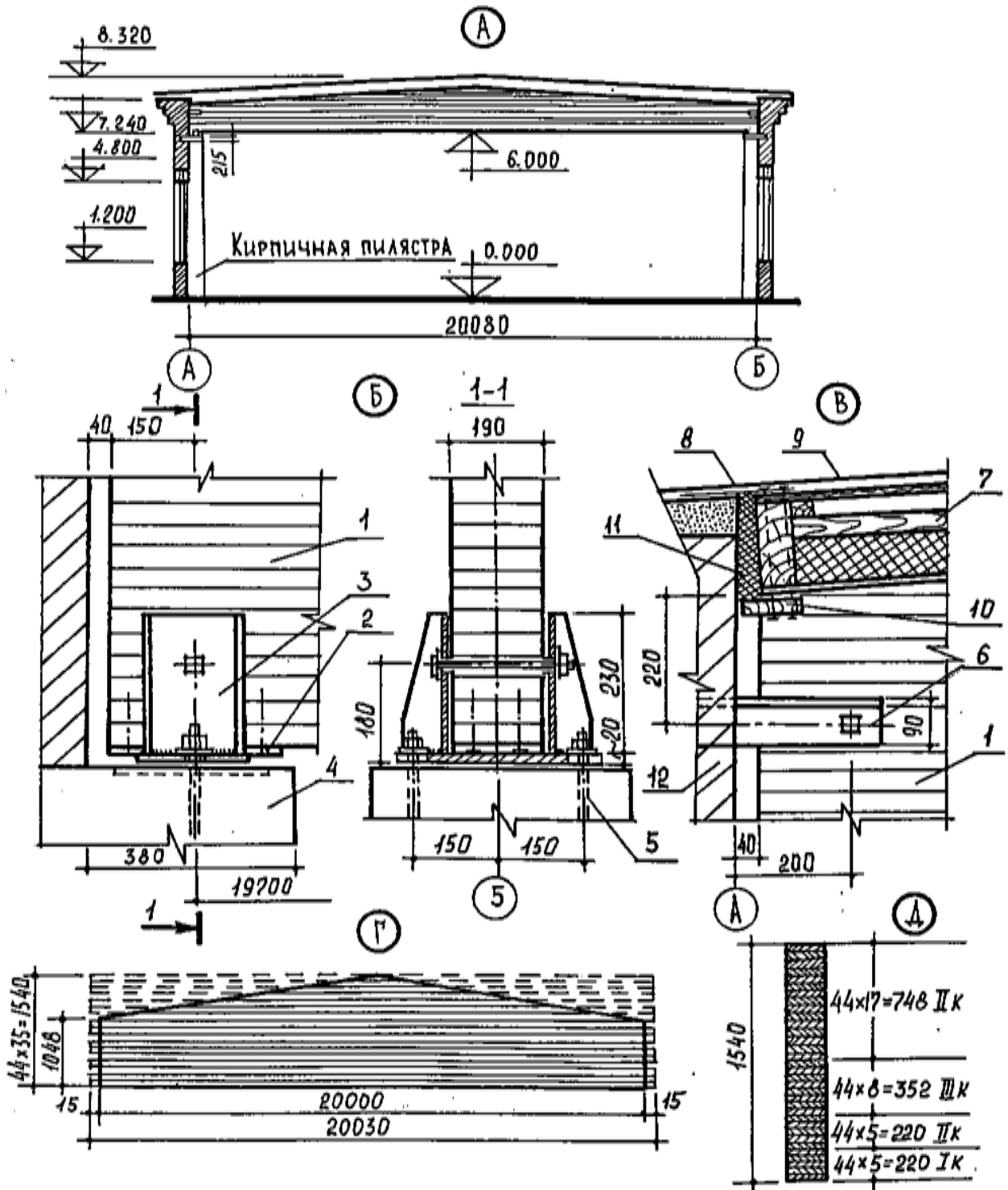
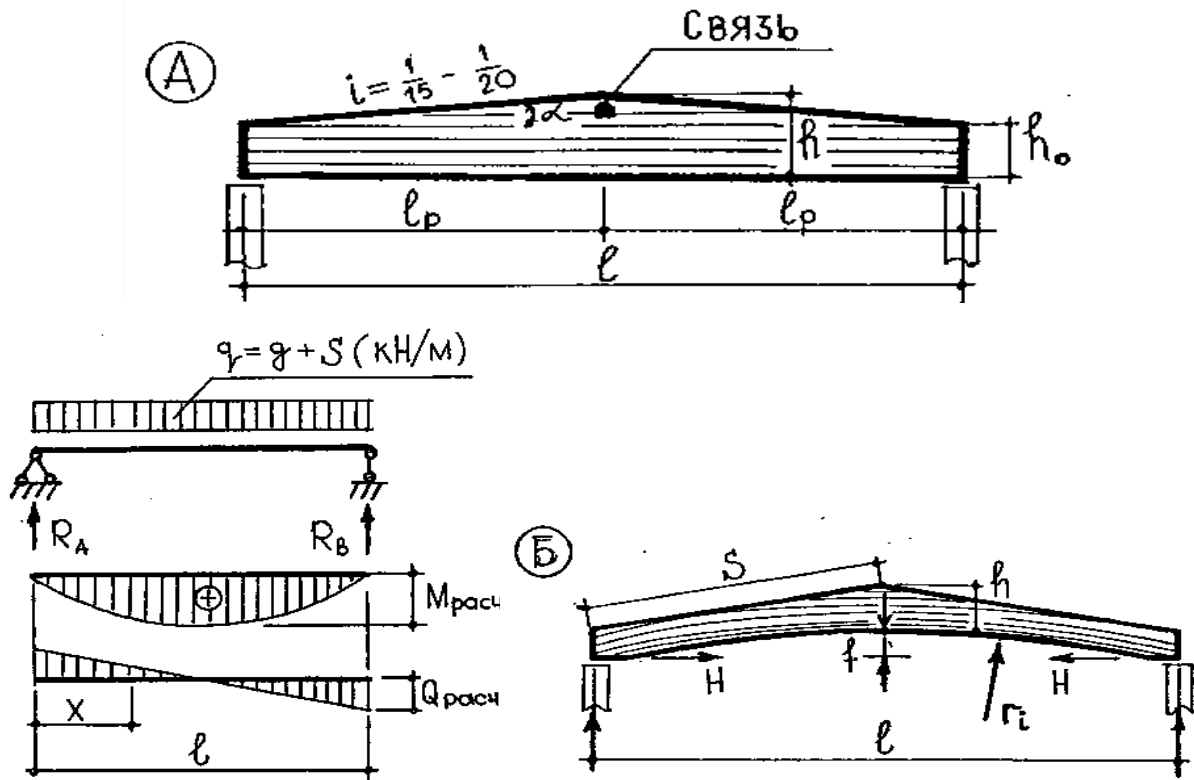


Рис.4.7. Пример применения двускатной балки в здании с пилястрами в кирпичных стенах

А - поперечный разрез; Б - Опорный узел; В - Карнизный узел; Г- выкраивание балки из пакета-заготовки по шаблону; Д - распределение сортов пиломатериалов по высоте сечения балки

Основные сведения о расчете



1. $h_0 = h - \frac{l}{2} \tan \alpha \geq 0.4 h$
2. $\frac{M}{W_{\text{расч}}} \leq R_u$; здесь $M = M_x$, $W_{\text{расч}} = W_x = \frac{b h_x^2}{6}$, $h_x = h_0 + x \tan \alpha$
3. $\frac{Q S_{\text{бр}}}{J_{\text{бр}} W_{\text{расч}}} \leq R_{\text{ск}}$, здесь Q , $S_{\text{бр}}$, $J_{\text{бр}}$ в опорном сечении
4. $\frac{M}{K_{\text{жм}} \varphi_m W_{\text{бр}}} \leq R_{\text{п}}$, здесь M – максимальный изгиб. момент на участке l_p ;

$W_{\text{бр}}$ – максимальный W там же;

$K_{\text{жм}}$ – по таблице 2 прил. 4 при $m < 4$ $K_{\text{жм}} = 1$

$$\varphi_m = 140 \frac{b^2}{l_p h} K_\phi, K_\phi \text{ по таблице 2 прил. 4}$$

$$5. f = \frac{f_0}{h} \left(1 + c \left(\frac{h}{l} \right)^2 \right); f_0 = \frac{5 q H l^4}{384 E J_{\text{бр}}}; J_{\text{бр}} = \frac{b h^3}{12}$$

E_6, J_6 для балки; $E_{\text{ст}}, J_{\text{ст}}$ для стойки; f стрела подъема балки

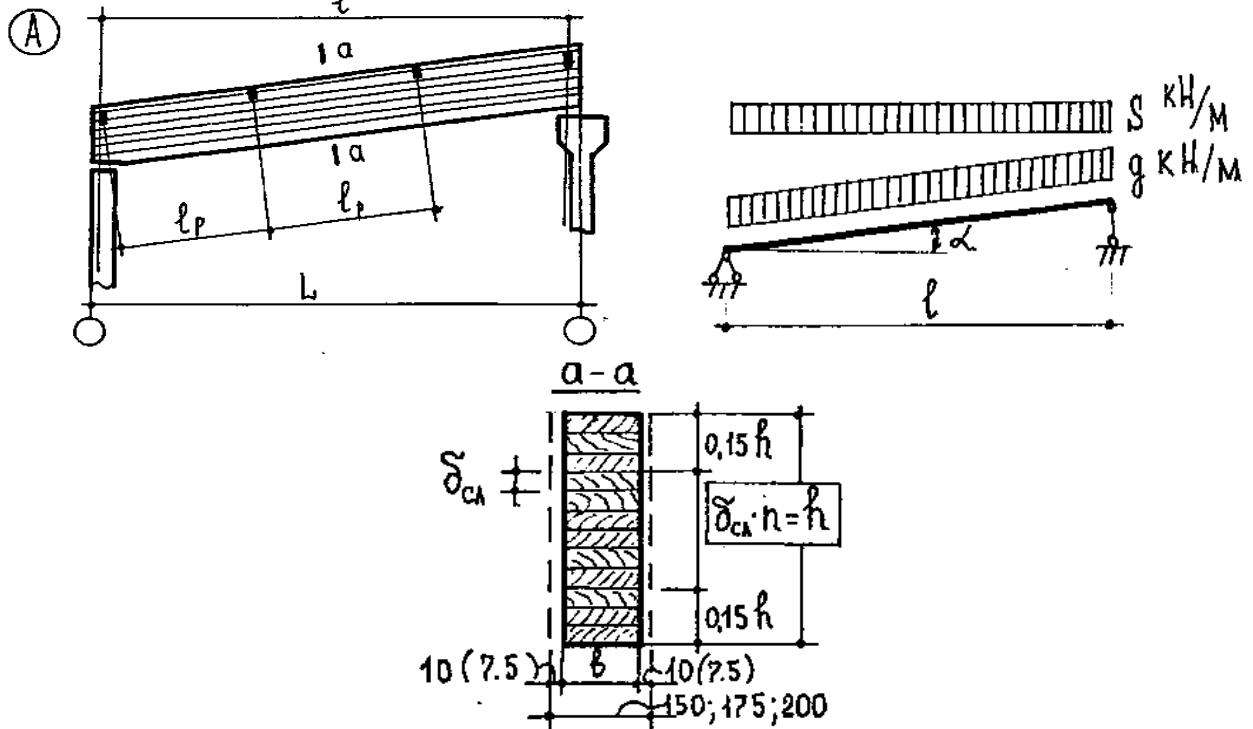
$$H = \frac{5 k_0 f q S^2}{8 (h^2 + k_0 \varphi^2)}; k_0 = \frac{J_{\text{ст}} S E_{\text{ст}}}{J_6 h E_6}; \frac{1.5 M}{b h r_i} \leq R_{p.90}; \frac{M_x}{W_x} \leq R_u; x = \frac{l h_0}{2 h}$$

Рис.4.8. Основные расчетные формулы для расчета клееных массивных балок двускатного очертания:

А - с горизонтальной нижней гранью;

Б - с приподнятой нижней гранью криволинейного очертания

Наклонные балки в односкатных покрытиях



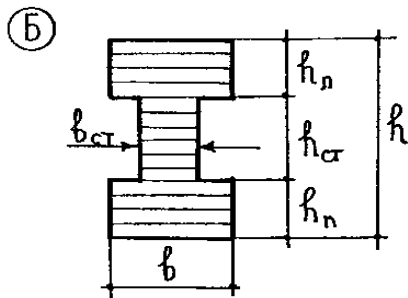
$$q = S + \frac{g}{\cos \alpha}; M = \frac{q l^2}{8}; Q = \frac{q l}{2}$$

$$1. W_{\text{тр}} = \frac{M}{R_u}; h_1 = \sqrt{\frac{6 W_{\text{тр}}}{b}}; b = [(150; 175; 200) - 20 \text{ или } 15] \text{ мм}$$

$$J_{\text{тр}} = \frac{5}{384} \frac{q H l^3}{E \frac{f}{l}}; h_2 = \sqrt[3]{\frac{12 J_{\text{тр}}}{b}}; h_1 > h < h_2$$

$$2. \frac{Q S_{\text{бр}}}{J_{\text{бр}} b} \leq R_u; S_{\text{бр}} = \frac{b h^2}{8}; J_{\text{бр}} = \frac{b h^3}{12};$$

$$3. \frac{M}{W_{\text{бр}} \varphi_M} \leq R_u; \varphi_M = 140 \frac{b^2}{l_p h} k_\phi; k_\phi - \text{табл. 2, прил 4 СНиП 5 - 25 - 80}$$

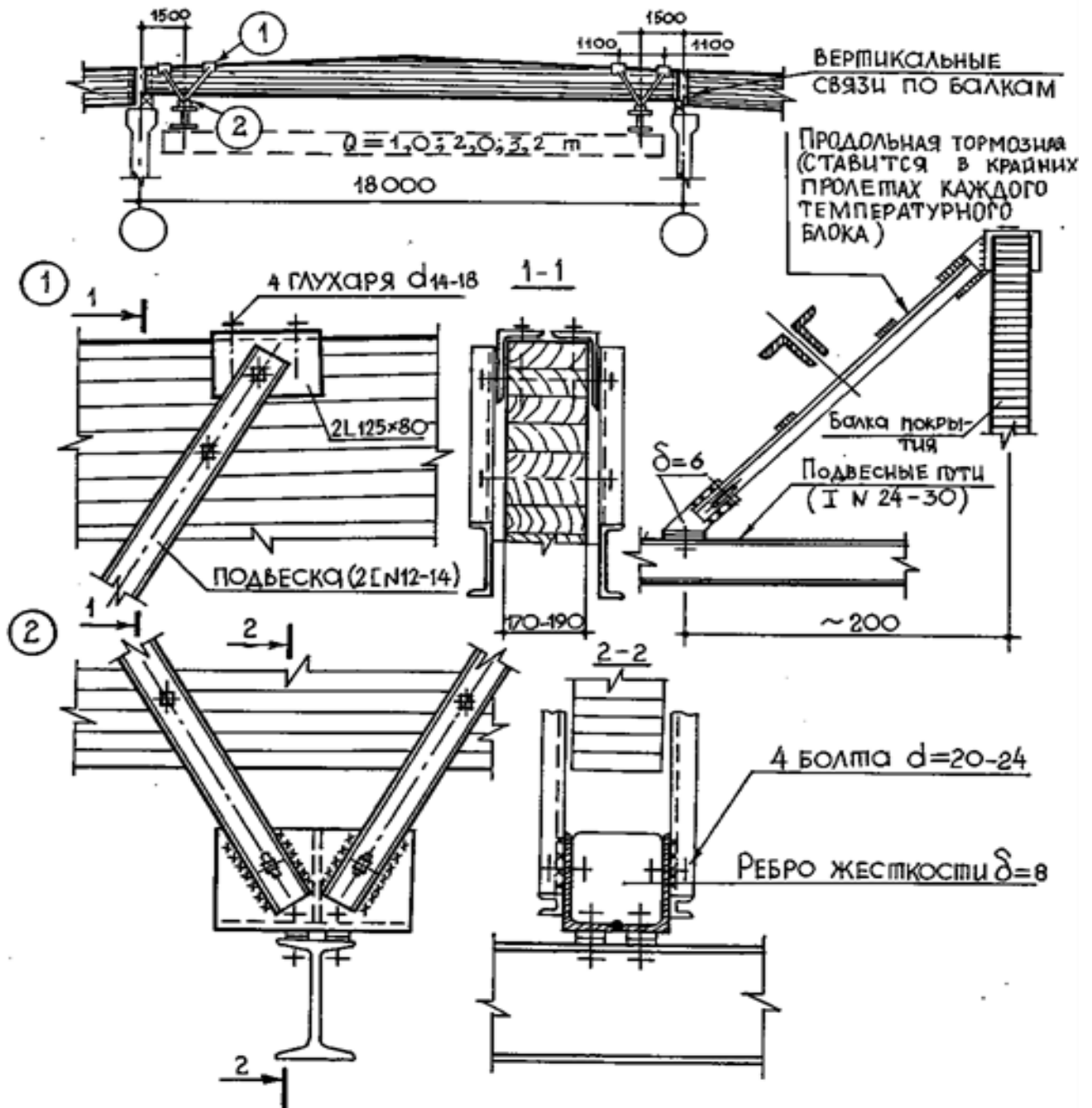


$$\text{Если } l_p \geq 7b, \text{ то } \frac{M}{W_{\text{бр}} \varphi_y} \leq R_c;$$

$$\varphi_y - \text{пояса}; b_{\text{ст}} \geq 80; \frac{1}{4} \leq \frac{b_{\text{ст}}}{b} \leq \frac{1}{2}$$

Рис. 4.10. Пример применения клееных массивных балок в двухпролетном здании с полным каркасом

Пример крепления подкрановой балки



Максимальные напряжения в балках возникают, когда две кран-балки будут находиться в районе одной балки покрытия, а груз будет в середине пролета. Важную роль играют продольные и поперечные тормозные связи.

Рис.4.11. Конструкция крепления путей подвесного транспорта к балкам покрытия

Вариант опорной сварной детали из холодногнутых швеллеров

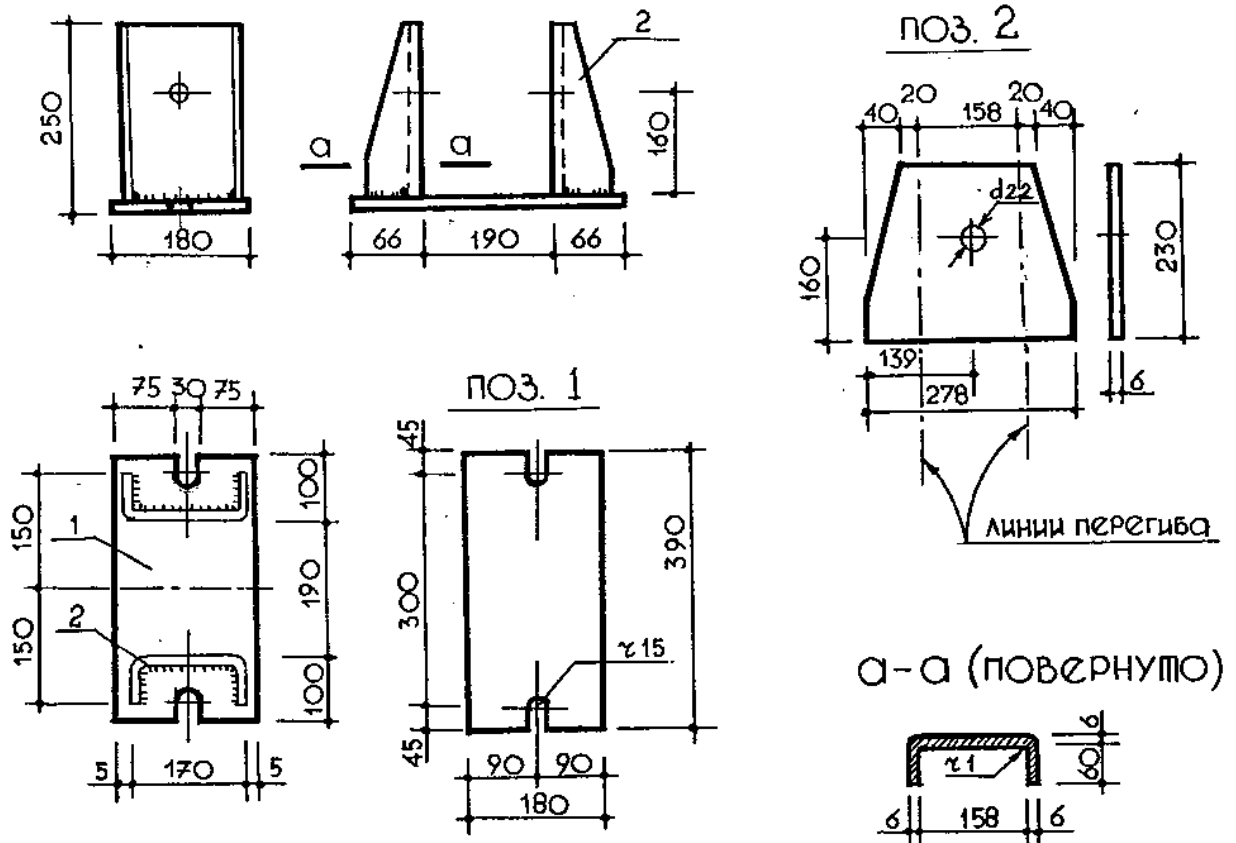


Рис.4.12. Конструкция опорного башмака при опирании балки на колонну, обвязочную балку или пилястру

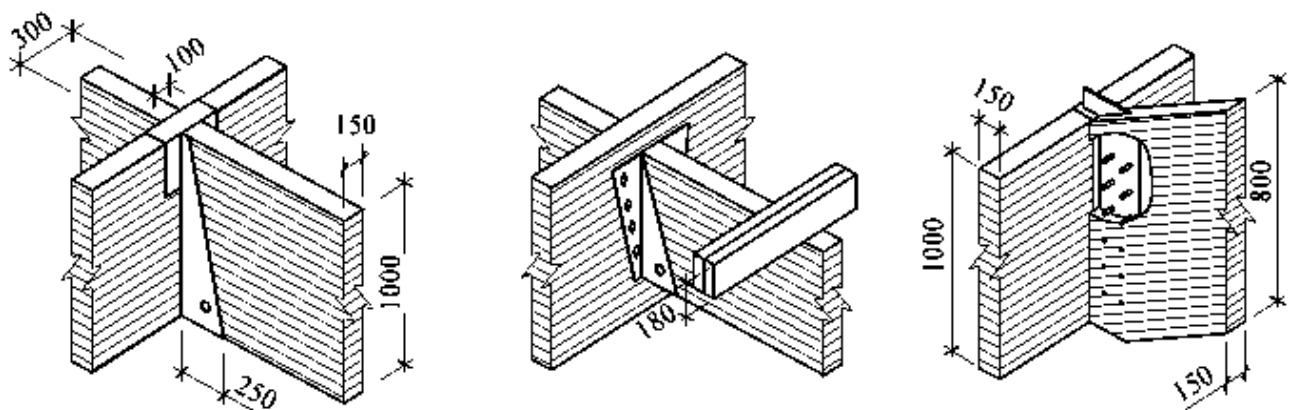


Рис.4.13. Варианты крепления второстепенных балок к главным с помощью открытых карманов ипотайных деталей из таврового профиля

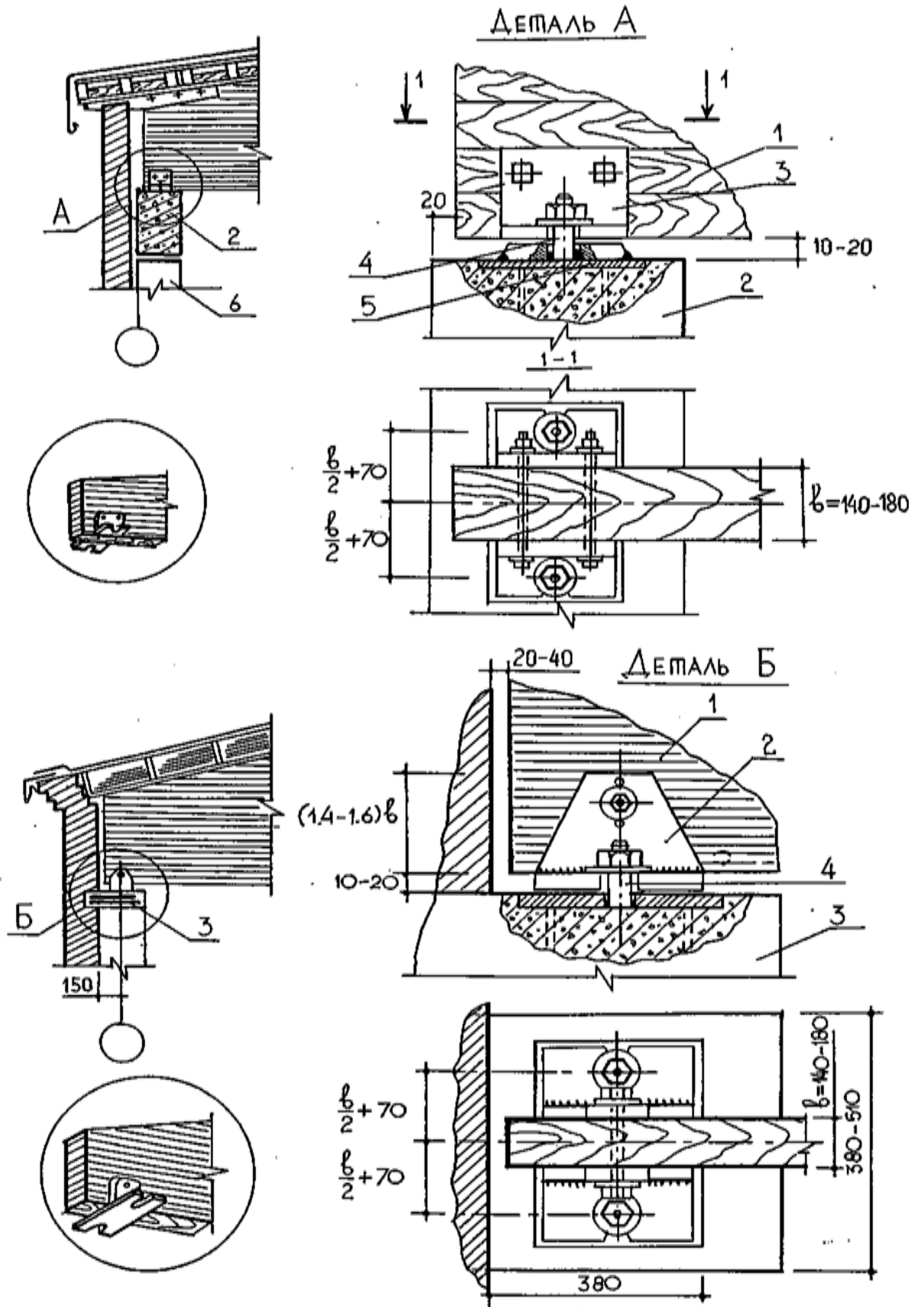
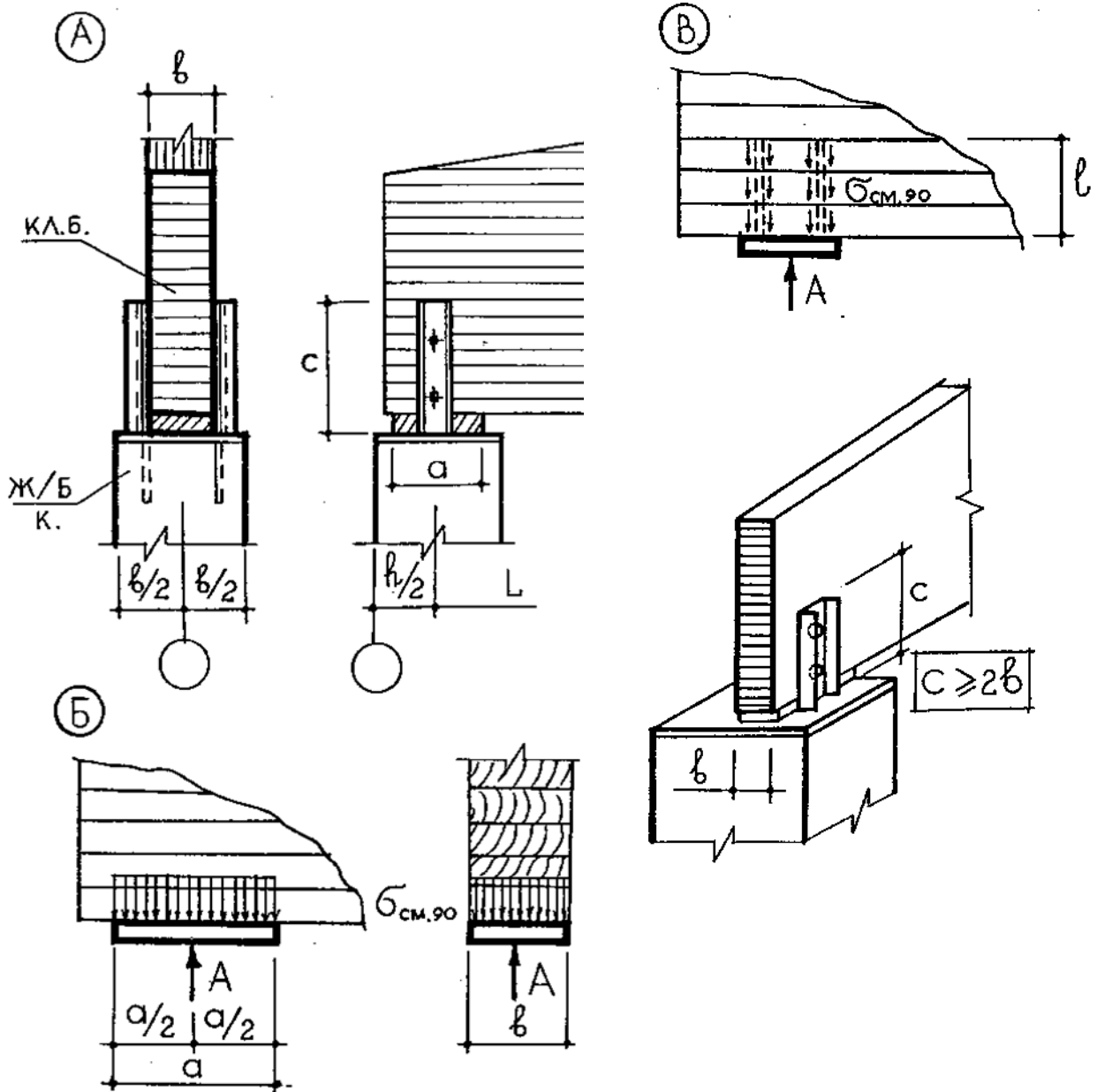


Рис.4.14. Варианты опорных узлов клееных деревянных балок

с помощью прокатных (холодногнутых) уголков или сварных башмаков



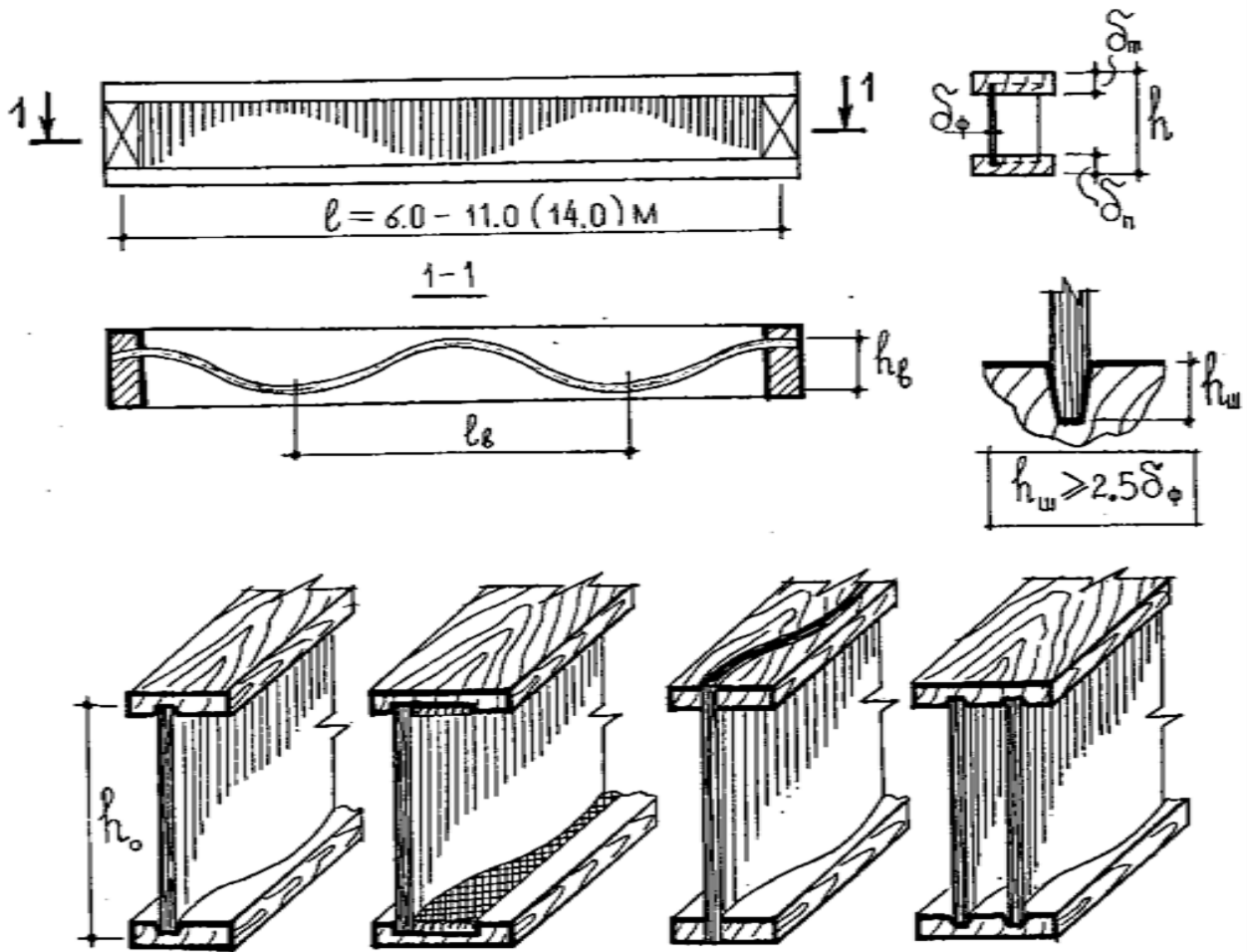
$$F_{\text{см.}} = a \times b; \quad \sigma_{\text{см.90}} = \frac{A}{F_{\text{см.}}}; \quad \frac{A}{a b} \leq R_{\text{см.90}} = 3 \text{ МПа}; \quad a \leq 200 \text{ мм}$$

Подбираем d, l и n из условий: $T \times n \gg A$

$$T = \pi l (d + 0.005) R_{\text{см.90}} K_{\text{см.}}; \quad K_{\text{см.}} = 1 - 0.025 \frac{l}{d}$$

Рис. 4.15. Конструкция и расчет опорного узла клееной балки (А);
 Б- проверка древесины в опоре на смятие;
 В- к расчету узла с клееными вертикальными стержнями

Клефанерные балки с волнистой стенкой



$$h = \left(\frac{1}{15} - \frac{1}{20} \right) l; \delta_{\phi} = 5 \div 15 \text{ мм}; \delta_{\pi} = 50 \div 100 \text{ мм};$$

$$\delta = 120 \div 200 \text{ мм, Фанера марки ФСФ}$$

$$\frac{M}{W_{\text{расч}}} \leq R_p; \frac{Q S_{\pi}}{J_x 2 h_{\text{ш}}} \leq R_{\phi.ck}; \frac{Q S_{\pi}}{\delta_{\phi}} \leq \varphi_{\text{в.ст}} R_{\phi.ck}$$

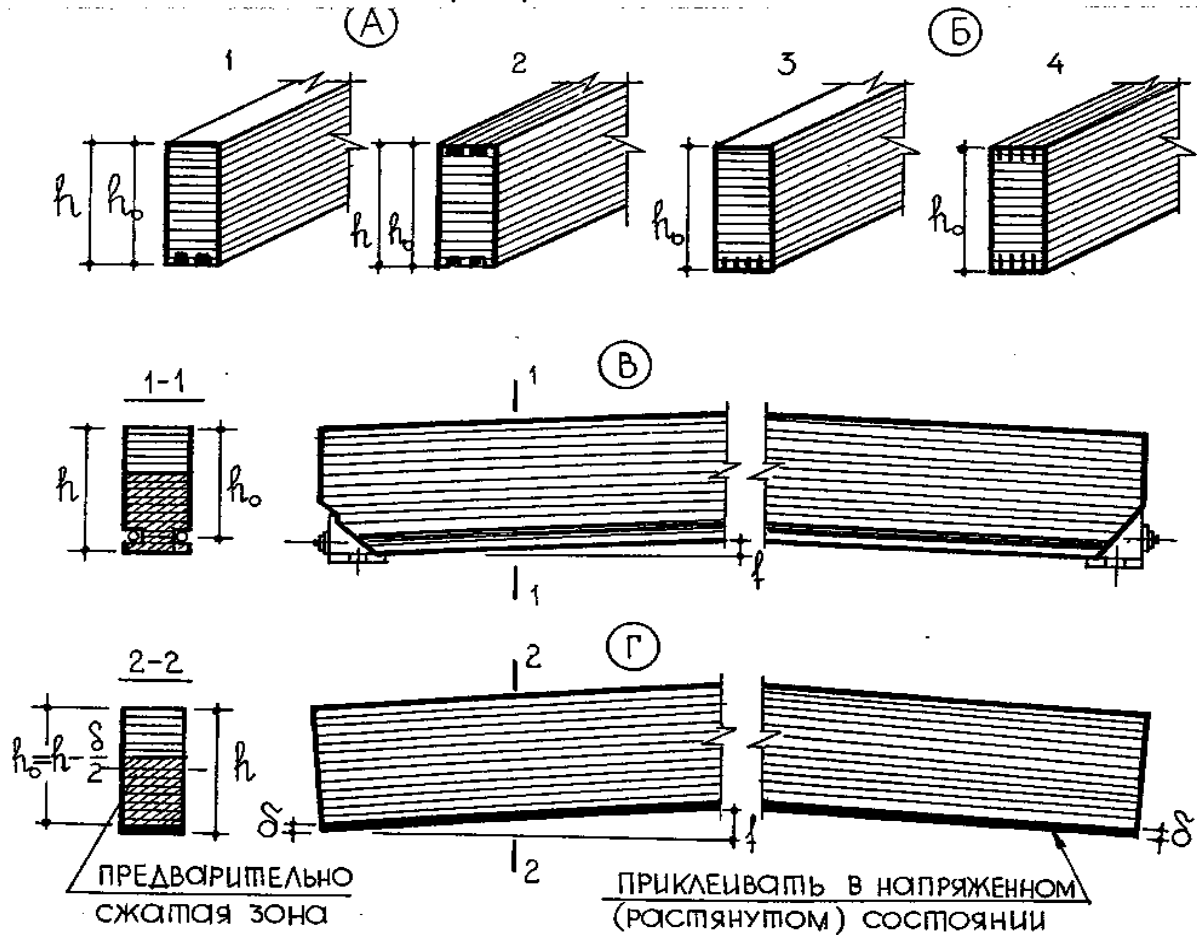
$$W_{\text{расч}} = K_w W_{\text{нт}} = k \frac{2 J_{\text{бр}}}{h}; K_w = \frac{1}{1 + \frac{\delta_{\pi}}{h} B}; K_w = \frac{1}{1 + B}$$

$$B = \frac{\pi^2 E_g S_{\pi}}{G \delta_{\phi} l^2}; J_{\text{бр}} = \frac{\delta_{\pi} h_{\pi}}{2} \left(\frac{h_{\pi}}{3} + h_0^2 \right); \varphi_{\text{в.ст}} = \frac{\tau_{\text{кр}}}{\tau_{\delta}} = \frac{k_1 k_2}{\lambda_{\text{в.ст}}^2}$$

$$\lambda_{\text{в.ст}}^2 = (h - 2 h_{\pi}) \sqrt{\delta_{\phi} h_B}$$

Рис.4.16. Общий вид, способы сборки и основные расчетные формулы для клефанерных балок с волнистой стенкой

Армированные балки

**Особенности расчета армированных балок**

- приведенный момент сопротивления $W_{np} = \frac{bh_0^2}{6} \cdot (1 + 3n_E \cdot \mu)$;

- приведенный момент инерции $I_{np} = \frac{b \cdot h_0^3}{12} \cdot (1 + 3n_E \cdot \mu)$;

- приведенный статический момент $S_{np} = \frac{bh_0^2}{8} \cdot (1 + 2n_E \mu)$,

где $h_0 = h - 2a$ - рабочая высота; $n_e = \frac{E_a}{E_d}$ - отношение модулей упругости сталей и древесины;

$\mu = \frac{F_a}{F}$ - коэффициент армирования.

Расчет на прочность по нормальным напряжениям балок производится по формуле

$$\frac{M}{W_{np}} \leq R_{II}.$$

Рис.4.17. Способы армирования клееных деревянных балок:
 А - одиночное (1) и двойное (2) армирование стержнями периодического профиля; Б - одиночное (3) и двойное (4) армирование стальными перфорированными полосами; В - армирование напрягаемой арматурой с

передачей усилия на торцы балки; Г- армирование напрягаемой стальной полосой на клею

Примеры применения балок в строительных объектах

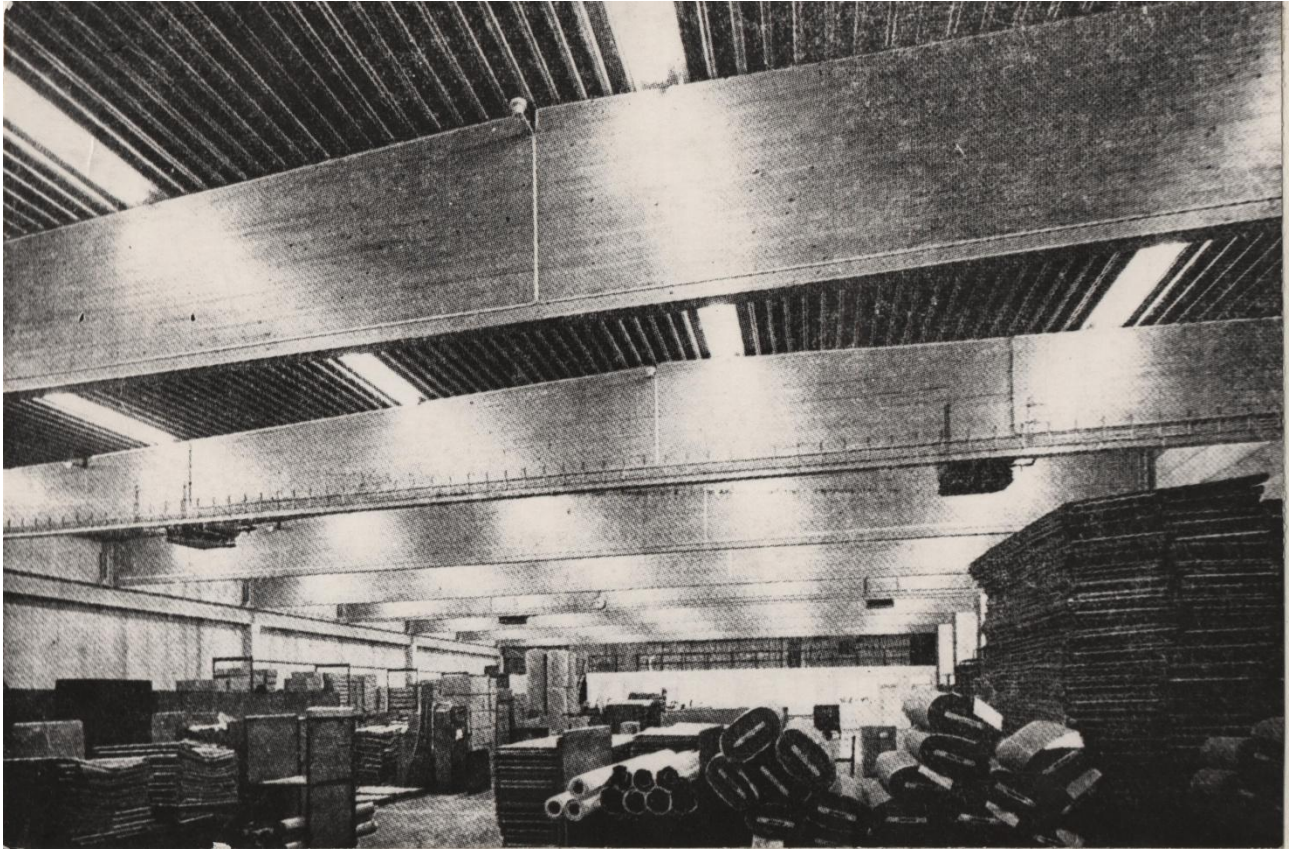


Рис.4.18. Складское помещение. Армированные балки пролетом 30,0 м



Рис.4.19. Навес для хранения и погрузки продукции

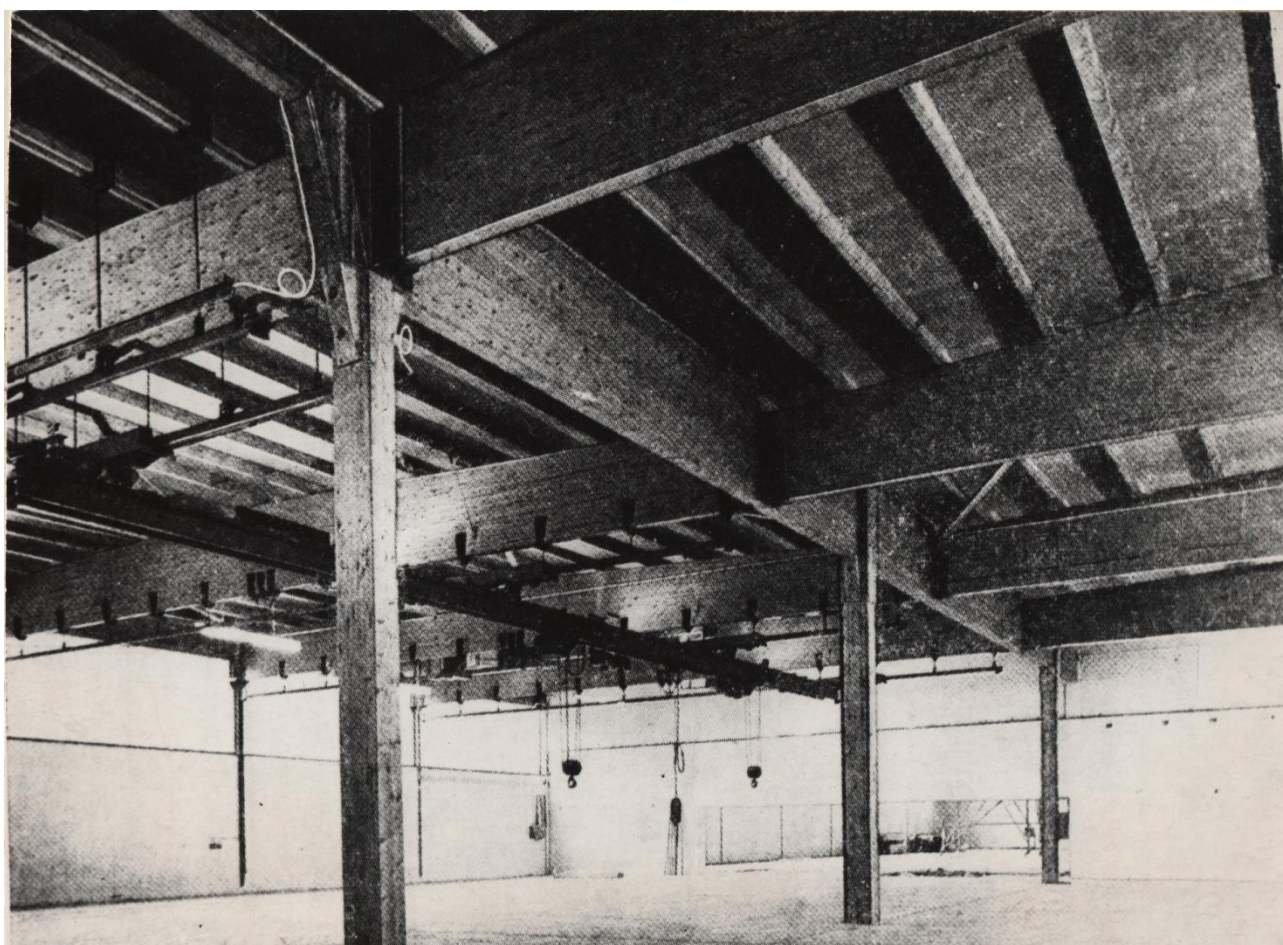


Рис. 4.20. Складское здание



Рис.4.21. Пешеходный переход через дорогу (виадук)

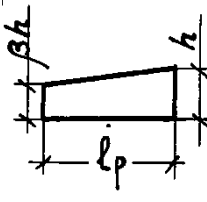
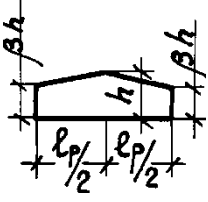
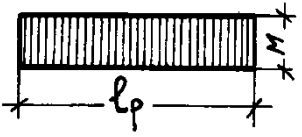
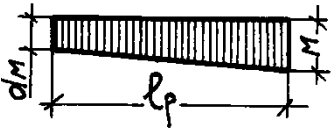
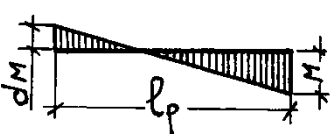
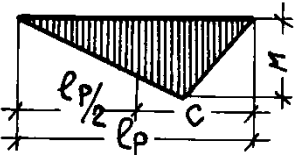
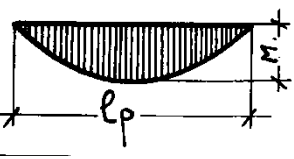
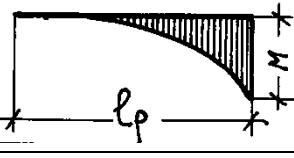
Форма эпюры моментов	K_{ϕ}		$K_{жм}$	
	При закреплении только по концам участка	При закреплении по концам и растянутой от момента кромке		
	1	1	$\beta^{\frac{1}{2}}$	$\beta^{\frac{1}{2}}$
	$1.75 - 0.75\alpha$ $0 < \alpha \leq 0$	$\frac{3}{2 + \alpha}$ $0 \leq \alpha \leq 0$	$\beta^{\frac{1}{3-\alpha}}$	$\beta^{\frac{1}{2}}$
	$2 - (0.5 + \alpha)^2$ $-1 \leq \alpha \leq 0$	$\frac{3}{2 + \alpha}$ $-2 < \alpha \leq 0$	$\beta^{\frac{1}{3-\alpha}}$	$\beta^{\frac{1}{2}}$
	$1.35 + 1.45 \left(\frac{c}{l_p}\right)^2$	$1.35 + 0.3 \left(\frac{c}{l_p}\right)$	$\beta^{\frac{1}{2+2c/l_p}}$	$\beta^{\frac{1}{3-2c/l_p}}$
	1.13	1.13	$\beta^{\frac{1}{2}}$	$\beta^{\frac{2}{5}}$
	2.54	2.32	$\beta^{\frac{1}{4}}$	$\beta^{\frac{1}{2}}$

Рис. 4. 22. Значения коэффициентов K_{ϕ} и $K_{жм}$ из приложения к СП 64.13330.2011

РАЗДЕЛ 5

Фермы

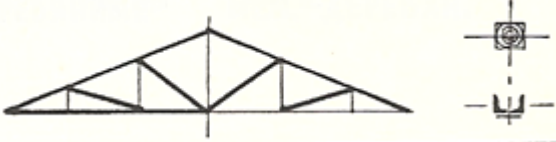
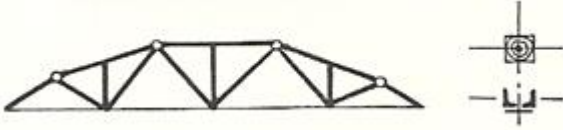

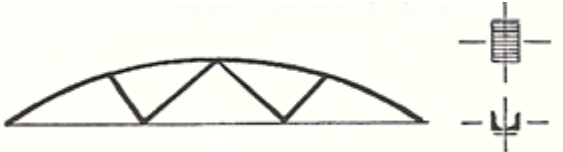
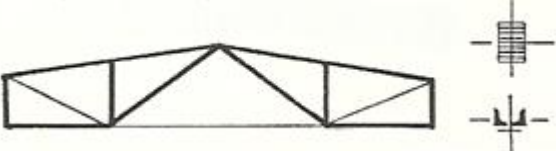

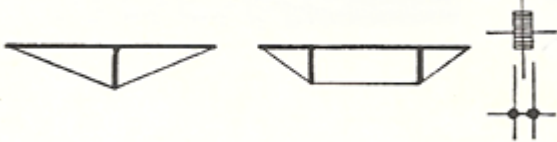
Название конструкций, схема, сечение поясов	l/h	$l, м$	$K_{св}$	$K_{м}\%$	
1. На лобовых врубках Деревянные металло-деревянные		$1/4-1/5$	12-24	4,5-6,0	15-20
2. Металлодеревянные многоугольные		$1/6-1/7$	12-30	3,5-4,0	25-35
3. Дощатые на МЗП		$1/5-1/6$	9-18	3,0-3,5	10-15
4. Металлодеревянные сегментные с кл.в.п.		$1/6-1/7$	13-36	2,5-3,5	20-30
5. Металлодеревянные трапециевидные с кл.в.п.		$1/6-1/7$	12-24	3,5-4,5	25-35
6. Металлодеревянные треугольные с кл.в.п.		$1/6-1/7$	12-24	3,5-4,0	20-30
7. Шпренгельные балки		$1/4-1/8$	6-15	6,0-8,0	20-25

Рис.5.1. Основные виды сквозных деревянных конструкций – ферм и их технико-экономические данные

Ферма на лобовых врубках

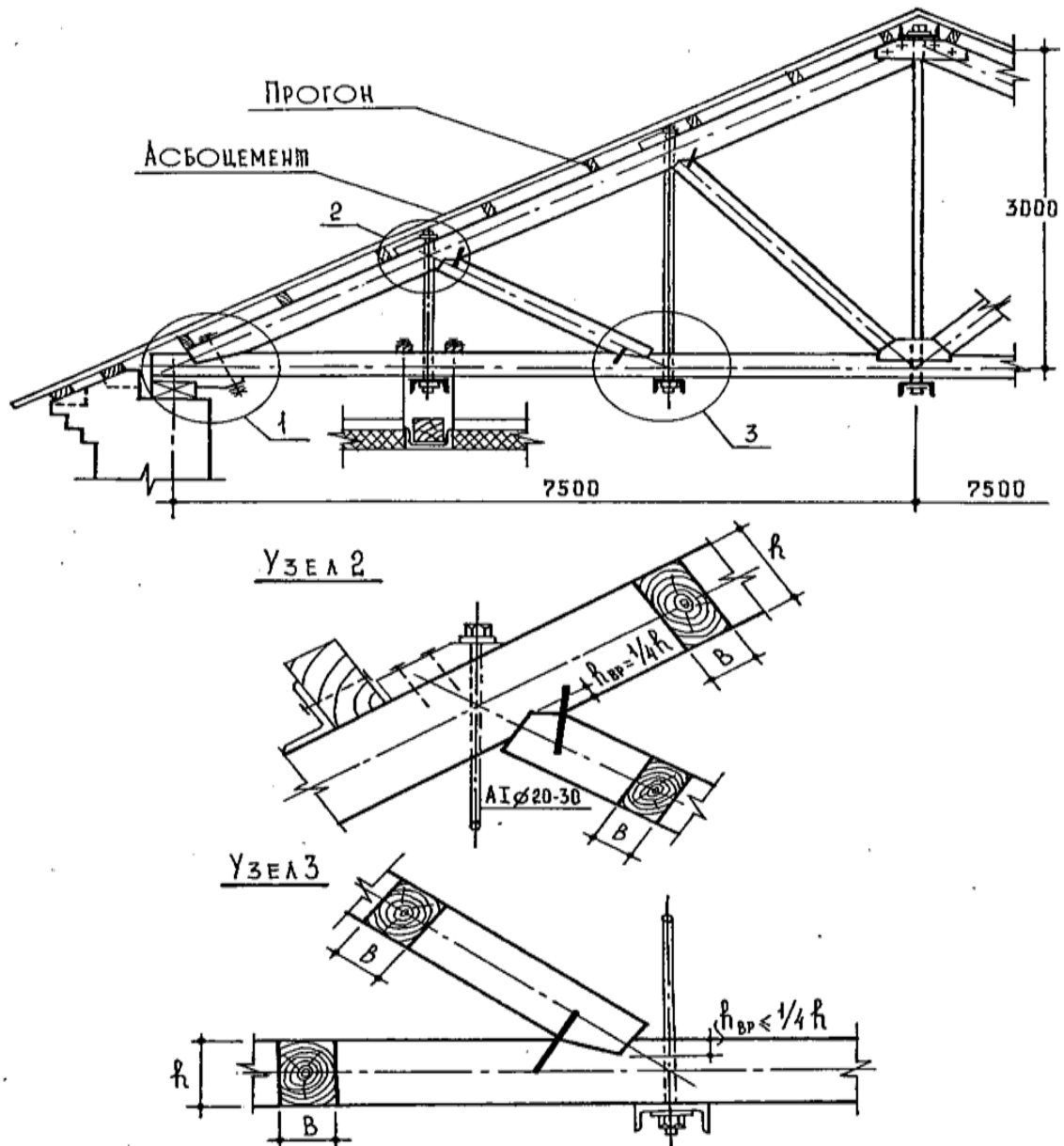
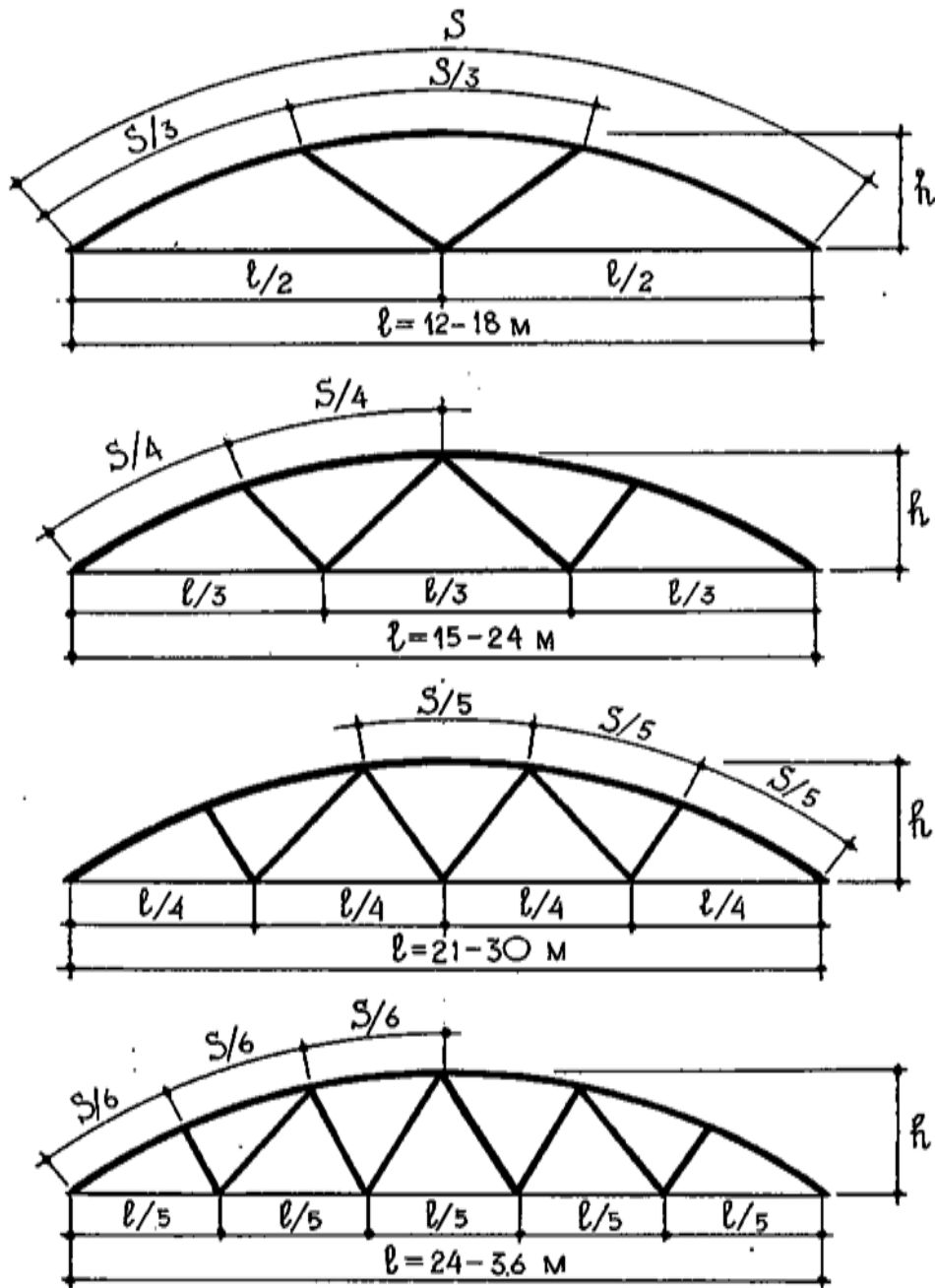


Рис. 5.2. Общий вид и узлы деревянной фермы с соединениями на лобовых врубках в составе крыши.

Все узлы фермы решены в виде лобовой врубки одним зубом. Главные балки подвесного потолка крепится в узлах нижнего пояса на хомутах из круглой и полосовой стали. К ним с шагом 1,0-1,5 м крепятся второстепенные балки, на черепные

бруски которых опирается черновой настил. На настиле лежит утеплитель.

Фермы сегментные с клееным верхним поясом

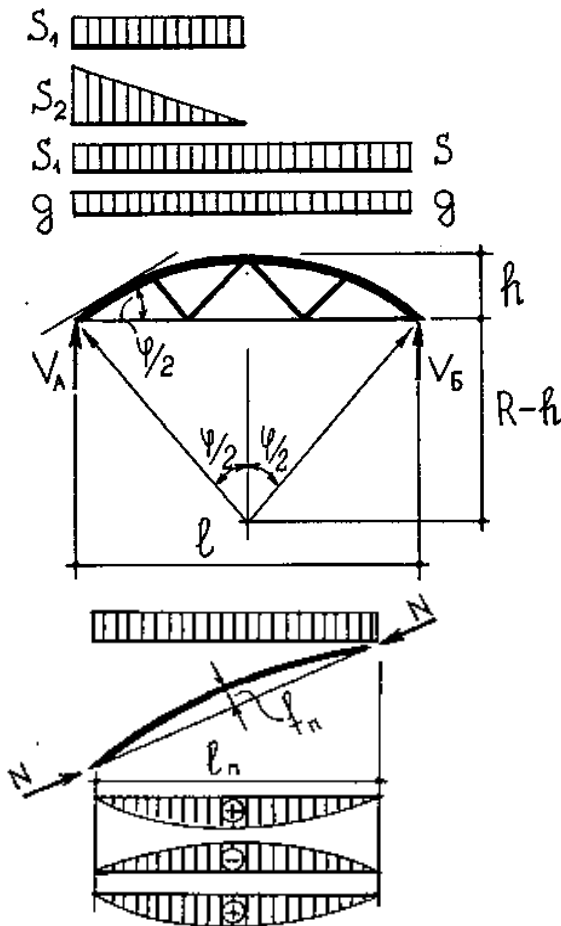


$$\frac{h}{l} = \frac{1}{6} \div \frac{1}{7}; k_{CB} = 2.5 \div 3.5; k_M = 25 \div 35 \%$$

Рис. 5.3. Варианты разбивки решетки сегментных металлодеревянных ферм в зависимости от их пролета и величины нагрузки.

На рисунке изображены трех-, четырех-, пяти- и шестипанельные фермы

К расчету сегментных ферм



1. Геометрия:

$$R = \frac{l^2 + 4h^2}{8h}; \sin \frac{\varphi}{2} = \frac{l}{2R}; S = \frac{\pi R \varphi / 2}{90^\circ};$$

$$l_0 = R \sin \frac{\varphi}{2},$$

n - число панелей в. п.;

$$f_{\text{п}} \approx \frac{l_0^2}{8R} \cdot \frac{N}{F_{\text{нт}}} + \frac{M_{\text{д}}}{W_{\text{расч}}} \leq R_c$$

Схема снеговой нагрузки по второй схеме нагружения соответствует случаю, когда центральный угол дуги верхнего пояса не больше 60 градусов.

$$M_{\text{д}} = M_{\text{д1}} + M_{\text{д2}} = \frac{1}{\xi} (M_q + M_N)$$

2. Нагрузки:

$$S^{\text{H}} = \mu_1 S_0; \mu_1 = \frac{l}{8h}$$

$$S_1 = S^{\text{H}} \gamma_f;$$

$$\gamma_f = 1.6 \text{ если } \frac{g^{\text{H}}}{S_0} \leq 0.8$$

$$\gamma_f = 1.4 \text{ если } \frac{g^{\text{H}}}{S_0} > 0.8 \text{ (п. 5.7 по СНиП)}$$

$$\mu_2 \rightarrow \text{от } \frac{l}{f}$$

3. Усилия N от узловой нагрузки

Панели спрямляются. Строится диаграмма M . - K . от единичной нагрузки на половине пролета.

Далее - вычисления в таблице.

4. Определяют M в панелях верхнего пояса.

5. Рассчитывают панели верхнего пояса

$$M_q = \frac{q l_{\text{п}}^2}{8}; M_N = N f$$

При первой схеме нагружения согласно СП 201333-16 снег распределен по синусоиде, которую можно заменить эквивалентной равномерно распределенной нагрузкой

Рис.5.4. Примерная схема статического и конструктивного расчета металлодеревянной сегментной фермы

Пример фермы с разрезным верхним поясом

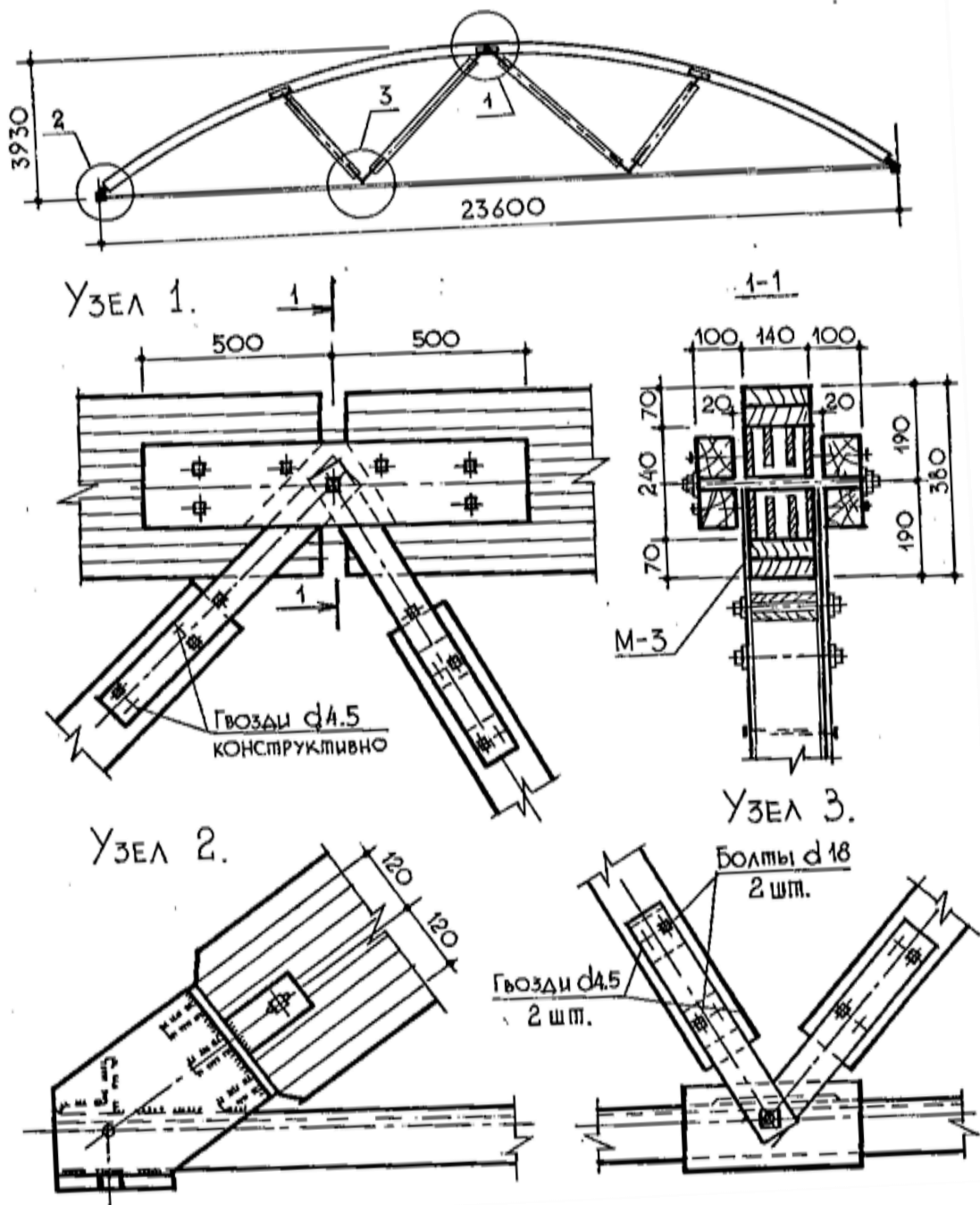
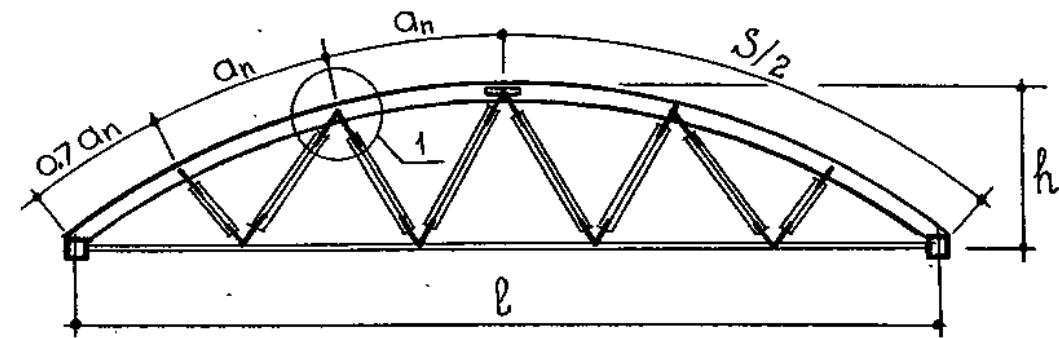
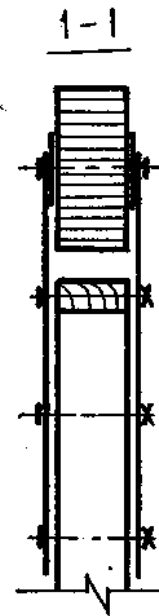
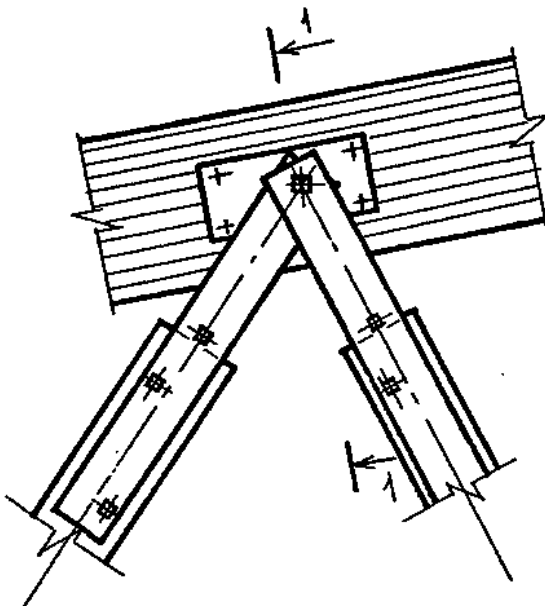


Рис. 5.5. Сегментная металлодеревянная четырехпанельная ферма с разрезным верхним поясом

Пример фермы с неразрезным верхним поясом



УЗЕЛ 1.



Усилия в панелях

Крайних - $M_{пр.} = \frac{q l_{п}^2}{14} - 0.64 N f_{п}; M_{оп.} = -\frac{q l_{п}^2}{12} + 0.72 N f_{п}$

Средних - $M_{пр.} = \frac{q l_{п}^2}{24} - \frac{1}{3} N f_{п}; M_{оп.} = -\frac{q l_{п}^2}{12} + \frac{2}{3} N f_{п}$

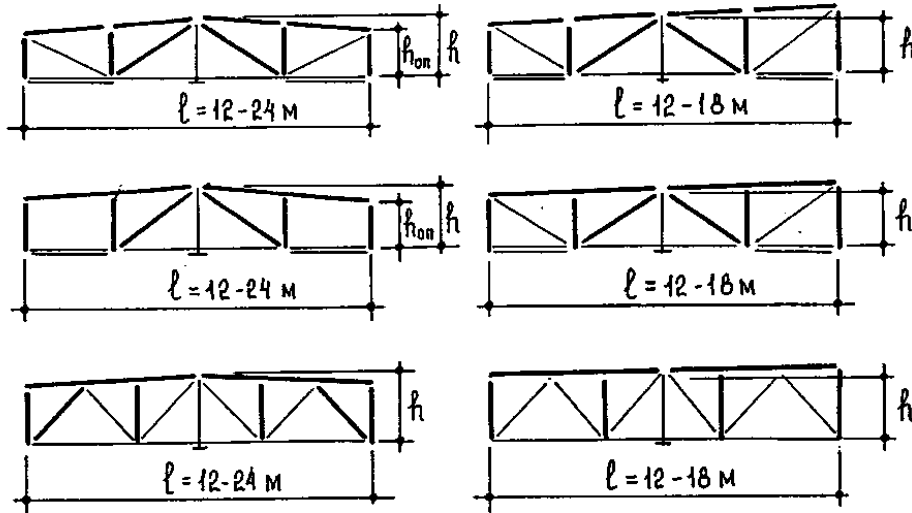
$$\text{Если } h \leq \frac{1}{8}l, \text{ то } f = \Sigma \frac{N_1 N_p l}{E F_{\text{прив.}}} \leq [f_{\text{пр.}}]; F_{\text{прив.}} = \frac{F}{1 + \frac{E}{N_p} \cdot \frac{F}{l} \cdot \Sigma \delta_{\text{сгВ}}}$$

Рис.5.6. Сегментная металлодеревянная ферма с неразрезным клееным верхним поясом



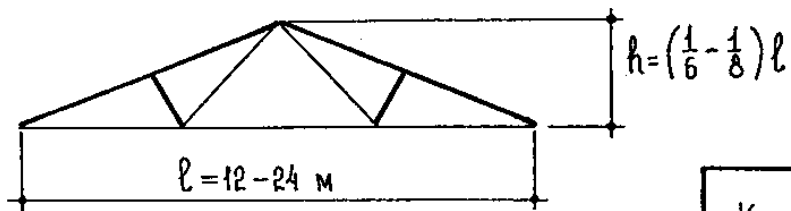
Рис. . Вариант решения большепролетной сегментной фермы.
Перекрываемый пролет 60,0 метров. Высота фермы 6,0 метров

А



$$h = \left(\frac{1}{6} - \frac{1}{7}\right) l; \quad K_{с.в.} = 3,5 - 4,0; \quad K_M = 25 - 35\%$$

Б



$$K_{с.в.} = 3,5 - 4,5$$

$$K_M = 25 - 30\%$$

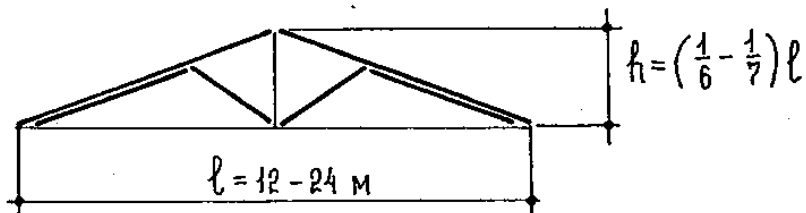
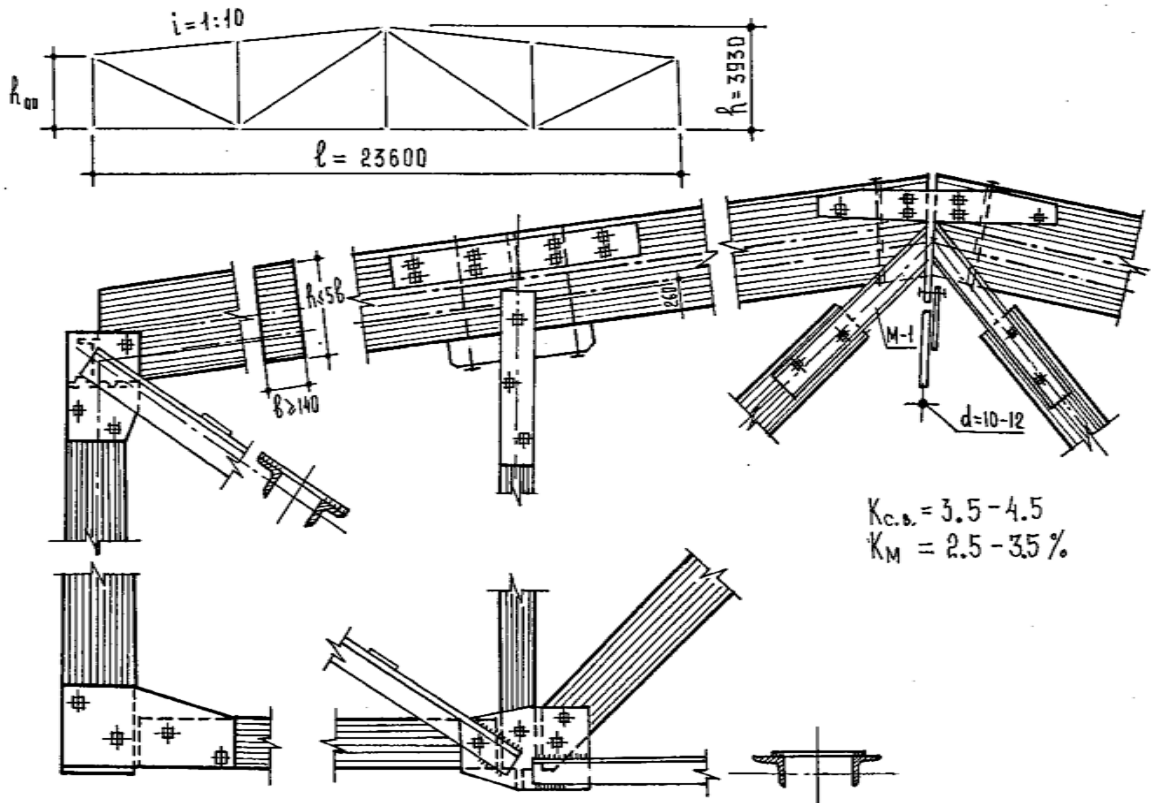


Рис. 5.7. Схемы металлодеревянных большепанельных ферм с прямолинейным верхним поясом:
А – трапециевидные; Б – треугольные

Трапециевидная металлодеревянная ферма

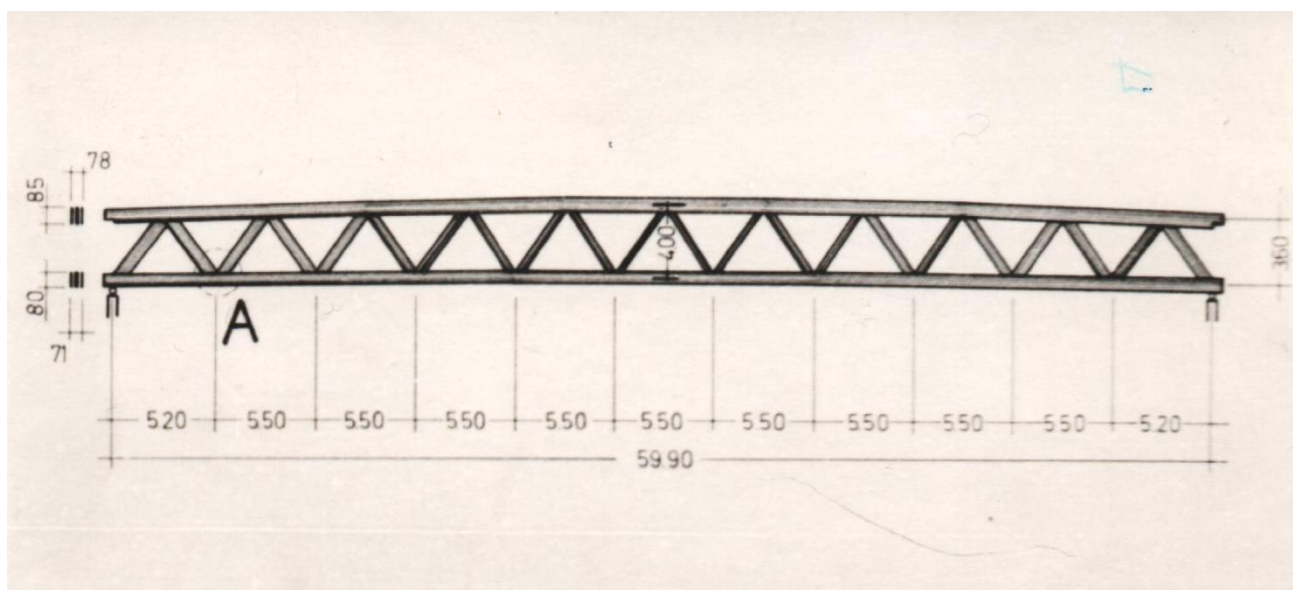


Опорная стойка и деревянная приопорная панель нижнего пояса могут отсутствовать. Тогда ферма опирается верхним поясом на удлиненную колонну, а нижний пояс приобретает ломаное очертание.

Это сказывается на особенности обеспечения пространственной устойчивости ферм в покрытии и требует постановки вертикальных продольных связей по стойкам в блоках жесткости и растянутой связи, связывающей нижние узлы всех ферм в покрытии

Рис. 5.8. Трапециевидная металлодеревянная ферма с клееным верхним поясом

Пример большепролетной фермы балочного типа



Сечение трехветвевого верхнего пояса 850(h)x780(b), нижнего 800(h)x710(b).

Высота фермы в осях поясов: на опорах - 3600 мм; в середине пролета - 4000 мм.

Строительный подъем в середине пролета составляет 300 мм.

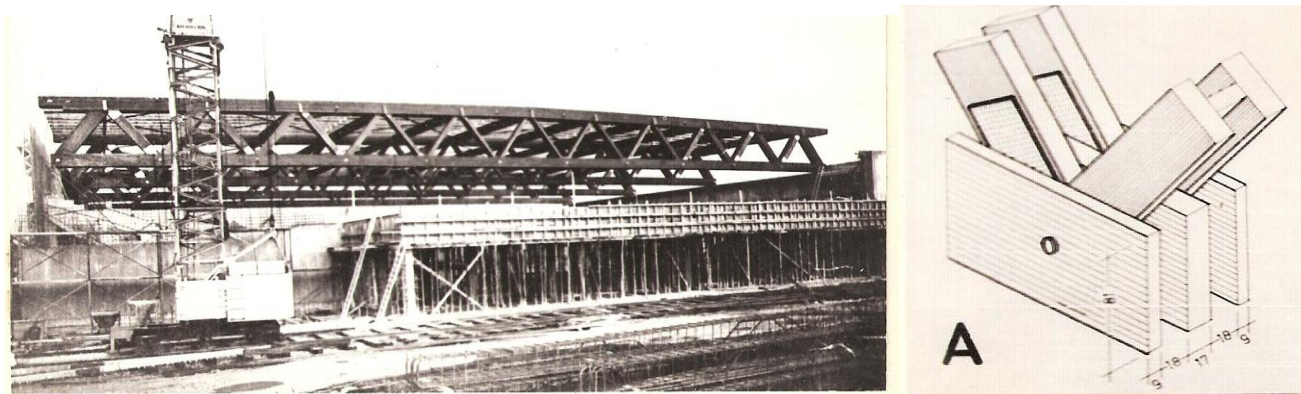
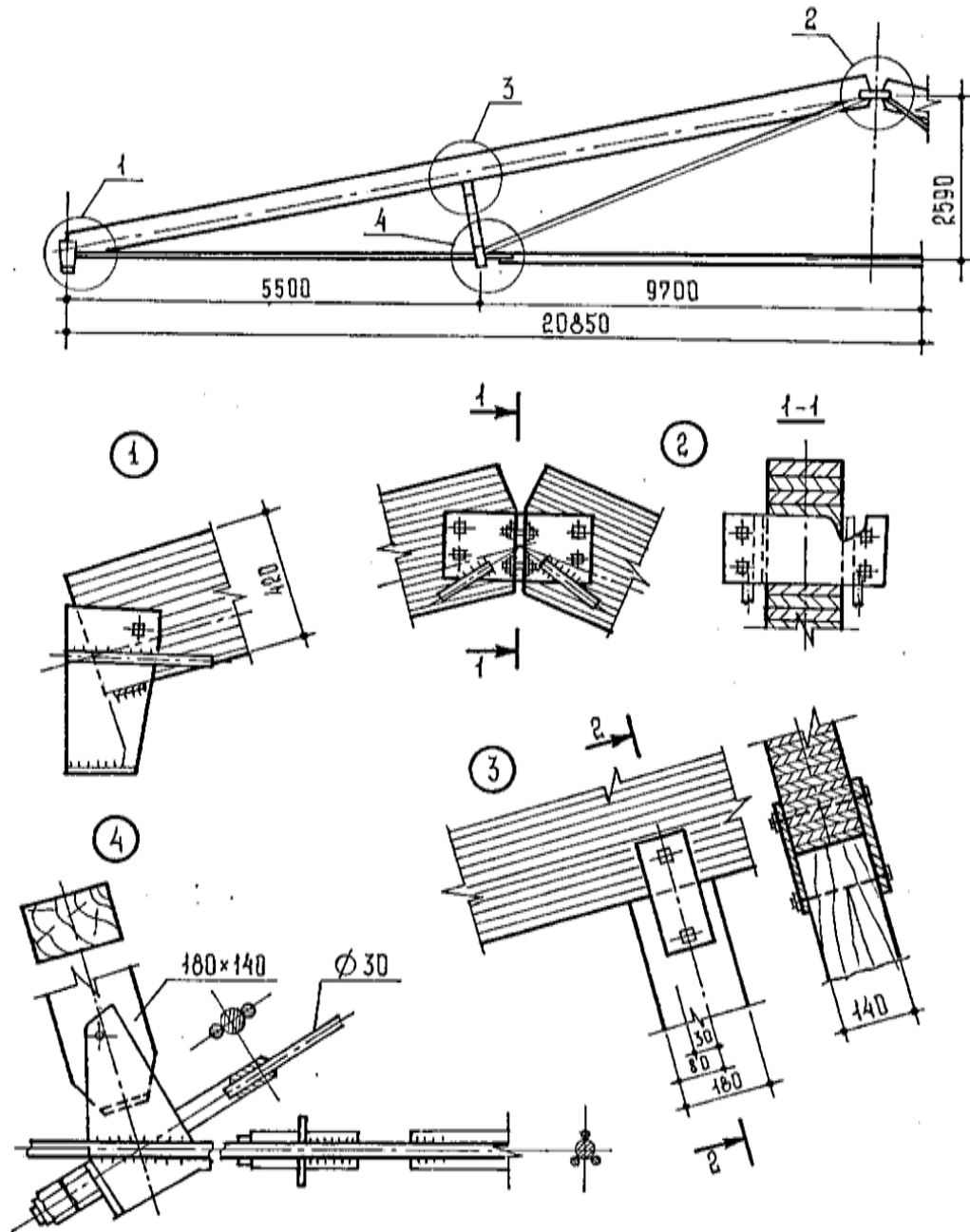


Рис.5.9. Ферма-балка пролетом 60 метров:

А – Узел нижнего пояса

Пример треугольной фермы с клееным верхним поясом



Особенностью этой фермы является то, что она, как бы, состоит из двух шпренгельных балок, соединенных между собой в основаниях шпренгеля. Шпренгель и балка выполнены из клееной древесины, а подпружная цепь и затяжка - из круглой стали.

Рис. 5.10. Треугольная металлодеревянная ферма с клееным верхним поясом

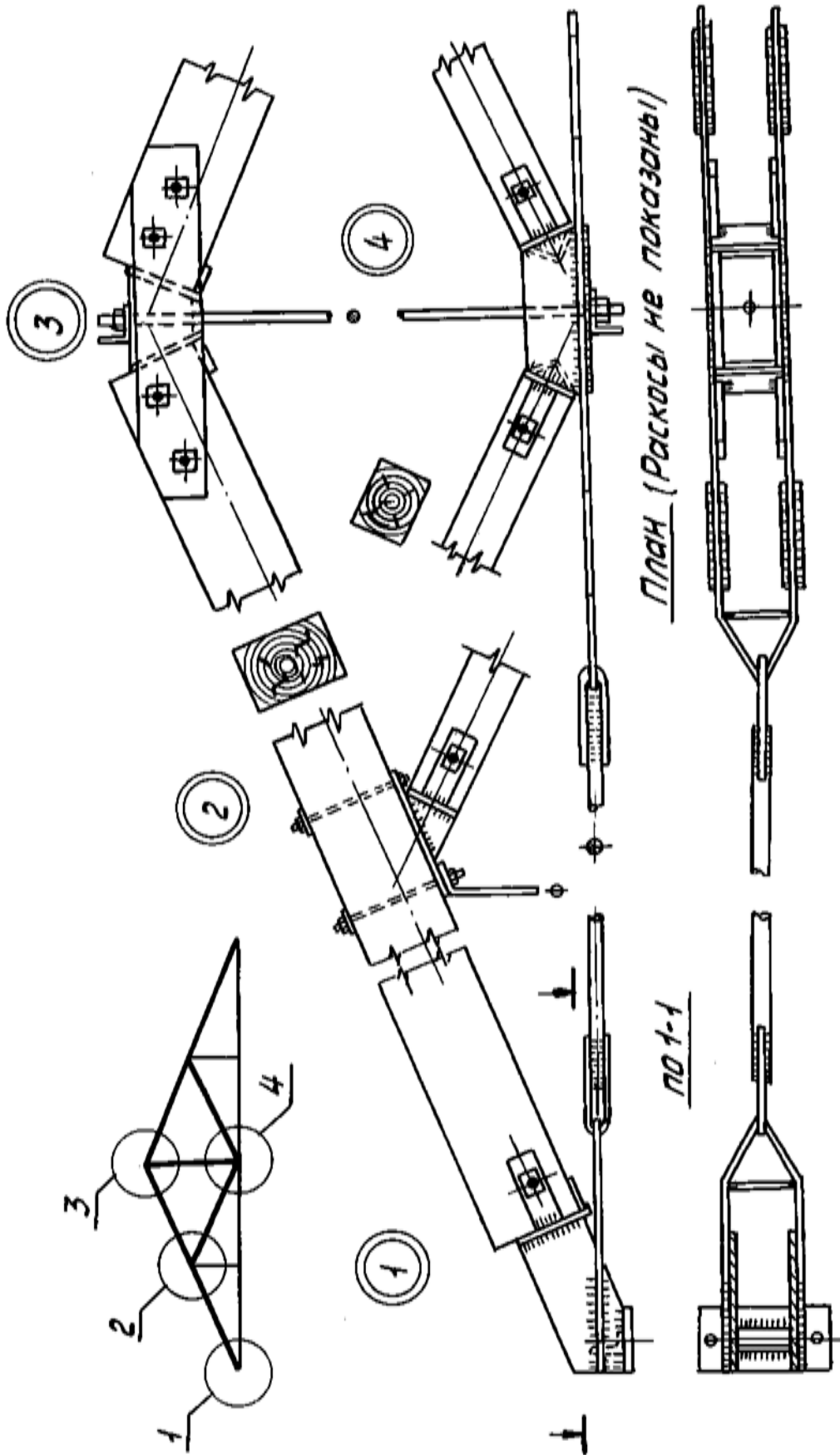


Рис. 5.11. Ферма ЦНИИСК

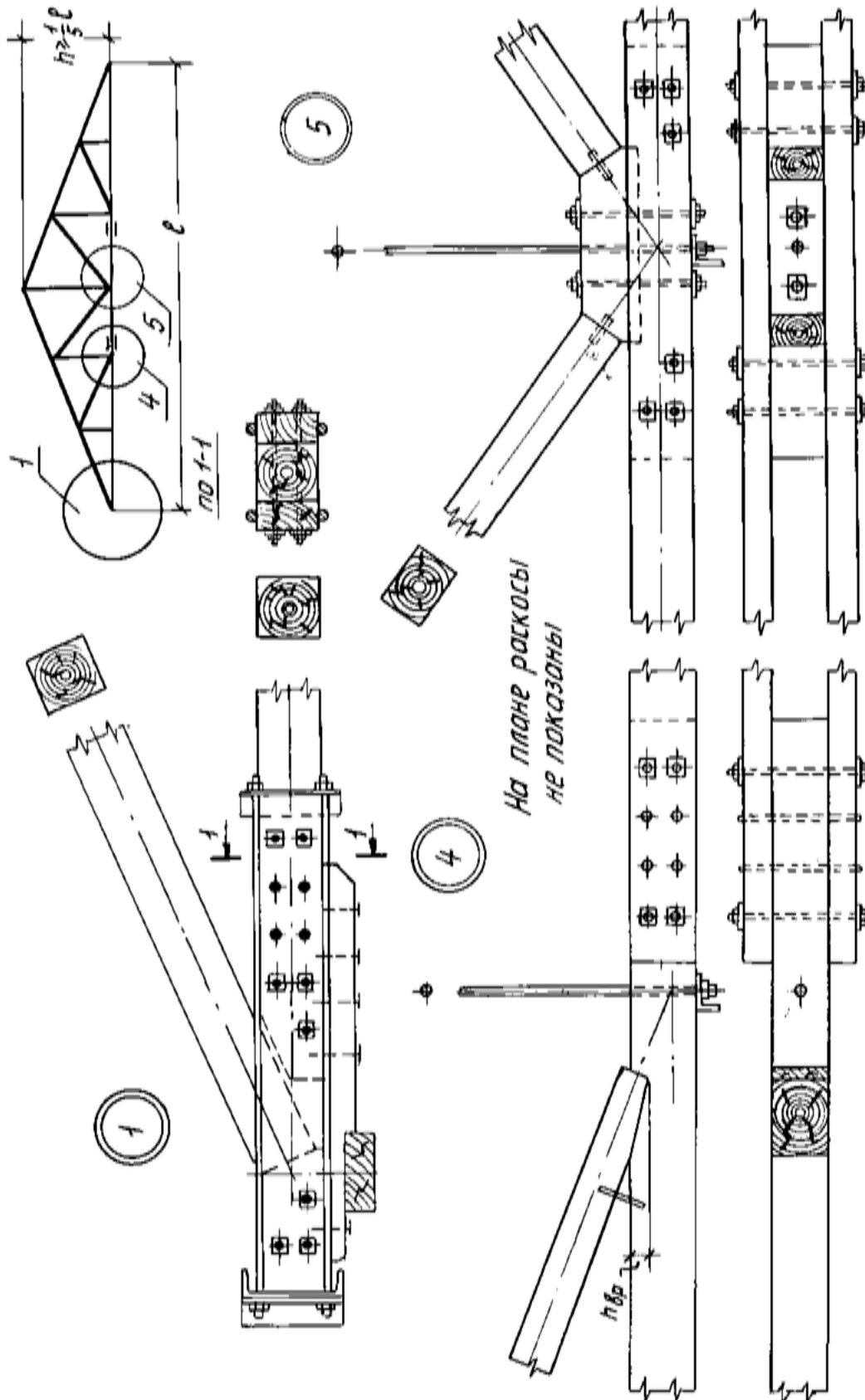


Рис.5.12. Ферма с опорным узлом, решенным в виде полного лобового упора

РАЗДЕЛ 6

Арки

Треугольные «арки»

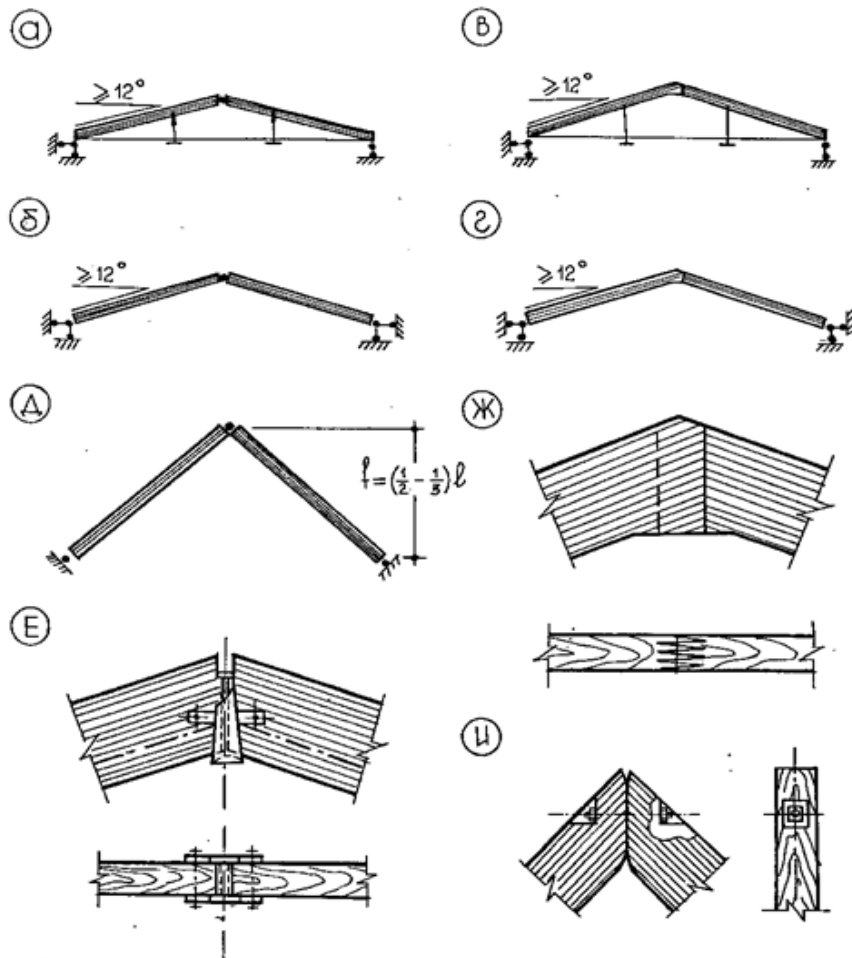
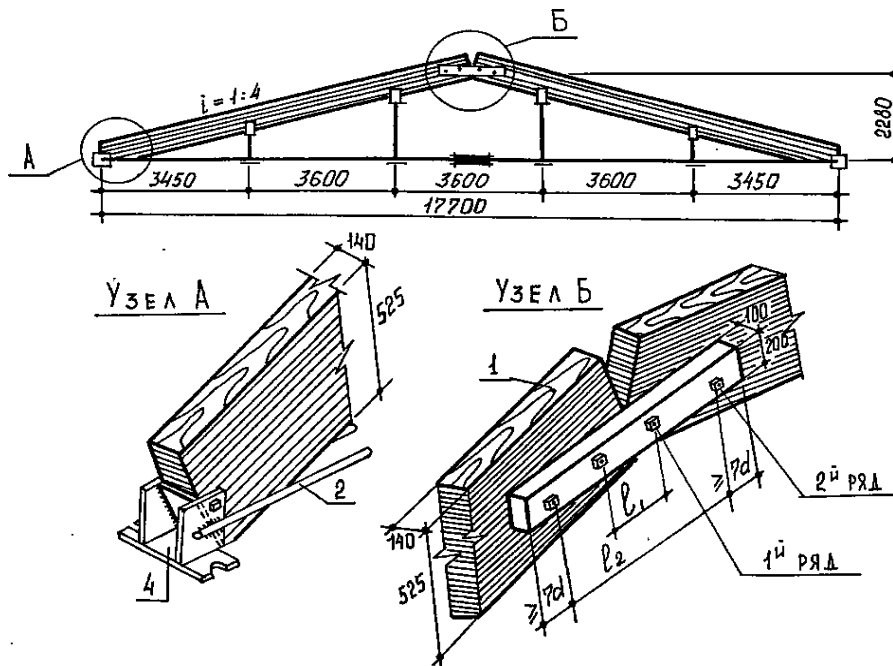


Рис. 6.1. Виды треугольных распорных деревянных конструкций трех- и двухшарнирных «арок», как их называли при типовом проектировании



При первом сочетании нагрузок:

$$A_1 = B_1 = \frac{g l}{2}; H_1 = \frac{g l^2}{8 f}; N_1 = \frac{H_1}{\cos \alpha}$$

$$M_1 = \frac{g l^2}{32}; Q_1 = \frac{g l}{4}; R_{\text{рез.1}} = \sqrt{(A_1^2 + H_1^2)}$$

При втором сочетании нагрузок:

$$A_2 = \frac{g l}{2} + \frac{3}{8} S l; B_2 = \frac{g l}{2} + \frac{1}{8} S l$$

$$H_2 = \frac{g l^2}{8 f} + \frac{S l^2}{18 f}; N_2 = \frac{H_2}{\cos \alpha}; R_{\text{рез.2}} = \sqrt{(A_2^2 + H_2^2)}$$

$$M_{\text{д.1}} = \frac{1}{\xi} \left(M_q - \frac{M_{N1}}{K_H} \right); M_{\text{д.2}} = \frac{M g}{\xi} - \frac{M_{N2}}{\xi K_H} = \frac{1}{\xi} \left(M g - \frac{M_{N2}}{K_H} \right)$$

$$K_H = \alpha_H + \xi(1 - \alpha_H) = 0.81 + 0.19\xi$$

Количество болтов в накладке:

$$1 \text{ ряд} - n_1 = \frac{R_1}{2 T_{\text{расч}}}; R_2 = \frac{Q}{1 - \frac{l_1}{l_2}}$$

$$2 \text{ ряд} - n_2 = \frac{R_2}{2 T_{\text{расч}}}; R_1 = \frac{Q}{\frac{l_2}{l_1} - 1}$$

Рис.6.2. Типовая треугольная трехшарнирная металлодеревянная «арка» пролетом 18,0 метров



Рис.6.3. Пример применения треугольных «арок» при строительстве птичников на Сеймовской птицефабрике в Нижегородской области.

Несущие конструкции покрытия- типовые треугольные трехшарнирные «арки» пролетом 18,0 метров. Ограждающие конструкции покрытия - утепленные деревянные ребристые плиты. Кровля - из волнистых асбоцементных листов.

Арки криволинейного очертания

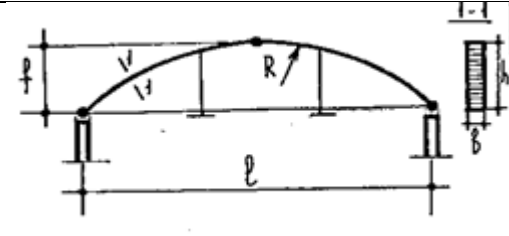
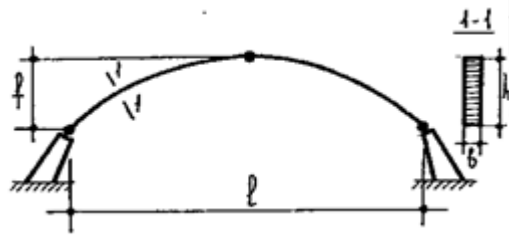
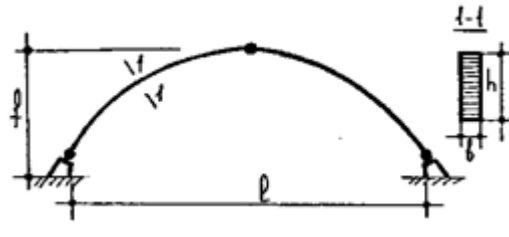
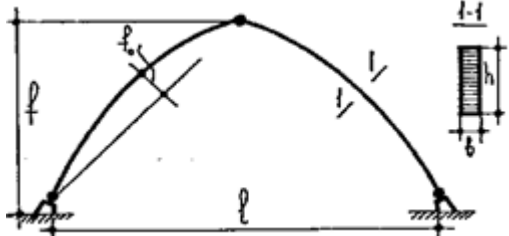
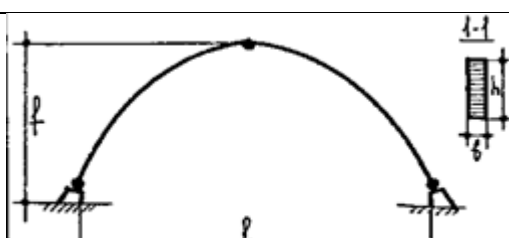
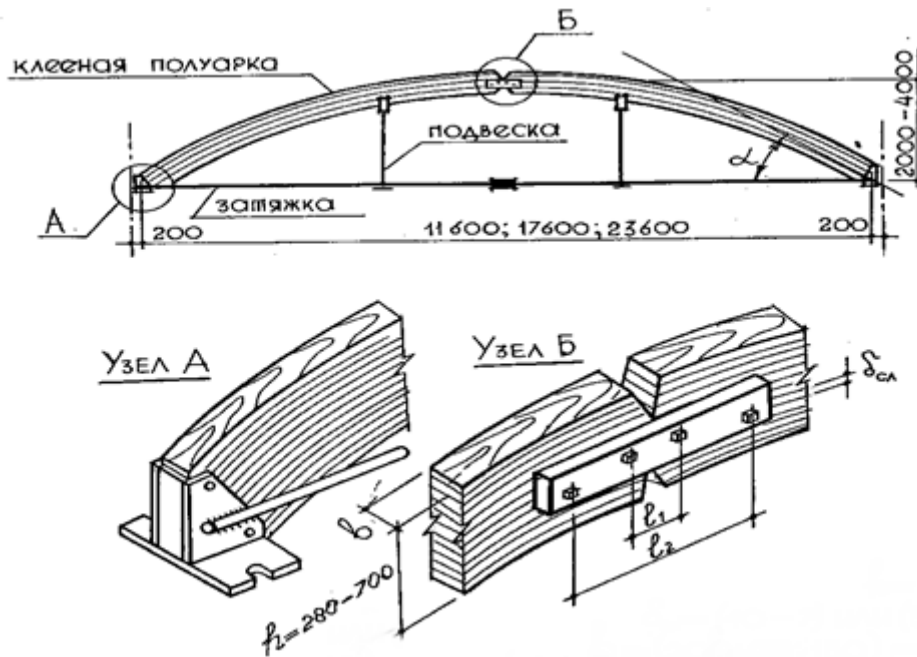
п/п	Схема арочной конструкции	Пролет l , м	f/l	h/l	Т.-Э. показатели	
					$K_{с.в.}$	$K_{м.}$
1		12-30 (до 60)	$1/6-$ $1/8$	$1/30-$ $1/50$	2-4	10- 20
2		30-60 (до 100)	$1/4-$ $1/6$	$1/30-$ $1/50$	2-4	5-7
3		12-60	$1/2-$ $1/4$	$1/30-$ $1/50$	2-4	5-7
4		12-60	$1/2-$ $1/4$	$1/30-$ $1/50$	2-4	5-7
5		12-30	$1/2-$ $1/3$	$1/40-$ $1/50$	2-4	5-7

Рис. 6.4. Виды и технико-экономические показатели деревянных арок



$$h = n \delta_{\text{сд}}; \delta_{\text{сд}} = (40 - 7) \text{ или } (32 - 6); b = (200; 175; 150) - 15 \text{ мм}$$

$$R_{\text{запр}} = R_{\text{пр}} \left(1 - \frac{1}{n^2} \right); R = \frac{l^2 + 4f^2}{8f}; S = \frac{R}{90}; \cos \alpha = \frac{R - f}{R}$$

$$\frac{N_a}{F_{\text{расч}}} + \frac{M_d}{W_{\text{расч}}} \leq R_c; \frac{N_0}{\varphi F_{\text{расч}}} \leq R_c; \frac{Q_q S_{\text{бр}}}{J_{\text{бр}} b_{\text{расч}}} \leq R_{\text{сх}}; \frac{f}{\xi} \leq f_H$$

$$M_d = \frac{M_c}{\xi_c} + \frac{M_k}{\xi_k}; \xi = 1 - \frac{\lambda^2 N_0}{3000 R_c F_{\text{бр}}}$$

$$l_0 = 0.58 S; \lambda = \frac{l_0}{0.289 h}$$

$$M_a = M_0 - H y; N_a = M_0 \sin \alpha + H \cos \alpha; Q_a = Q_0 \cos \alpha - H \sin \alpha$$

Расчетное сечение находится там, где действует максимальный изгибающий момент при самом неблагоприятном сочетании нагрузок.

Рис.6.5. Типовая металлодеревянная сегментная арка с затяжкой и некоторые полезные формулы для ее расчета

Шарнирные узлы арок, опирающихся на фундамент

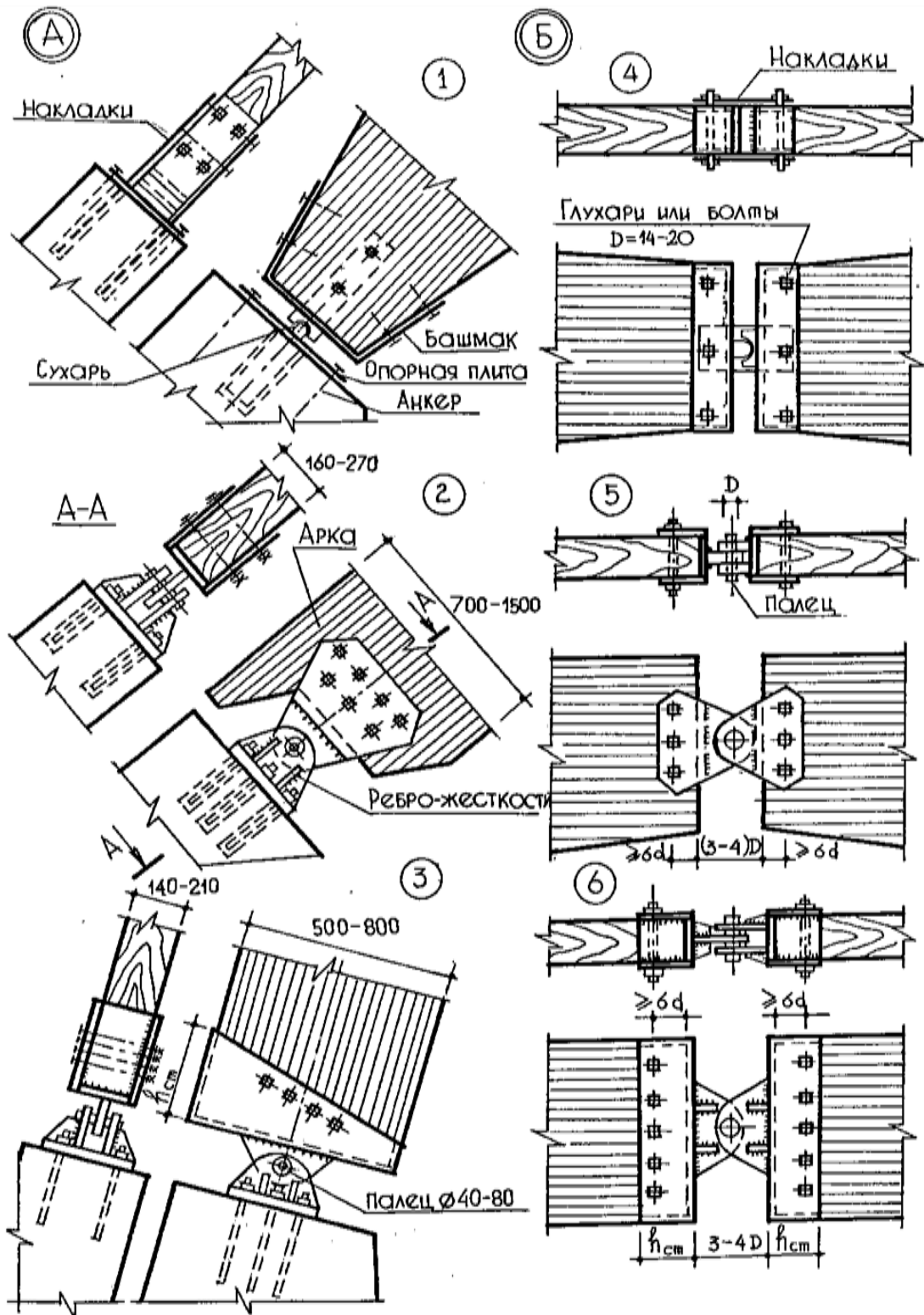


Рис.6.6. Шарнирные узлы арок среднего и большого пролетов

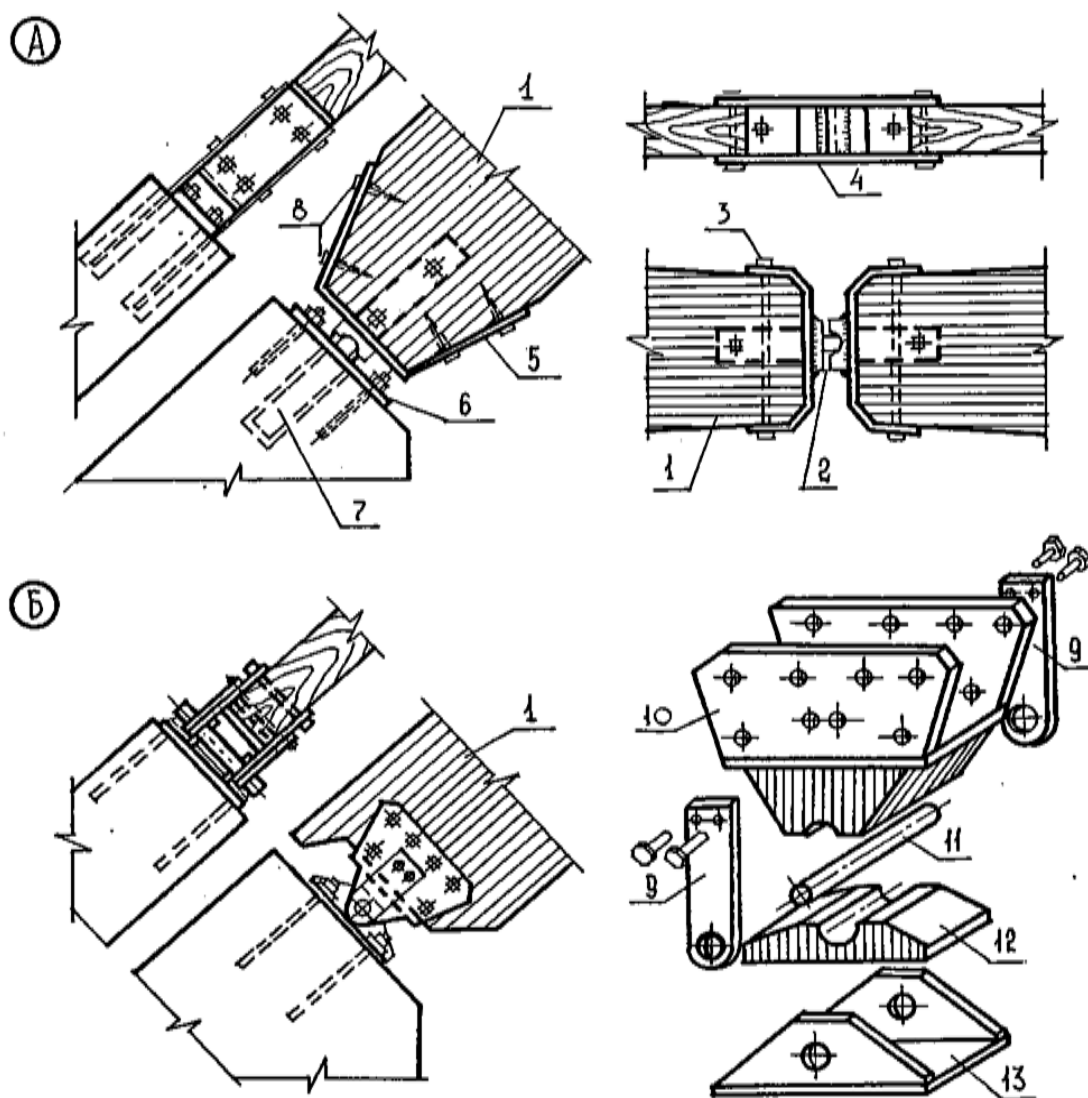


Рис.6.7. Опорные и ключевые шарниры арок большого и очень большого пролетов:
 А – «качающийся» шарнир; Б – полнотелый «идеальный» шарнир

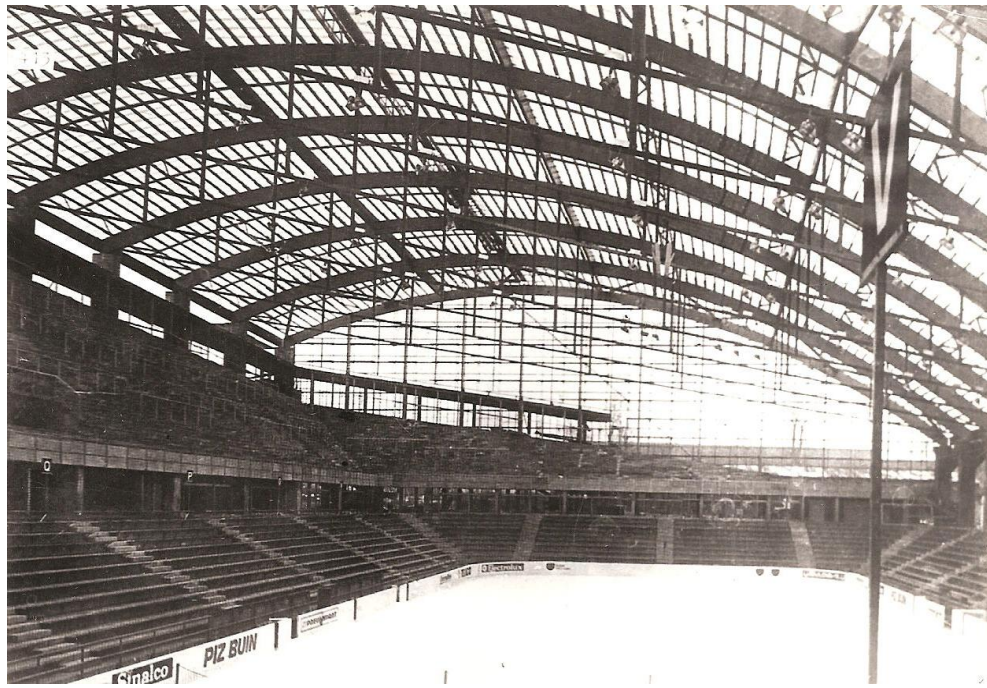


Рис. 6.8. Каток с искусственным льдом в Берне (Швейцария).
 Арки пролетом от 65,0 до 85,0 метров. Покрытие выполнено прозрачным
 Из сотового поликарбоната

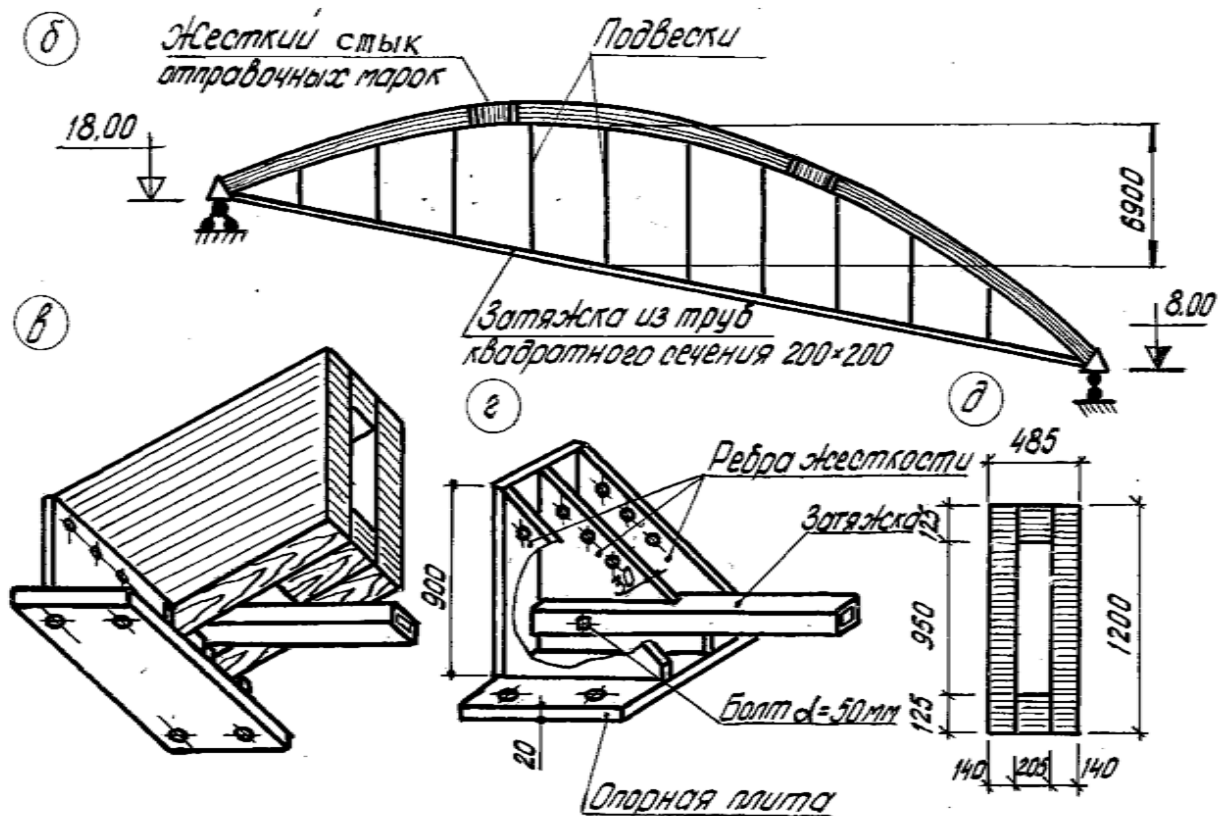


Рис. 6.9. Пример решения арок покрытия пролетом 65,0 – 85,0 метров
 (Каток с искусственным льдом в Берне (Швейцария)).

б – схема арки; в – опорный узел; г – узел крепление затяжки к опорному башмаку; д – сечение арки

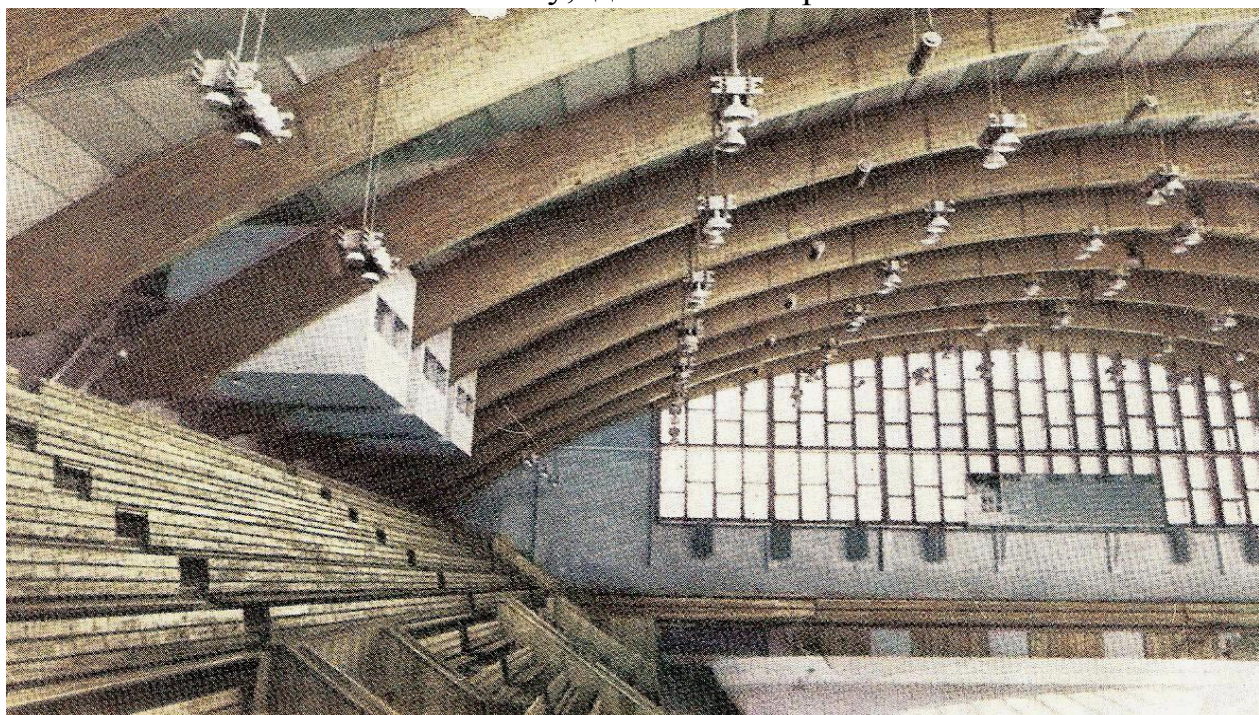


Рис.6.10. Покрытие архангельского ледового стадиона с применением трехшарнирных круговых клееных деревянных арок «ползучего» типа пролетом 60,0 м

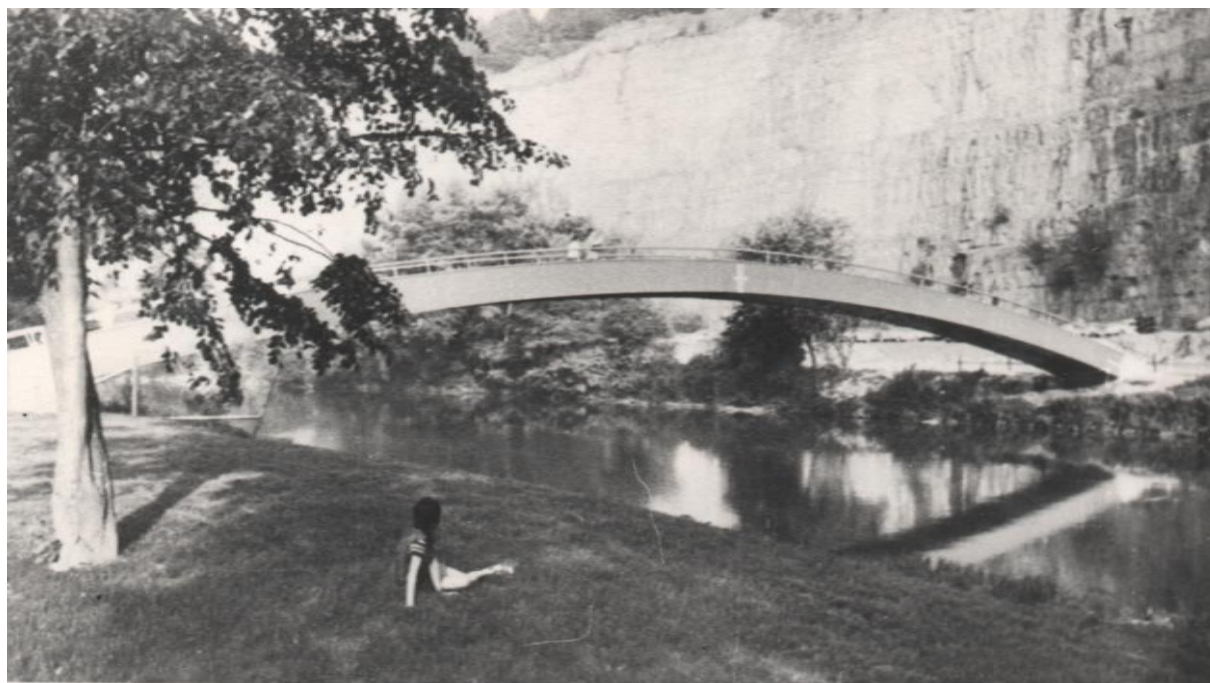


Рис.6.11. Пешеходный мост пролетом 27,0 метров.

Монтировался двумя автомобильными кранами одновременно с двух берегов. Пролетные строения, включающие арки и поперечные рамы и настил, собирались на заводе и привезены

двумя трейлерами. Береговые фундаменты были изготовлены заранее.

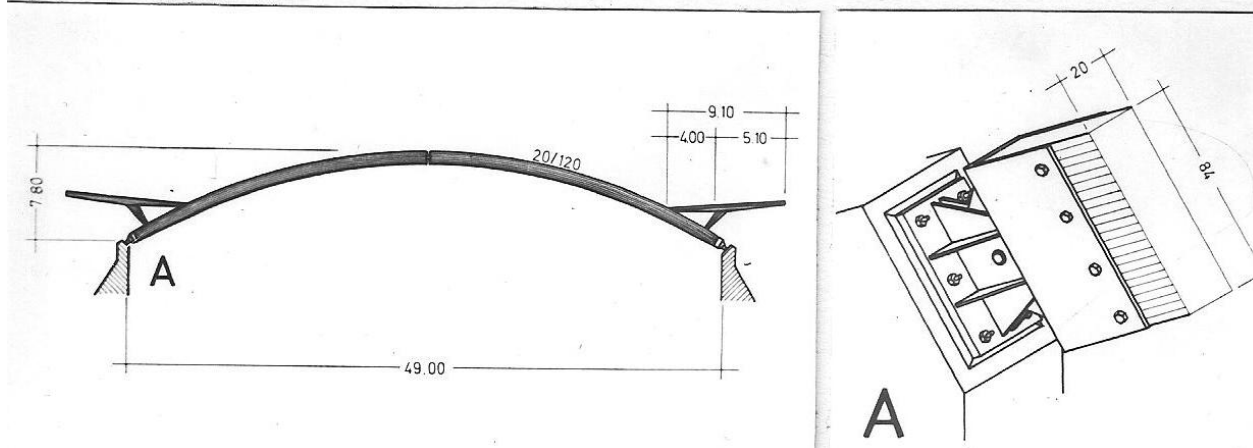


Рис.6.12. Ледовый стадион в Бад-Наугейме (Германия).

Пример применения трехшарнирных арок кругового очертания массивного сечения с консолями длиной по 9,1 м. Сечение арок 200x1200 мм. Стрела подъема - 7,8 м.



Рис.6.13. Арки пролетом 36,0 м теннисного корта в Альметьевске (Татарстан) с тентовым покрытием



Рис. 6.14. Пересекающиеся арки пролетом 42 м в покрытии спортивного манежа «Подмосковье» в г. Щелково под Москвой

РАЗДЕЛ 7

Ра́мы

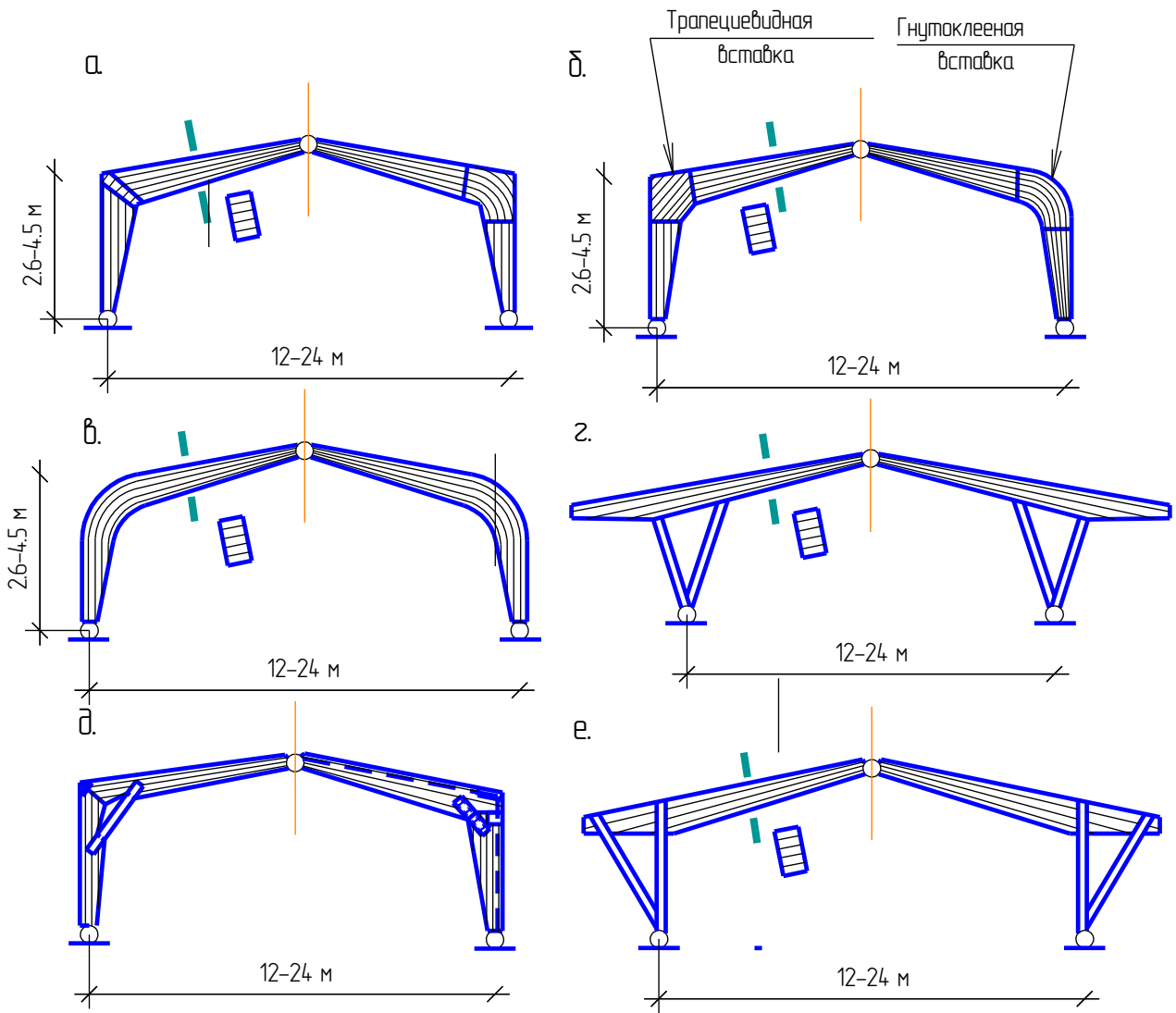


Рис.7.1. Клееные деревянные рамы однопролетные:
 а – из прямолинейных блоков ригеля и стойки; б – со вставками в карнизном узле; в – гнутоклееные; г, е – ригельно-подкосного типа; д – со сборно-разборными карнизными узлами

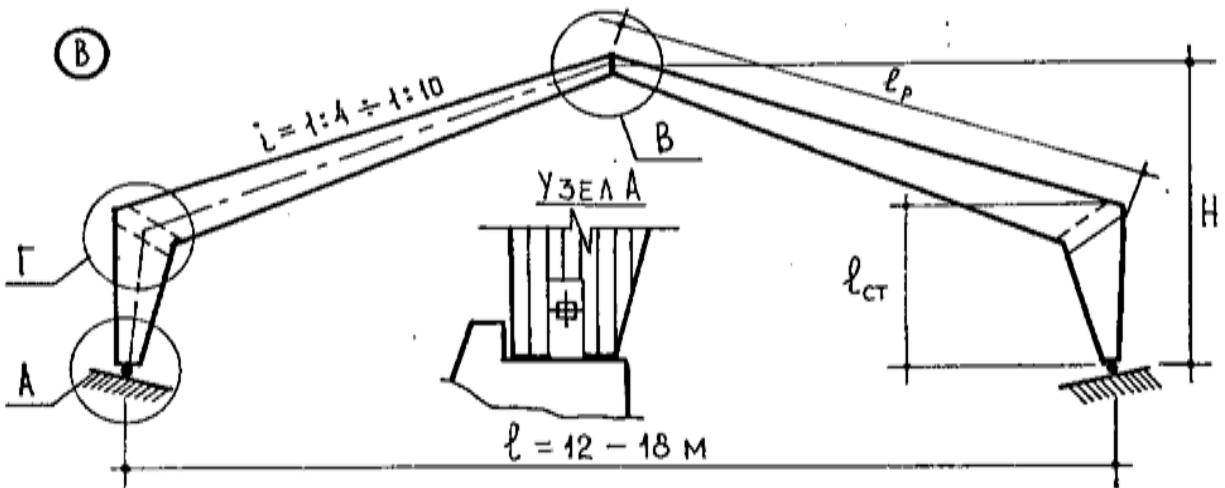
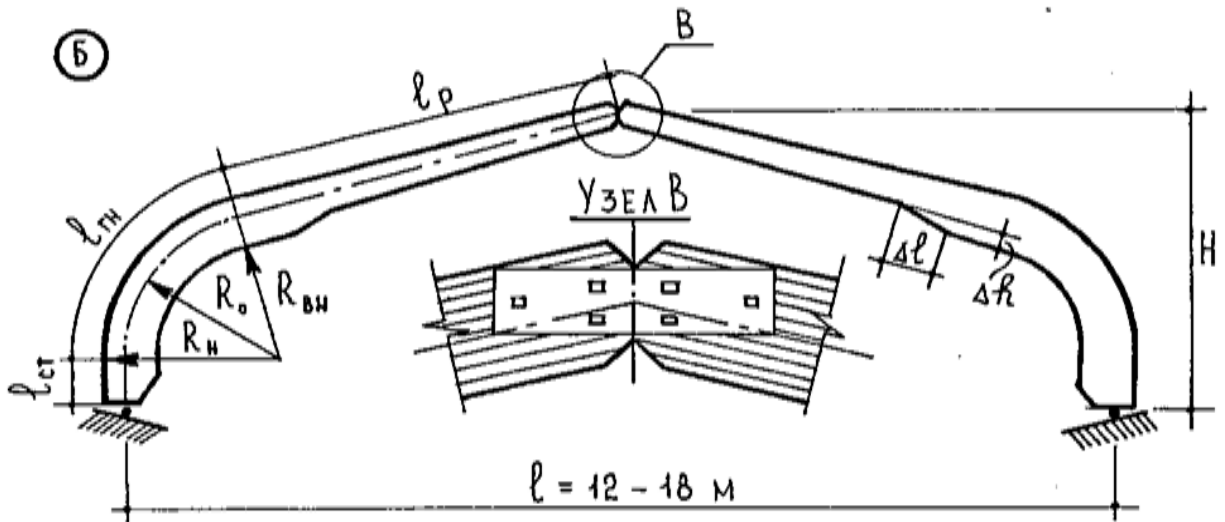
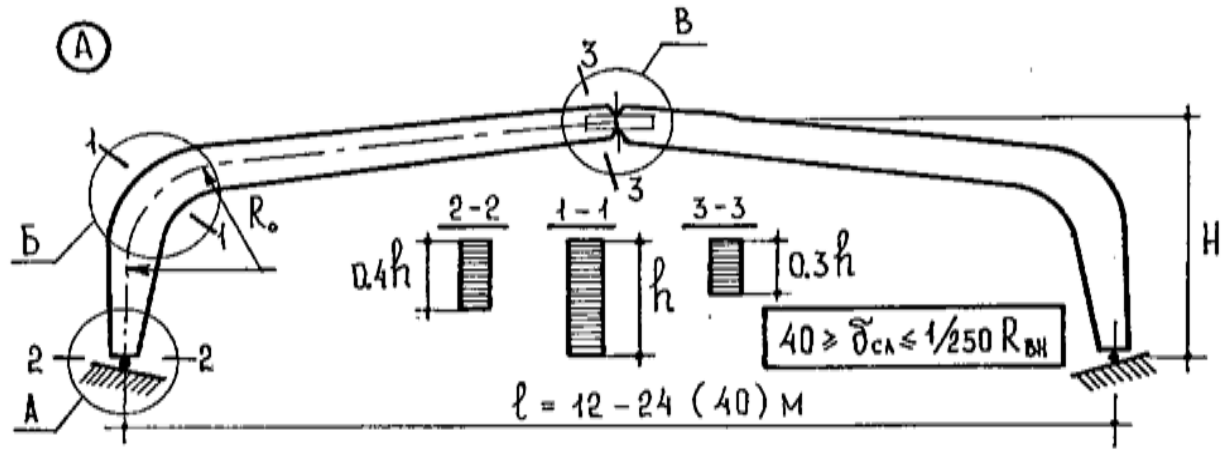
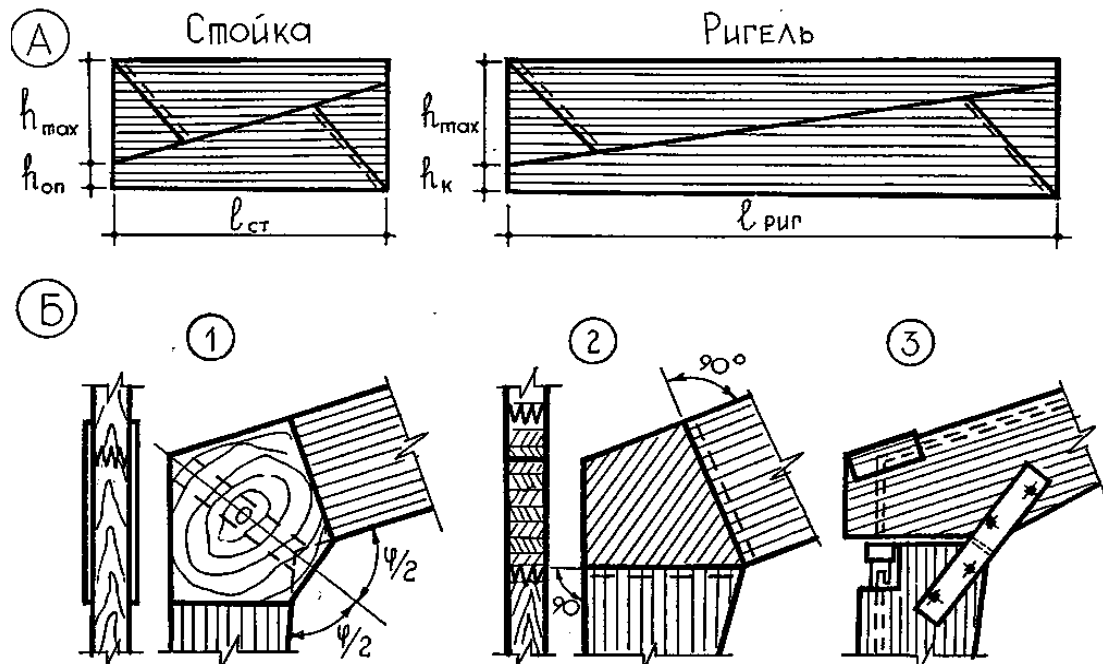


Рис. 7.2 . Трехшарнирные гнукоткленные рамы и рамы из прямолинейных клееных блоков, соединенных в карнизном узле



ОСОБЕННОСТИ РАСЧЕТА КАРНИЗНОГО УЗЛА

Гнутоклеенные рамы

$$W_{\text{расч}} = W_{\text{нт}} K_{\text{ГВ}}$$

$$W_{\text{расч}} = W_{\text{нт}} K_{\text{ГН}}$$

$$K_{\text{ГН}} = \frac{1-0.5 h/r}{1-0.17 h/r}; K_{\text{ГВ}} = \frac{1-0.5 h/r}{1-0.17 h/r}$$

$$Z = \frac{h^2}{12 r}$$

Рамы из прямолинейных блоков

$$W_{\text{расч}} = \frac{(0,85 h_{\text{вис}})^2 b}{6}$$

$$\frac{N}{F_{\text{нт}}} + \frac{M_{\text{д}}}{W_{\text{расч}}} \leq R_{\text{с}}$$

Рис. 7.3. Способ раскроя заготовки при изготовлении рамы из прямолинейных клееных блоков (А); варианты карнизных узлов (Б) и некоторые расчетные формулы для расчета карнизных узлов гнутоклеенных рам и рам из прямолинейных блоков

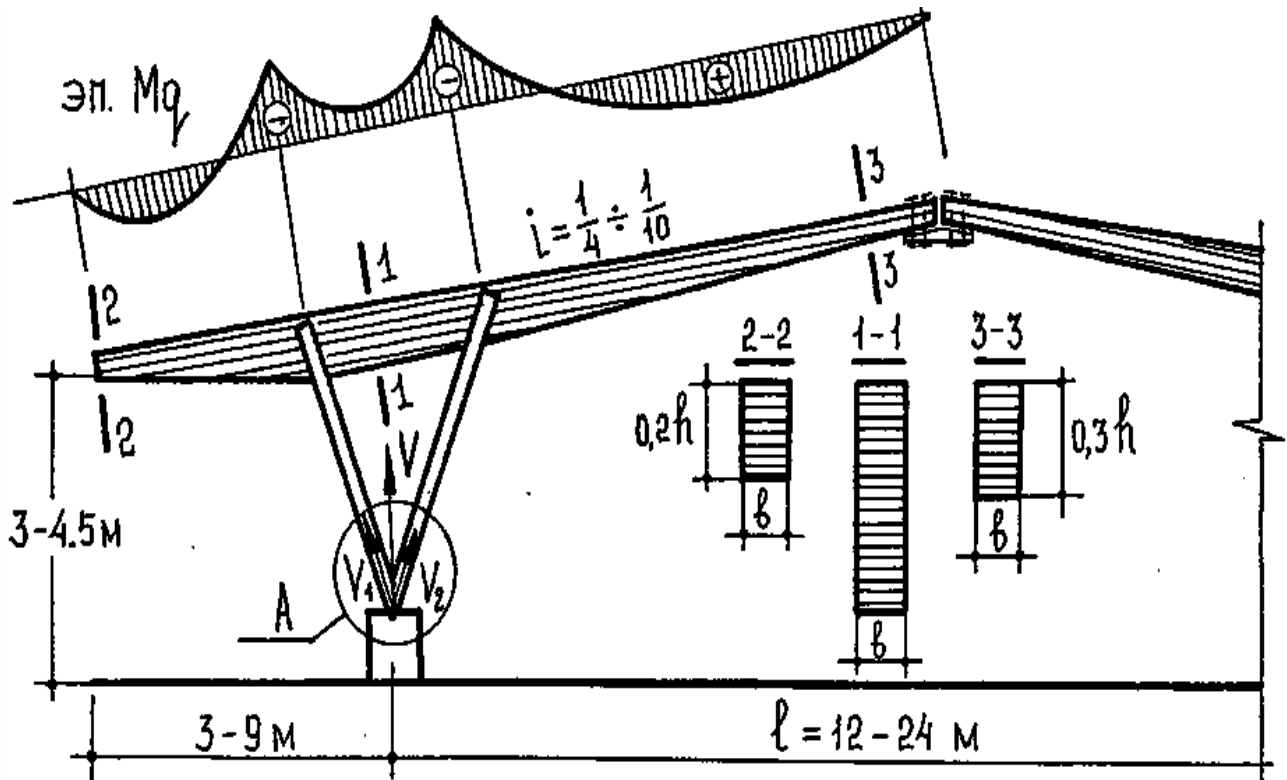


Рис.7.4. Рама ригельно-подкосного типа с двумя подкосами в опорах. Ограждающие конструкции стен могут выполняться по одному из подкосов или вертикально между подкосами

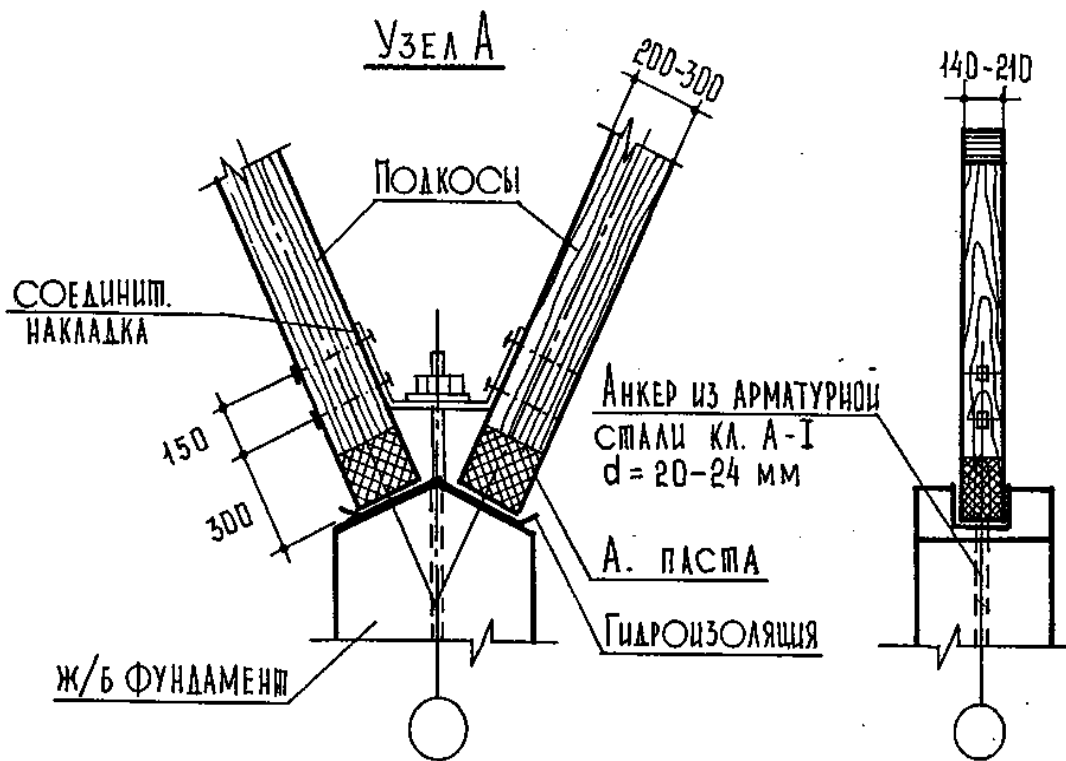


Рис. 7.5. Вариант опорного узла рамы ригельно-подкосного типа

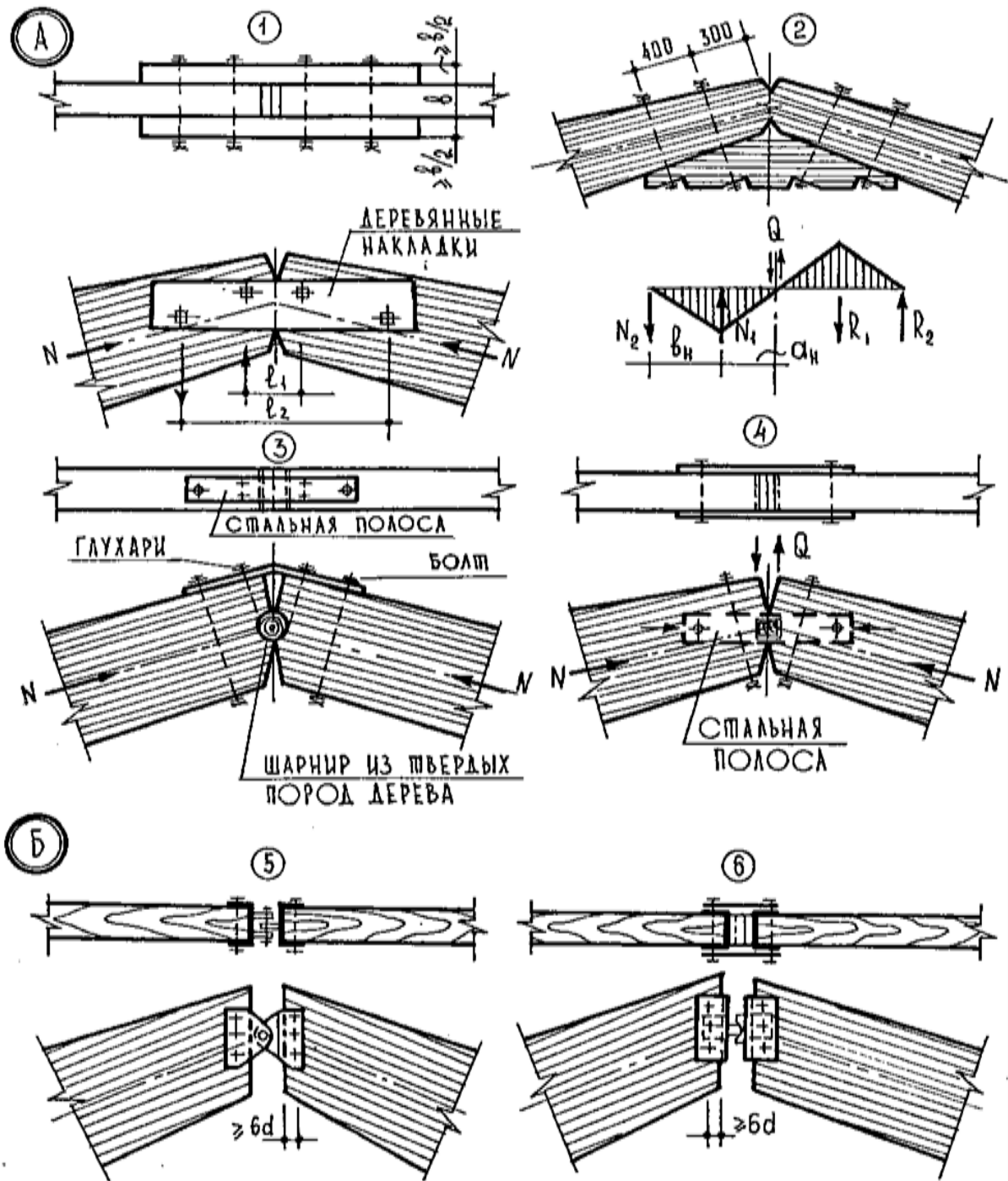


Рис. 7.6. Коньковые узлы трехшарнирных однопролетных рам:
 А – для рам небольшого пролета; Б – для рам большого пролета.

1 - с деревянными накладками на болтах; Б - с подкладкой;
 3 – с шарниром в виде круглого нагеля; 4 – с шарниров из квадратного нагеля;
 5 – в виде «идеального» шарнира; 6 – в виде «качающегося» шарнира

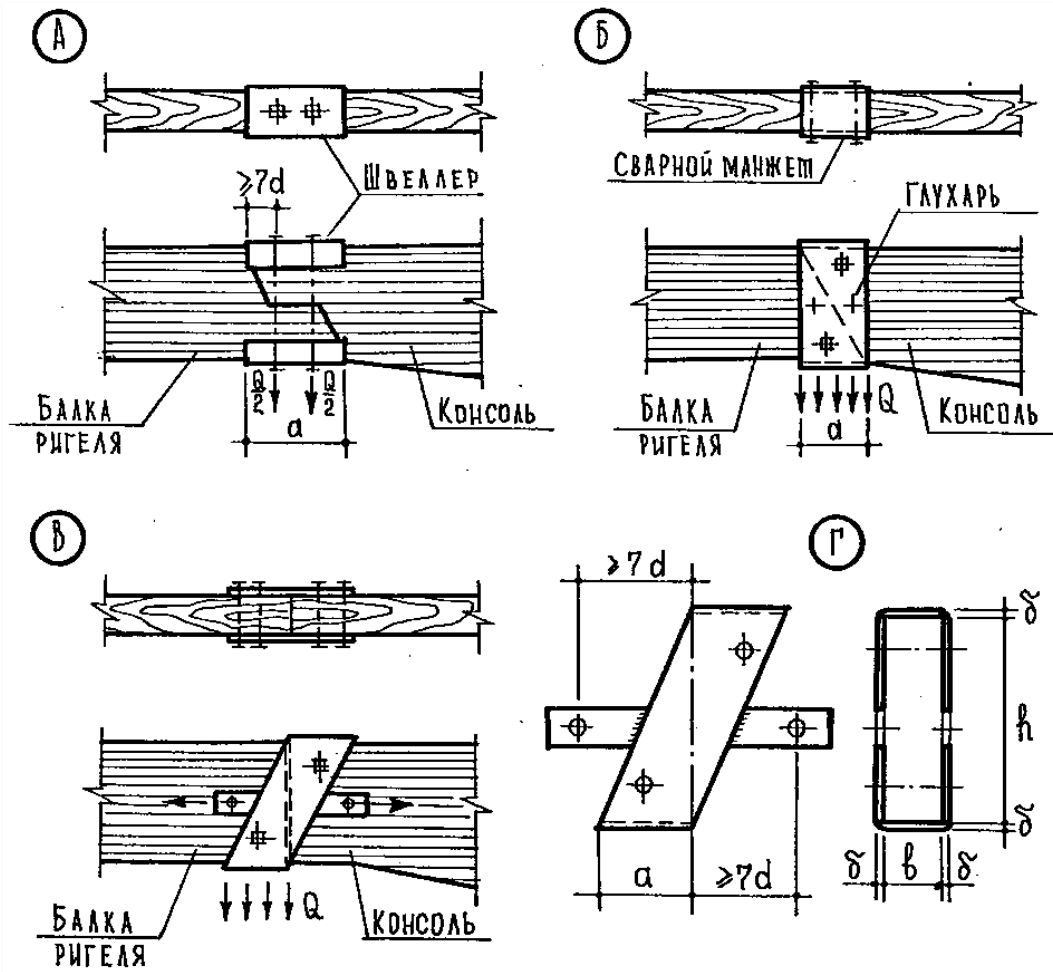


Рис. 7.7. Шарнирные узлы в ригелях многопролетных рам:
 А – подвеска балки к ригелю посредством накладок; Б и В – то же посредством стальных манжет; Г – стальной манжет

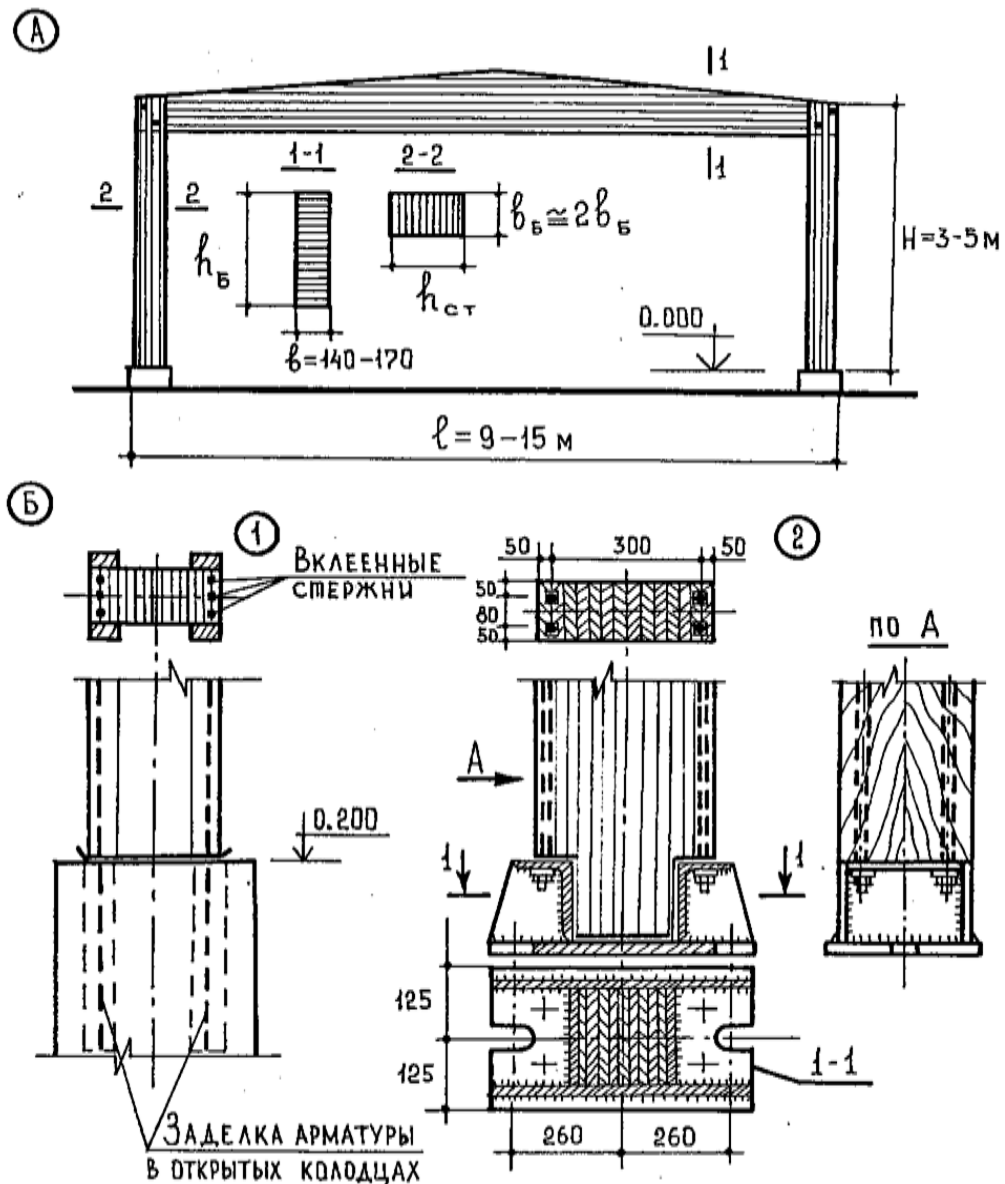


Рис. 7.8. Двухшарнирная рама с жесткой заделкой стоек в фундаменте (А) и два варианта жесткой заделки стойки в фундаменте (Б): 1 – за счет вклеенных в стойку арматурных стержней замоноличенных в фундаменте; 2 – с вклеенными в стойку стержнями, соединяемыми со стальной базой на болтах.

Стальная база заранее крепится к фундаменту анкерными болтами, замоноличенными в фундаменте. В другом варианте база может предварительно крепиться к колонне болтами и монтироваться вместе с колонной

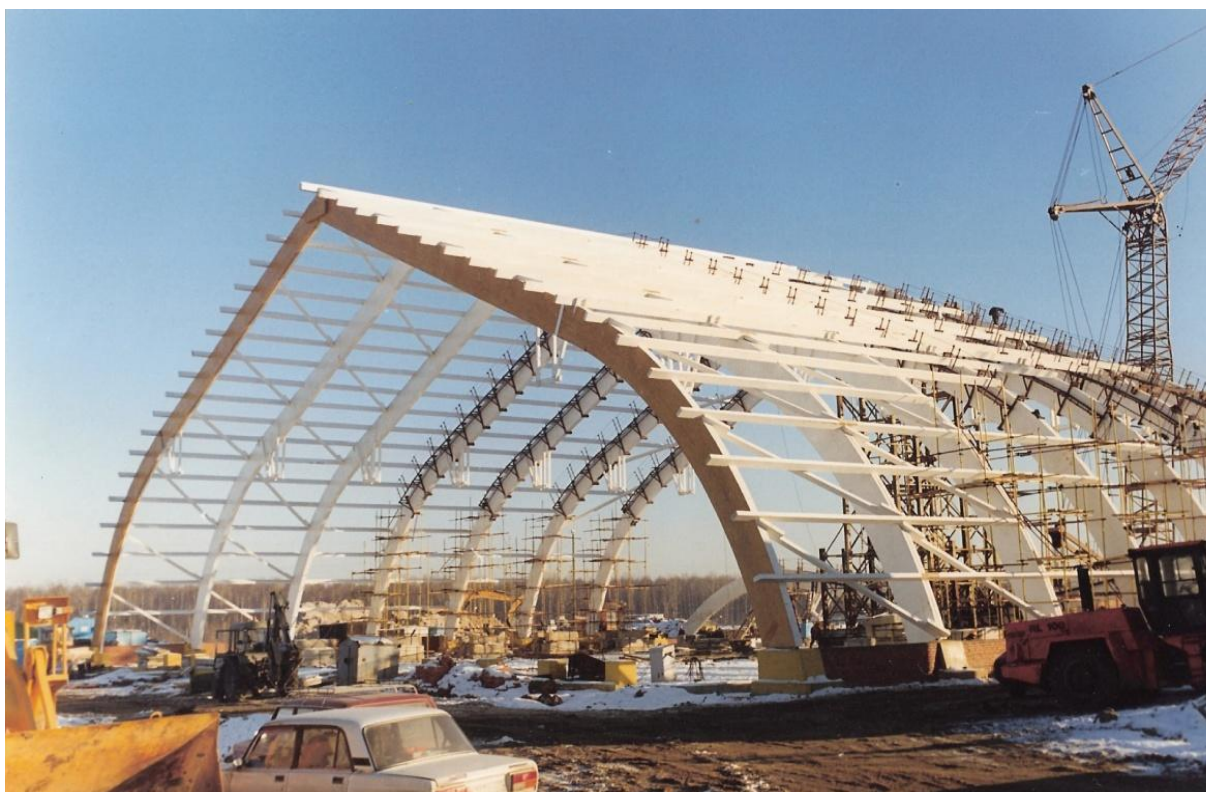


Рис.7.9. Пример применения гнутоклеенных рам при строительстве складского здания пролетом 60.0 метров в Новокосино под Москвой.



Рис. 7.10. Двухшарнирные рамы из досок с соединениями в узлах на МЗП

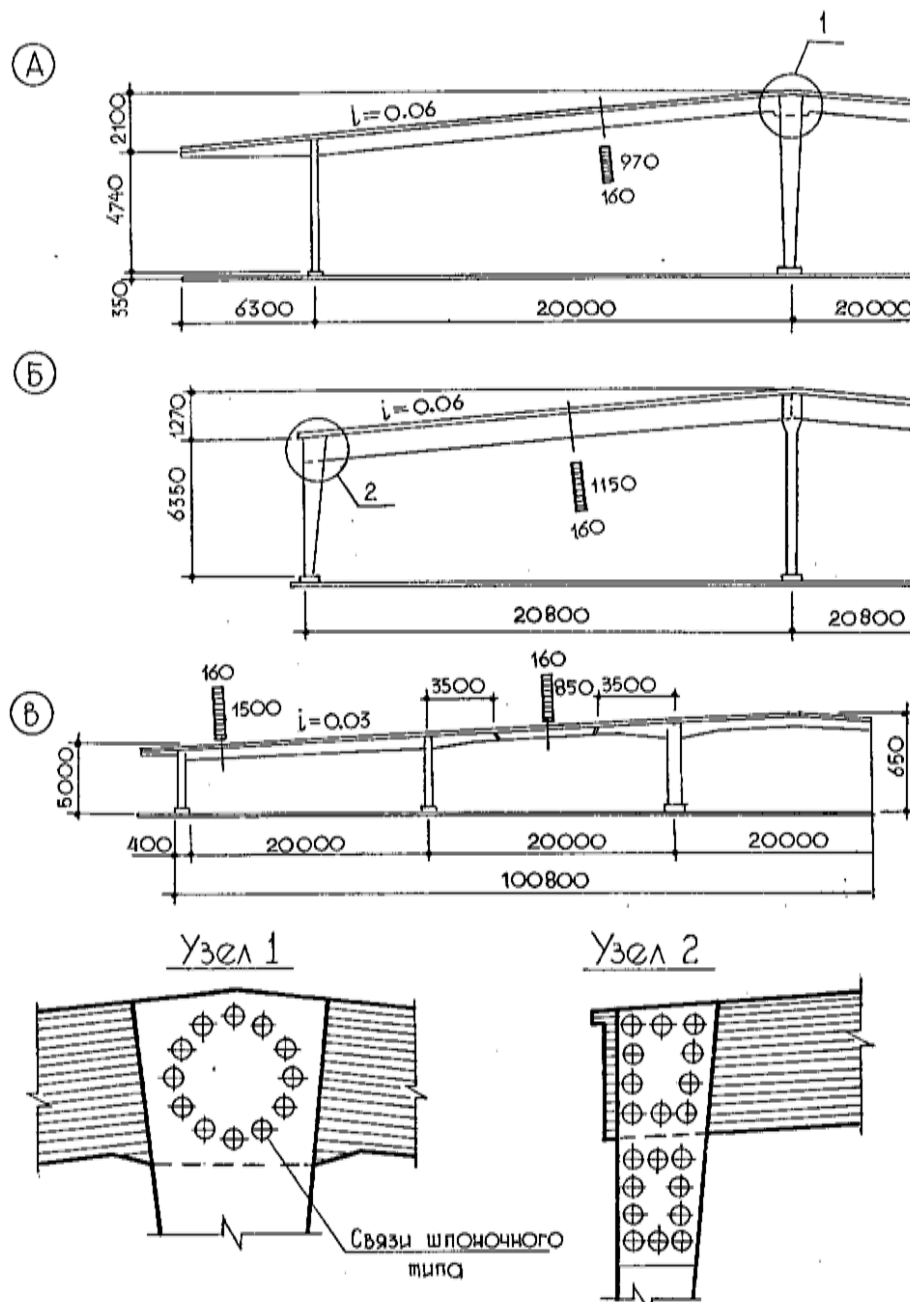


Рис.7.11. Многопролетные клееные рамы с ригелем консольно-балочной схемы.

А – двухпролетная консольная рама ; Б – Двухпролетная; В - Пятипролетная



Рис.7.12. Пример применения рам при строительстве здания сельскохозяйственного назначения



Рис.7.13. Пример применения однопролетных рам при строительстве общественного здания

РАЗДЕЛ 8

Пространственные конструкции

Из дерева могут быть возведены пространственные конструкции следующих основных видов:

- 1) своды, очерченные по цилиндрической поверхности и опирающиеся по сторонам, параллельным образующим;
- 2) своды-оболочки, очерченные по цилиндрической поверхности, опирающиеся на жесткие торцовые диафрагмы и имеющие продольные бортовые элементы;
- 3) купола, очерченные по сферической поверхности;
- 4) сомкнутые своды;
- 5) крестовые своды;
- 6) цилиндрические и треугольные складки; складки могут быть одноволновые или многоволновые;
- 4) оболочки отрицательной гауссовой кривизны (с поверхностью гиперболического параболоида) - ГИПАРы.

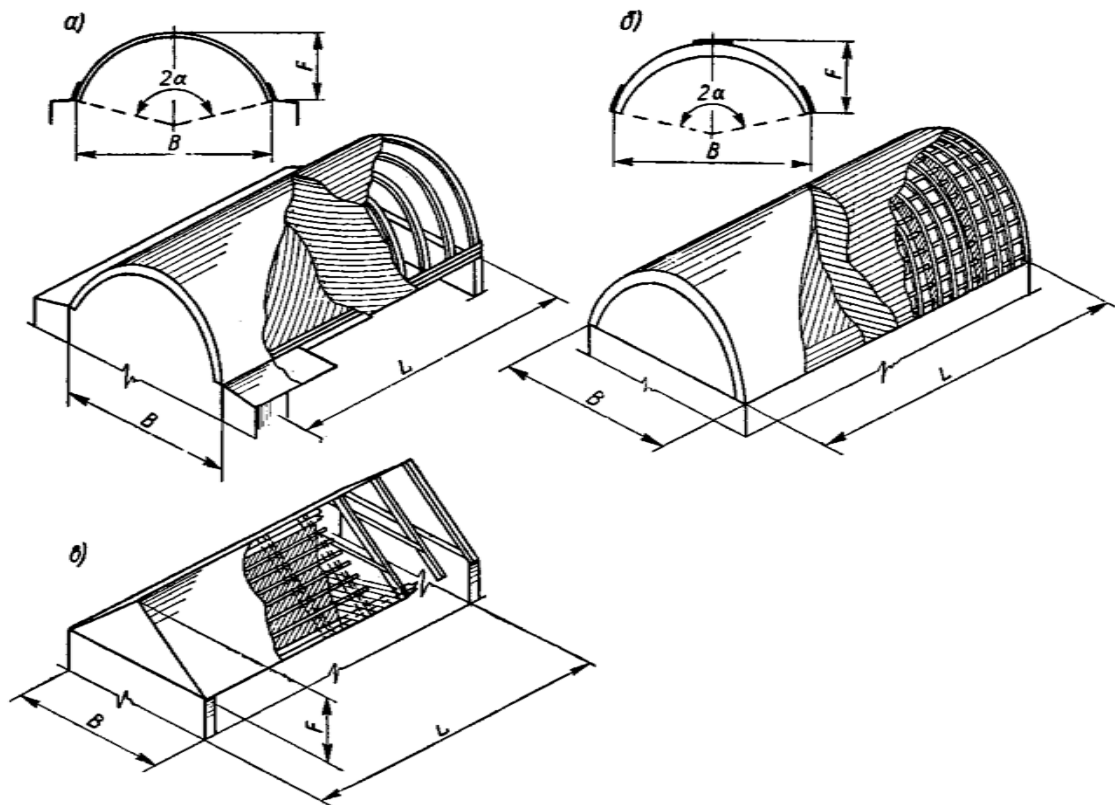


Рис. 8.1. Свод, свод-оболочка, складка

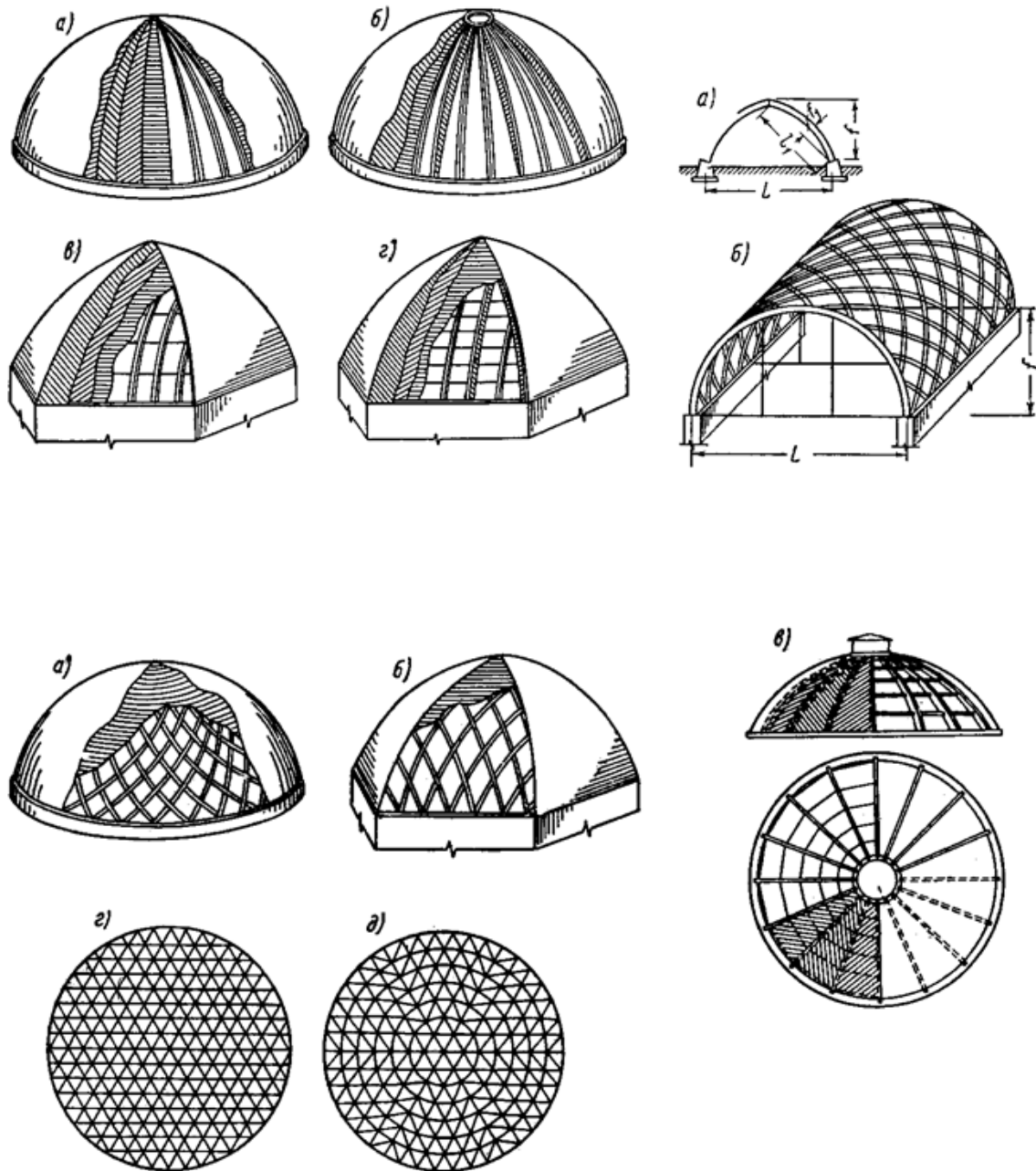


Рис. 8.2. Купола и своды

а – тонкостенный купол-оболочка; б – ребристый купол; в – тонкостенный сомкнутый свод-оболочка; г – ребристый сомкнутый свод.

Купола, сомкнутые своды, кружально-сетчатый свод и сетчатые сомкнутые своды могут перекрывать пролеты до 60 и более метров

Оболочки двойкой кривизны

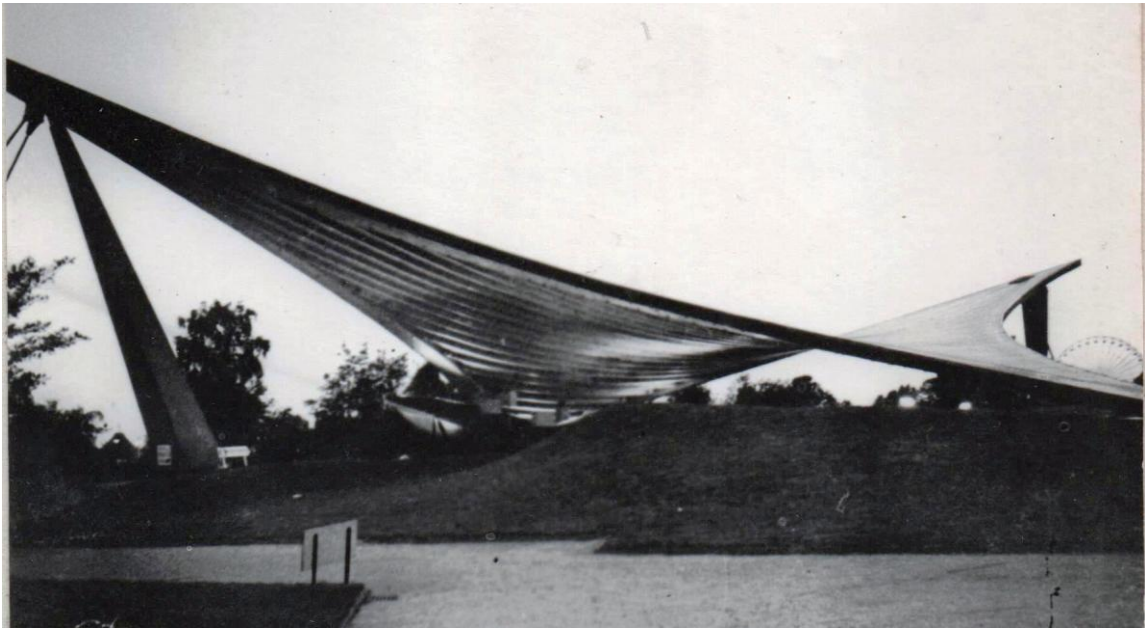
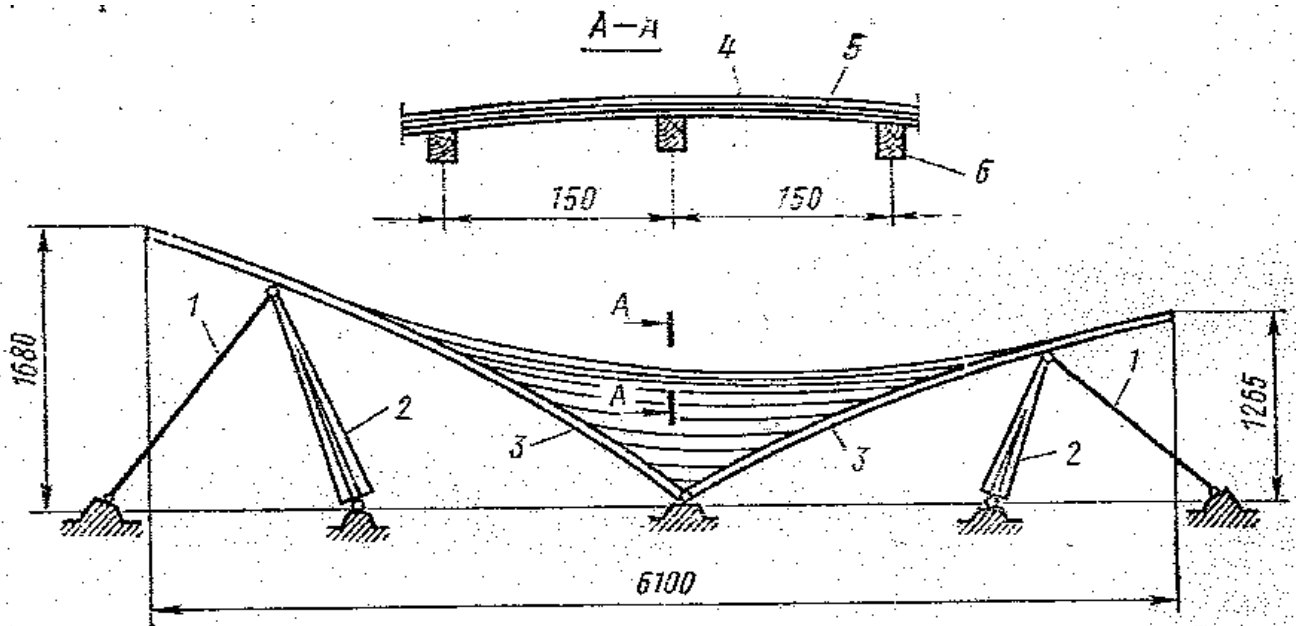


Рис.8.3. Павильон выставки цветов в Дортмунде в виде ГИПара

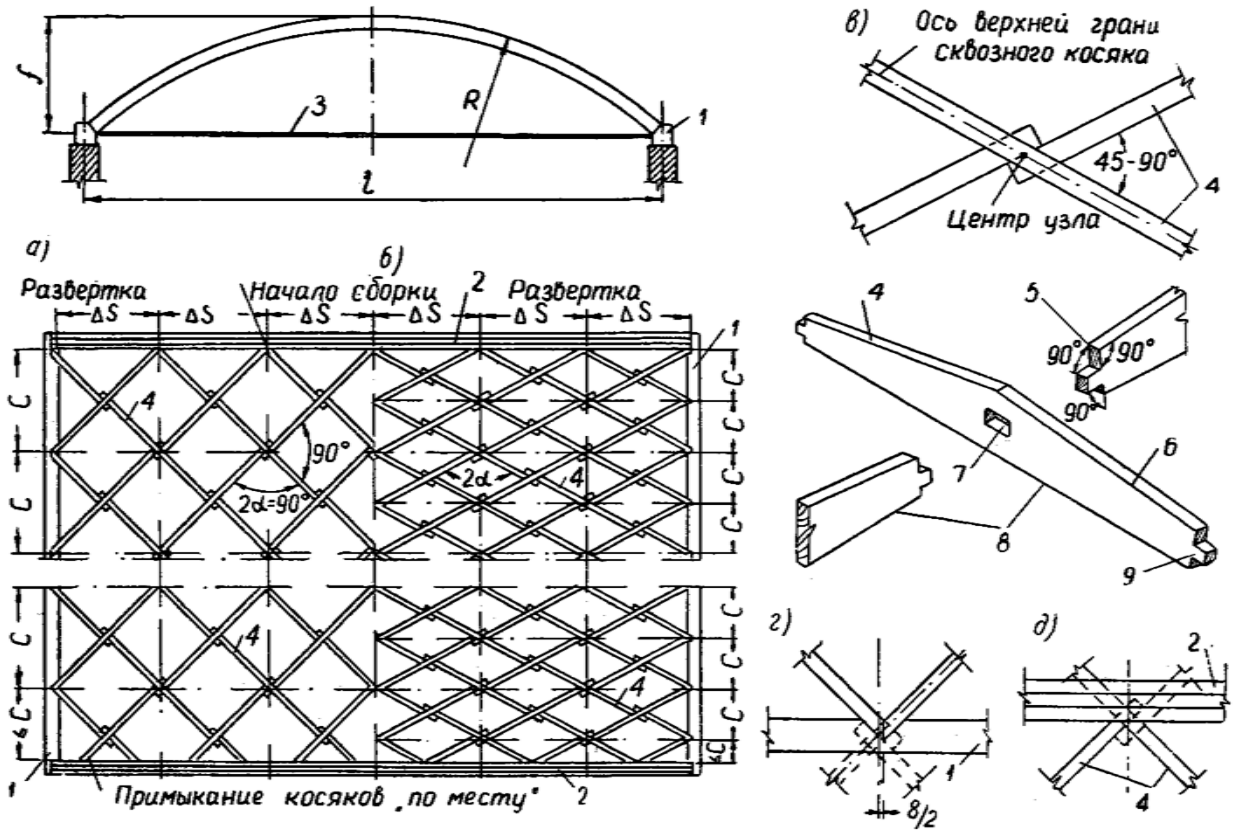


Рис.8.4. Кружально-сетчатый свод системы Песельника

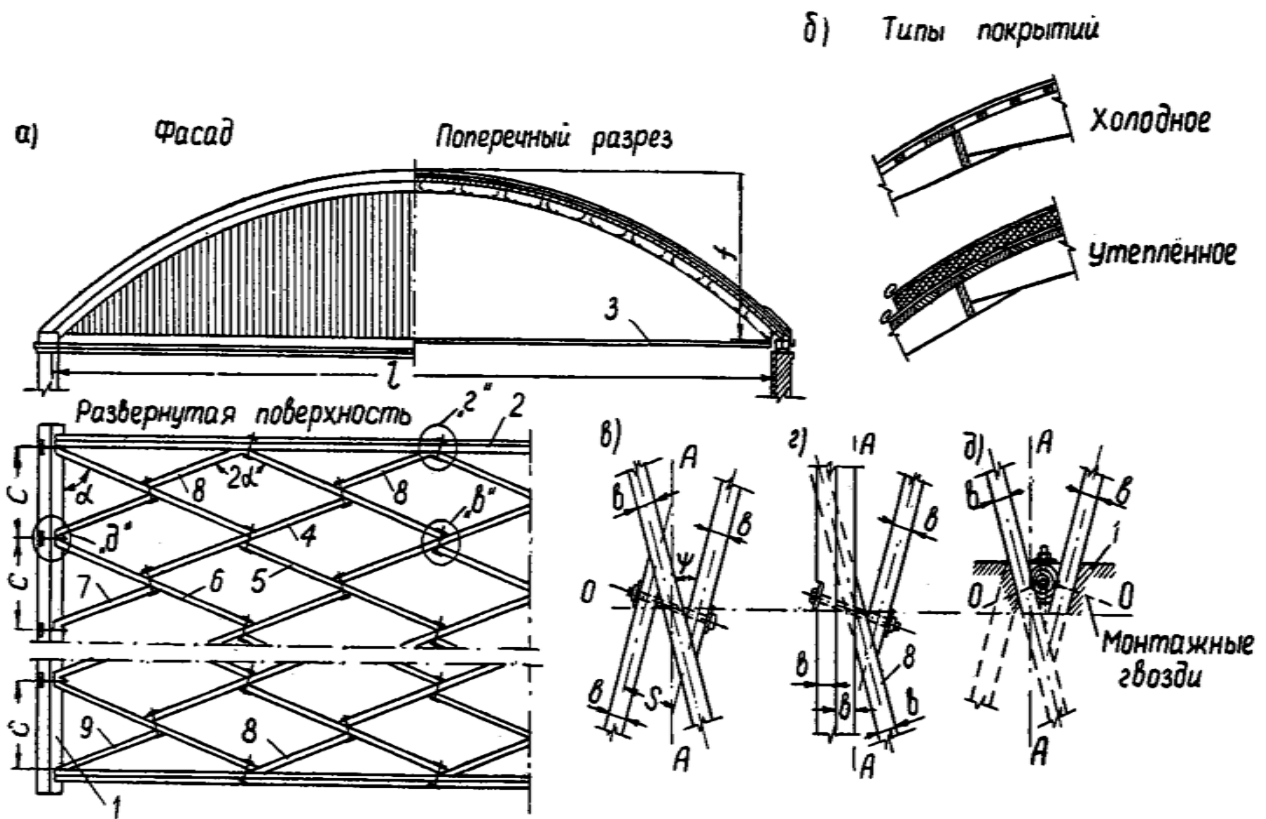


Рис.8.5. Кружально-сетчатый свод системы Цольбау (Цолингера)

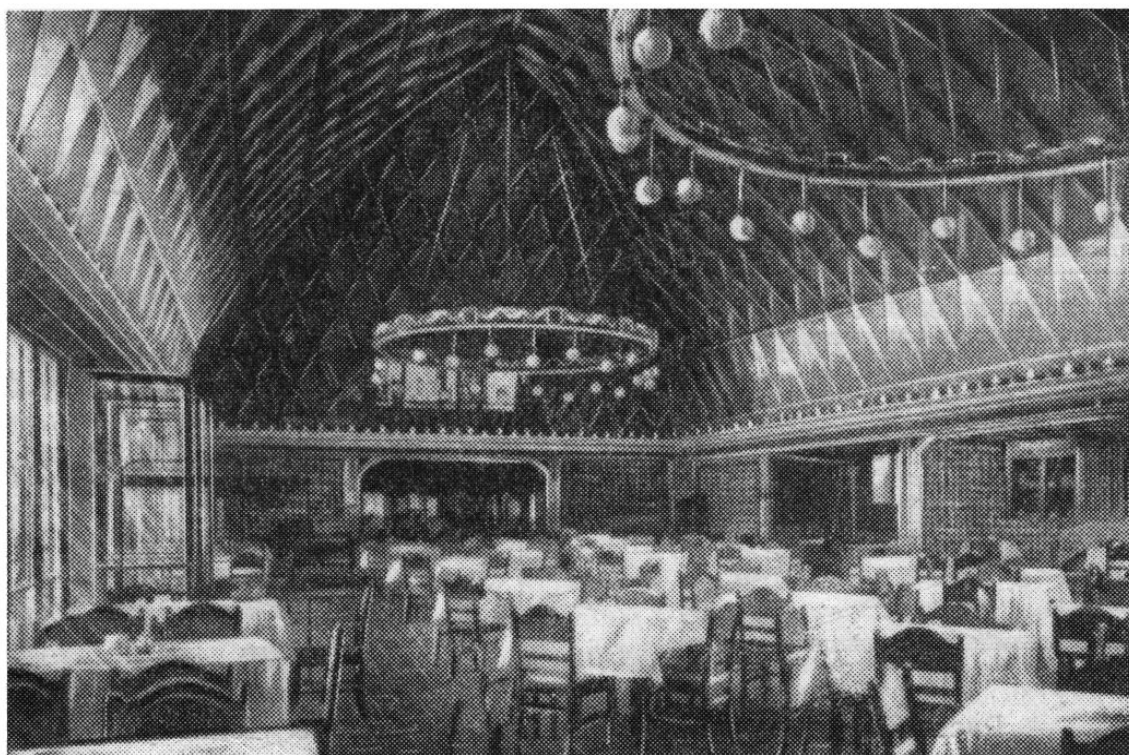
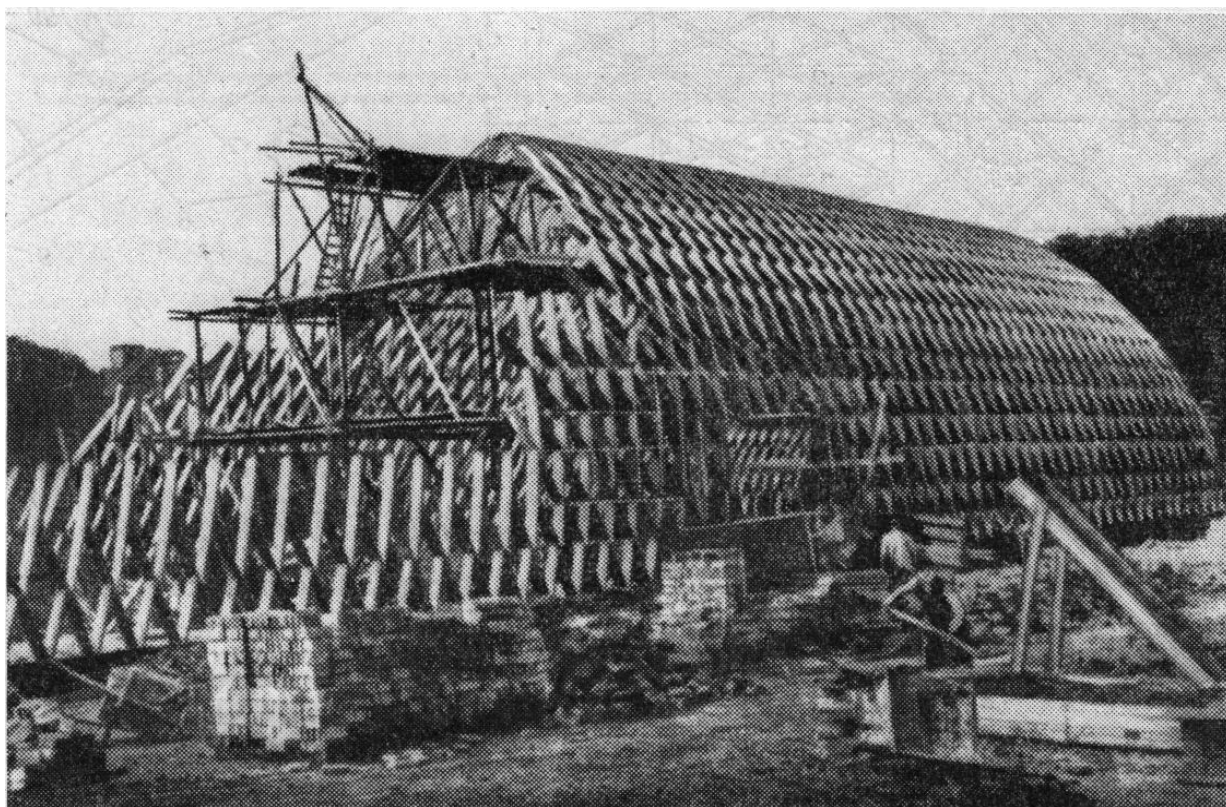


Рис.8.6. Процесс сборки кружально-сетчатого свода и внутренний вид (интерьер) ресторана в Москве с покрытием в виде кружально-сетчатого свода

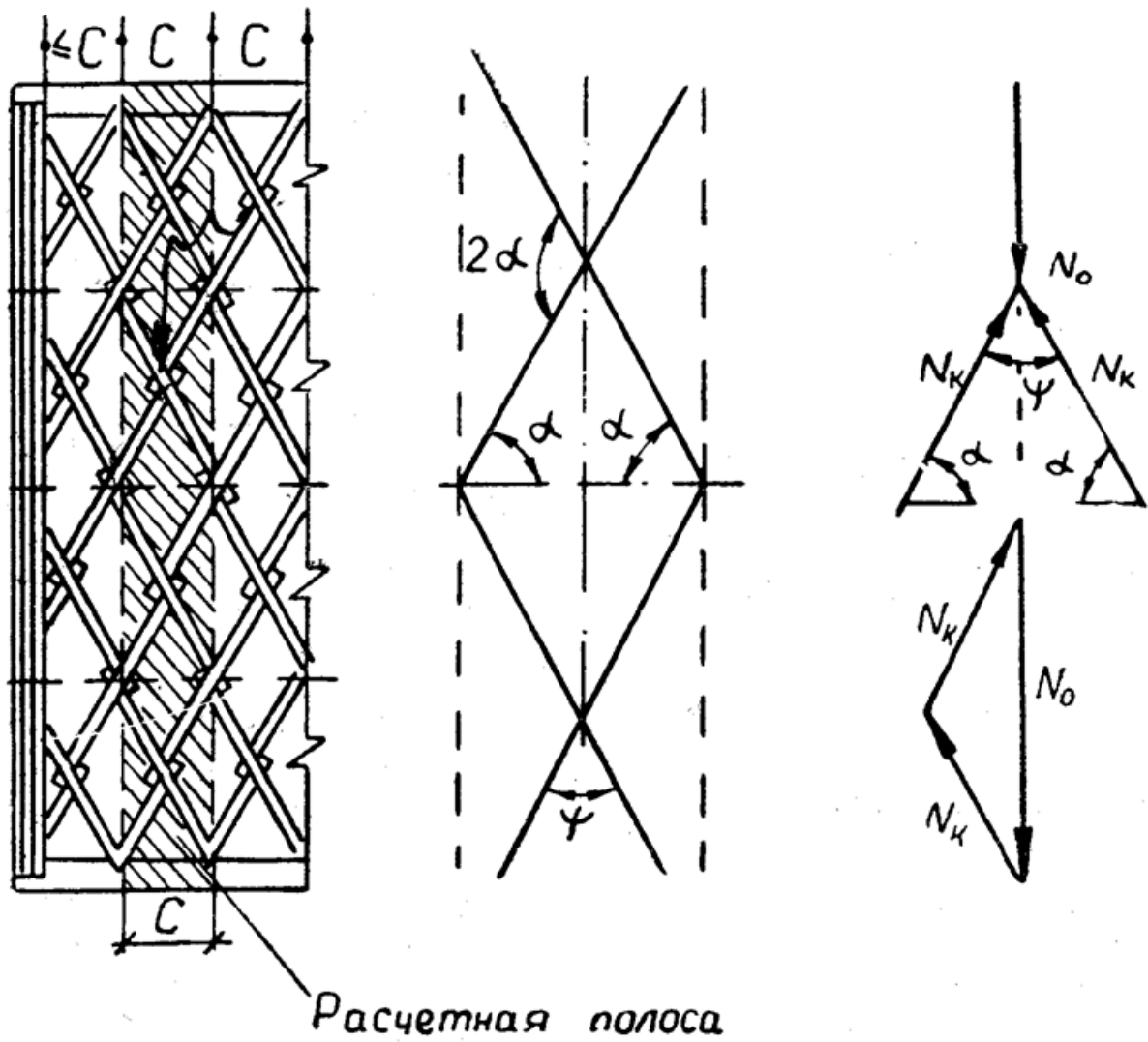


Рис.8.7. Выделенная полоса, равная шагу косяков вдоль свода, и расчетная схема кружально-сетчатого свода

Кружально-сетчатые своды: крестовый и сомкнутый

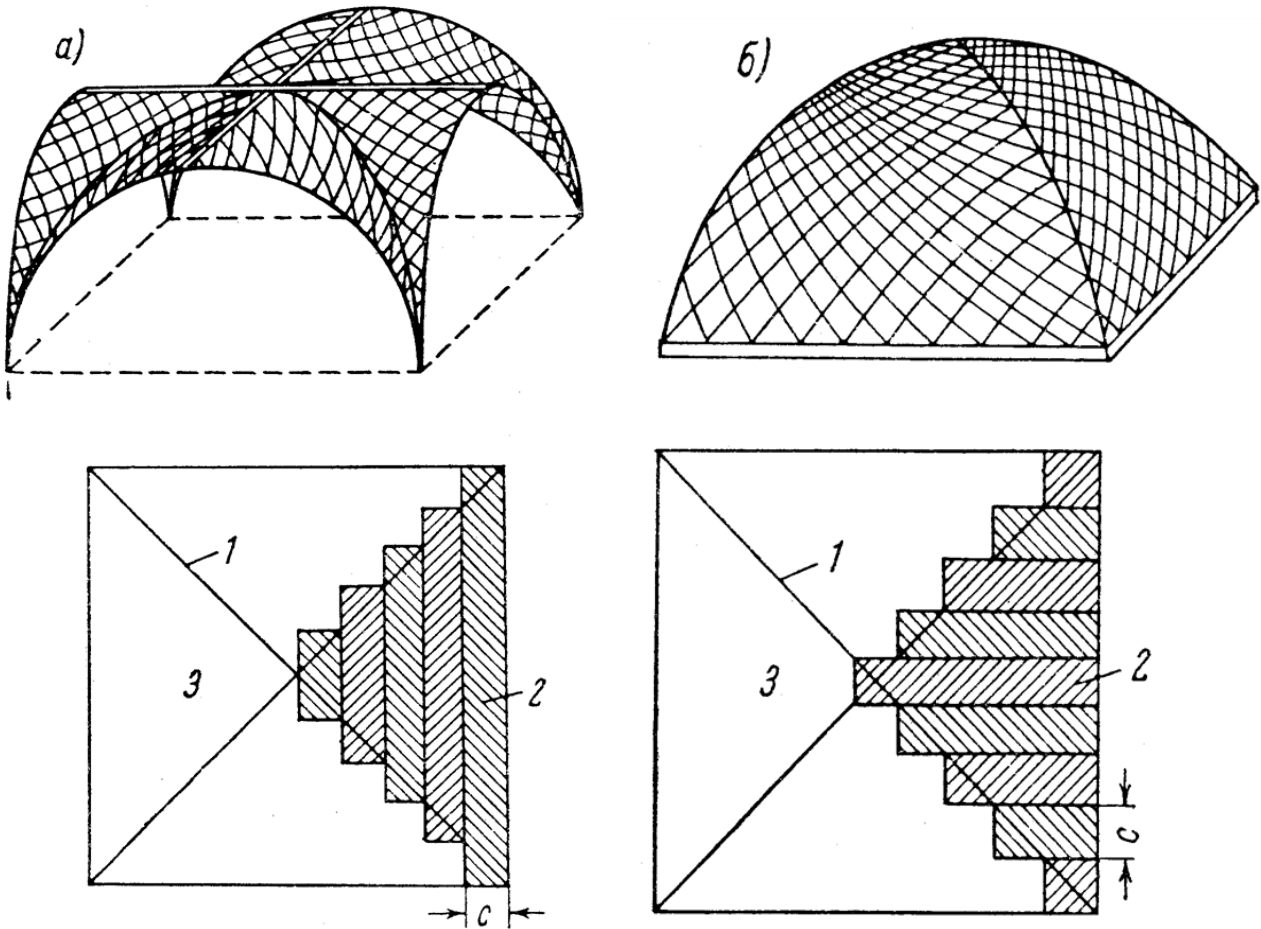


Рис. 8.8. Крестовый (а) и сомкнутый (б) своды сетчатой конструкции
 1-гурт; 2-расчетная полоса (арка или полуарка);
 3-лоток (с желобом или ребром)

Своды могут решаться и ребристой конструкции. Крестовый свод позволяет получить выразительные фасады, дающие много света. Основными несущими конструкциями здесь являются диагональные арки, одна из которых в ключе примыкает к другой, либо все полуарки соединяются одним ключевым элементом. Фронтонные и рядовые арки, параллельные фасадам, опираются на диагональные, компенсируя распор, возникающий в них. Сомкнутый свод лучше применять в качестве покрытия в зданиях квадратного плана.

Раздел 9
Пластмассы в строительстве

Пластические массы — синтетические вещества органического происхождения, для переработки которых в изделия используются их пластические свойства.

По своему составу пластмассы — полимерные многокомпонентные сложные материалы, состоящие из отдельных частей, взятых в том или ином сочетании

Главными их компонентами являются:

- 1) связующие вещества; 2) наполнители; 3) пластификаторы;
- 4) смазки; 5) вещества, ускоряющие процесс полимеризации (отвердители или катализаторы);
- 6) красители; 7) порообразователи и т. д.

Основные виды пластмасс

- Стекловолокнистые пластмассы: СВМ; АГ-4С; стеклотекстолит; стекломаты.
- Древесные пластики: древесноволокнистые плиты (ДВП); плиты древесно-стружечные (ПДС); древесно-слоистые пластики (ДСП);
 - Органическое стекло (полиметилметакрилат);
 - Винипласт жесткий (ВН)
 - Пенопласты (ячеистые пластмассы)
 - Сотопласты - газонаполненные пластмассы с системой регулярно повторяющихся ячеек правильной геометрической формы

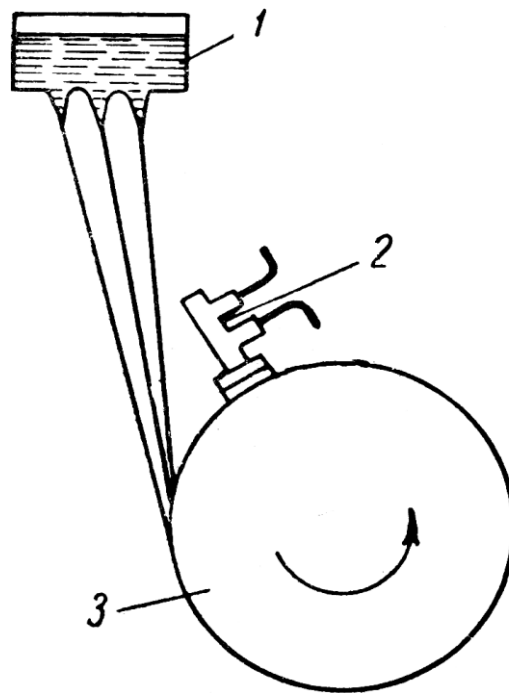


Рис. 9.1. Схема производства стеклошпона: 1 - электропечь; 2 - пульвелизатор; 3 - барабан

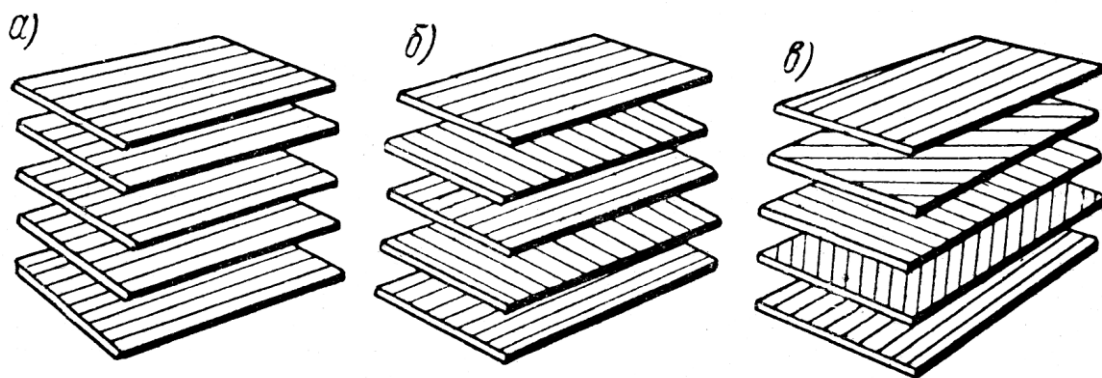


Рис. 9.2. Древесно-слоистые пластики:

а - однонаправленные ДСП-А;

б - двунаправленные - ДСП-Б;

в - с звездообразным расположением слоев ДСП-Г

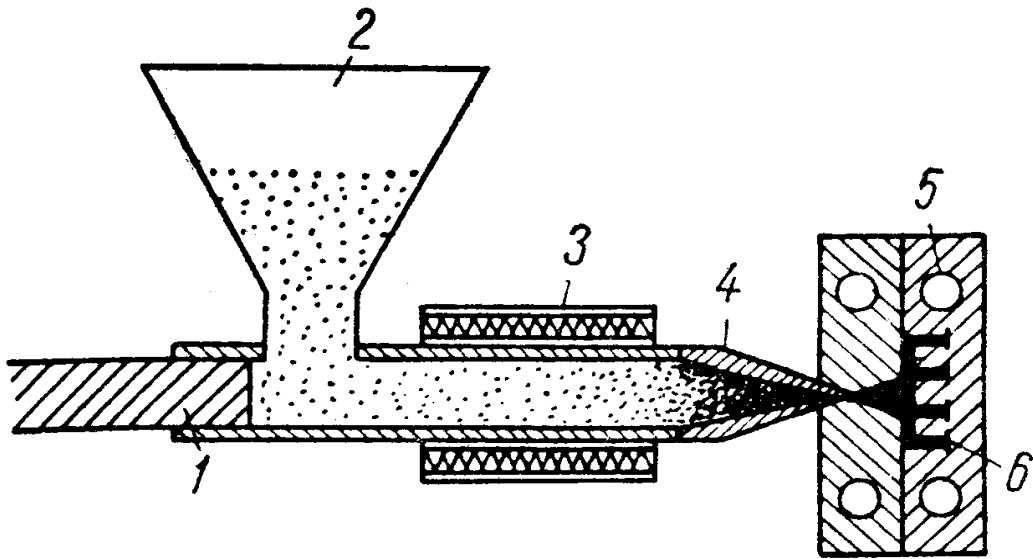


Рис. 9.3. Формование изделия под давлением

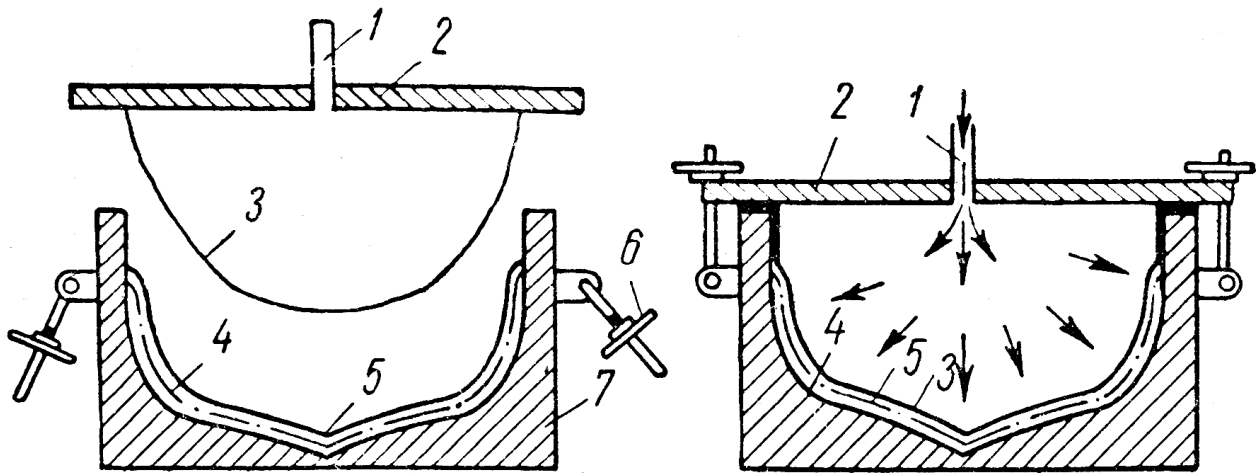


Рис. 9.4. Схема формирования изделия из стеклопластика методом резинового мешка

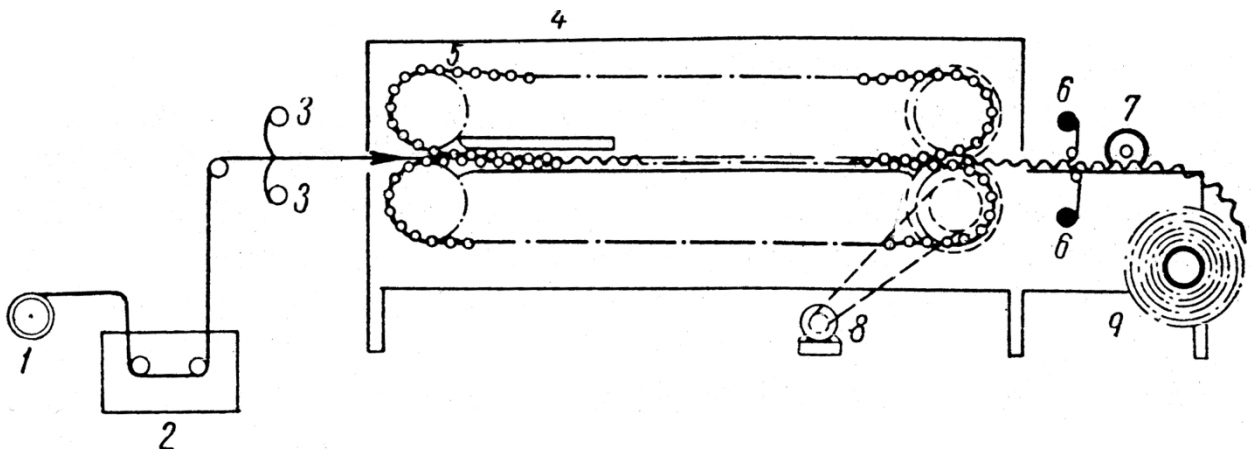


Рис. 9.5. Схема установки формирования стеклошифера
(волнистого стеклопластикового листа) из АГ-4С

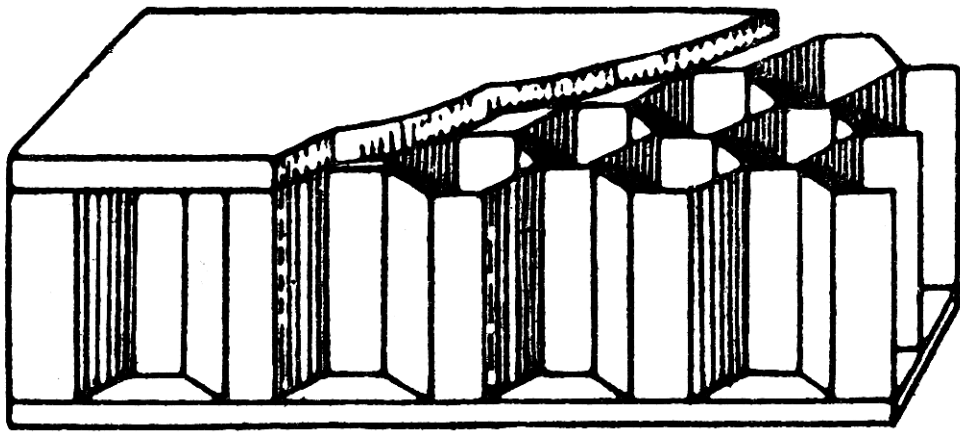


Рис. 9.6. Сотопласт из крафтбумаги или хлопчатобумажной
ткани

Пневматические конструкции.
а - воздухоопорная; б - пневмокаркасная

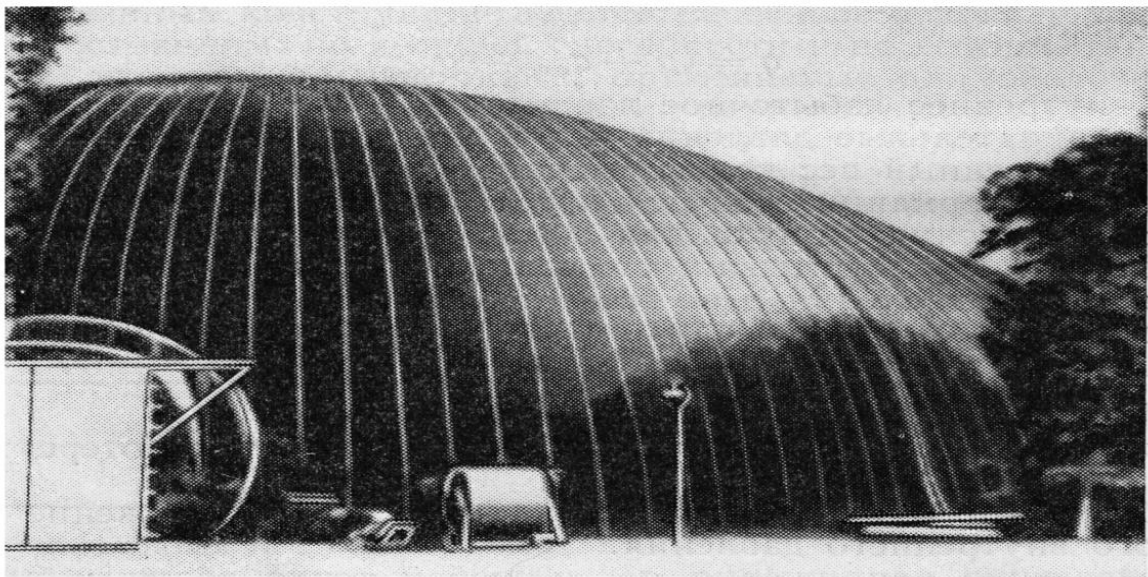
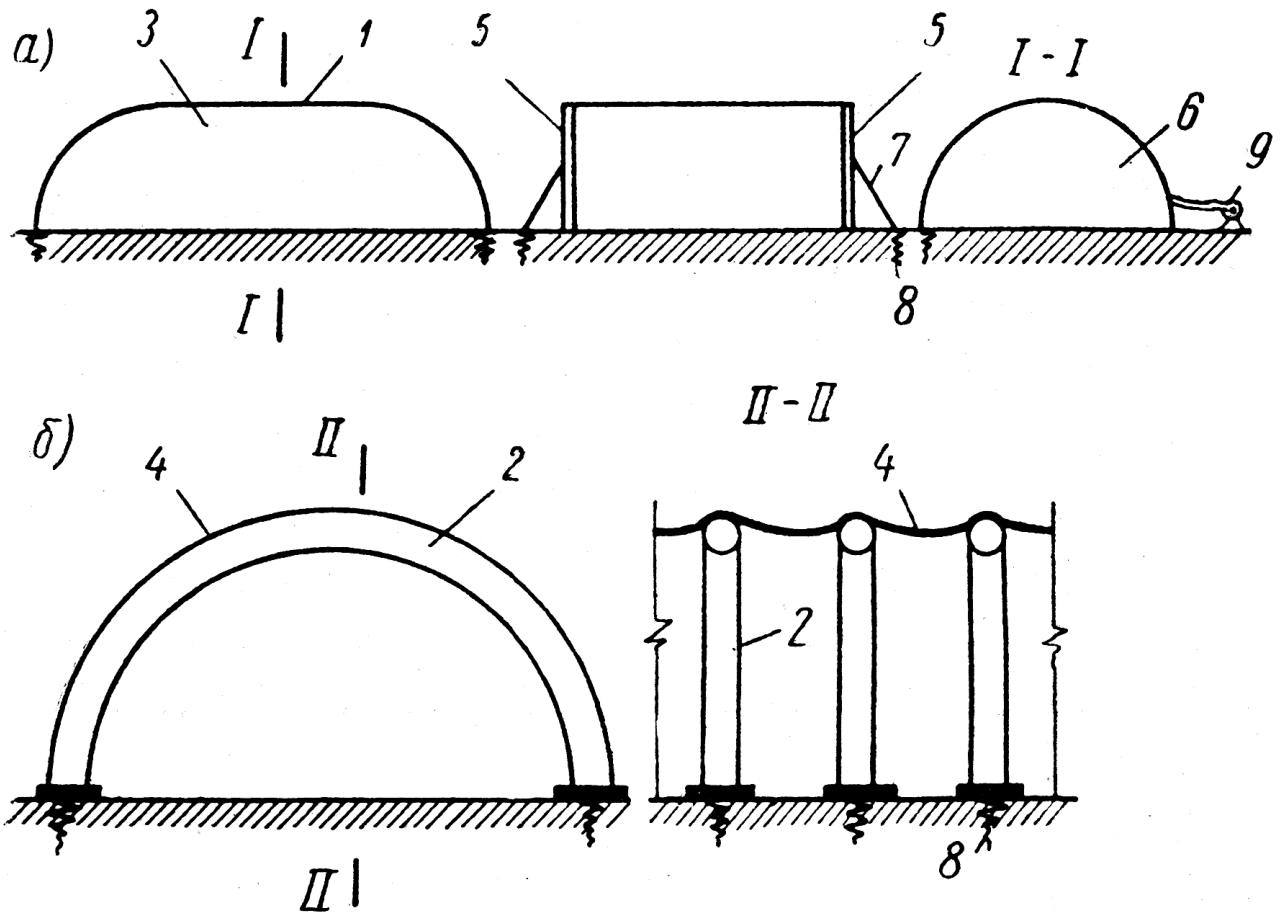


Рис. 9.7. Здание синерамы пневматической конструкции воздухоопорного типа на 3000 зрителей (Франция)

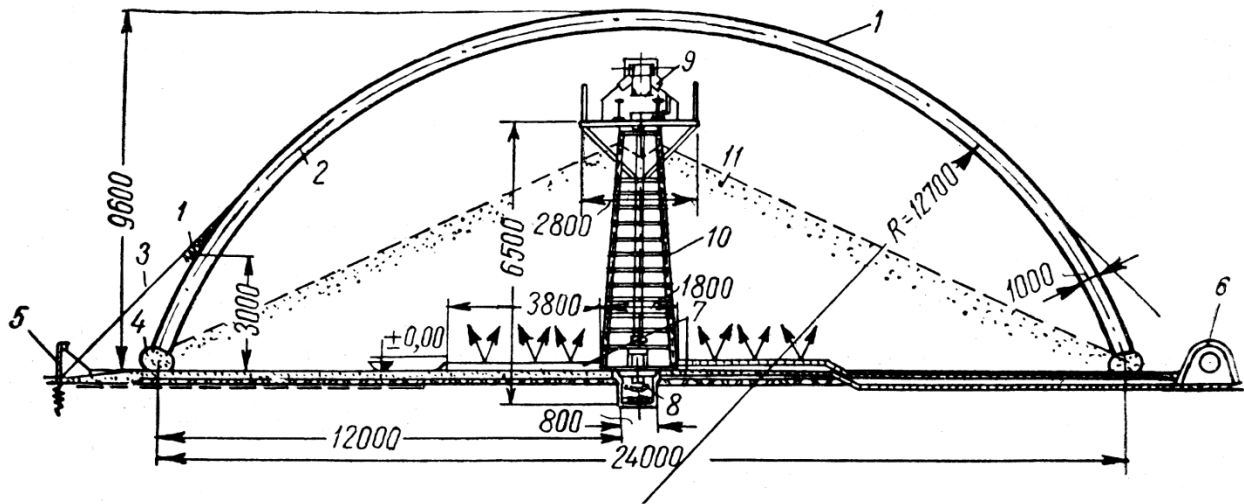


Рис. 9.8. Вариант конструкции зерносклада емкостью 1800 т с пневмоарками с диаметром сечения 1,0 метр

1 — оболочка; 2 — пневмоарка; 3 — растяжки; 4 — обводная фундаментная труба из ткани; 5 — анкер штопорный; 6 — осевой вентилятор; 7 — коробка активной вентиляции; 8 — нижняя транспортная галерея; 9 — верхняя транспортная галерея; 10 — металлические опоры; 11 — зерно

Список использованной литературы

1. *Миронов В.Г. Курс конструкций из дерева и пластмасс в рисунках. Учебное пособие. Н.Новгород, Нижегородская государственная архитектурно-строительная академия. -89с.*
2. *Миронов В.Г. Деревянные конструкции в вопросах и ответах. Расчет элементов цельного и клееного сечений. Учебное пособие. Н.Новгород. ННГАСУ. 2017г. -95с.*
3. *Миронов В.Г. Индустриальные деревянные конструкции. Учебное пособие. Н.Новгород, ННГАСУ, 2013 г. -104 с.*
4. *Иванов В.Ф. Конструкции из дерева и пластмасс. Учебник для ВУЗов. Издательство литературы по строительству. Москва-Ленинград, 1966 г. - 352 с.*
5. *Миронов В.Г., Кравцов Е.А. Древесина - конструкционный материал. Расчет элементов цельного и клееного сечений. Вопросы и ответы. Учебное пособие. Нижегородская государственная архитектурно-строительная академия. Н.Новгород. 96 с.*
6. *Свод правил. СТП 64.13330.2011. Деревянные конструкции. Актуализированная редакция. СНИП II-25-80. М.: Минрегион России, 2011. — 85 с.*
7. *Свод правил. СТП 20.13330.2016. Нагрузки и воздействия. Актуализированная редакция. СНИП 2.01.07-85. М.: Минрегион России, 2011. — 85 с.*
8. *Свод правил. СТП 28.13330-2012. Защита строительных конструкций от коррозии. Актуализированная редакция СНИП 2.03.11-85. .: Минрегион России, 2011. — 94 с.*
9. *ГОСТ 8486-. Пиломатериалы хвойных пород.*

МИРОНОВ Валерий Геннадьевич

**КУРС КОНСТРУКЦИЙ ИЗ ДЕРЕВА И ПЛАСТМАСС В РИСУНКАХ
С КОММЕНТАРИЯМИ**

Учебное пособие

Авторская редакция

Подписано в печать _ Формат 60x90 1/8 Бумага газетная. Печать трафаретная. Уч.
изд. л. 12,2. Усл. печ. 12,8. Тираж 500 экз. Заказ № _____

Государственное образовательное учреждение высшего профессионального
образования «Нижегородский государственный архитектурно-строительный
университет»

603950, Н.Новгород, Ильинская, 65

ISBN 978-5-87941-877-4



9 785879 418774