

# 1. ОГРАЖДАЮЩИЕ КОНСТРУКЦИИ

## ПЛАН ЛЕКЦИИ:

1. Ограждающие конструкции
  - 1.1. Настилы и обрешетки
  - 1.2. Прогоны
  - 1.3. Крепление прогонов
2. Клеефанерные плиты покрытия

## ЗАДАНИЕ НА САМОСТОЯТЕЛЬНУЮ ПОДГОТОВКУ:

1. Трехслойные панели с применением пластмасс
2. Типы обшивок для облегченных ограждающих конструкций. Их преимущества и недостатки
3. Современные типы крепежных элементов. Особенности работы гвоздей и шурупов на выдергивание

## 1.1. Настилы и обрешетки

Для изготовления настилов и обрешетки допускается применять древесину хвойных пород *3 сорта*.

Сплошное основание под кровлю, устраиваемое из досок или брусков называется деревянным **настилом**.

Разреженное основание под кровлю, устраиваемое из досок или брусков с сечением не менее *50×50 мм*, называется **обрешеткой**.

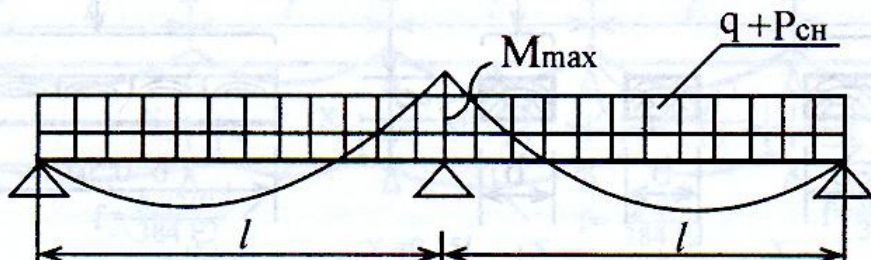
Настилы могут быть однослойными (одинарными) и двухслойными (двойными).

Однослойный настил из досок толщиной *19...32 мм*, соединяемых между собой впритык или в четверть, подшивают снизу распределительными брусками.

Двойной перекрестный настил состоит из верхнего защитного слоя и нижнего рабочего слоя. Защитный сплошной слой выполняют из досок толщиной *16...22 мм* шириной не более *100 мм*, укладываемых под углом *45°* к доскам толщиной 19...32 мм разреженного рабочего слоя. Защитный слой не подлежит расчету, а доски рабочего слоя необходимо рассчитывать.

В расчете настил и обрешетку, работающих на поперечный изгиб, моделируют двухпролетной балкой для двух сочетаний нагрузок:

1. Постоянная от собственного веса покрытия и временная от снегового покрова распределены равномерно по всей длине



Расчет на прочность и прогиб.

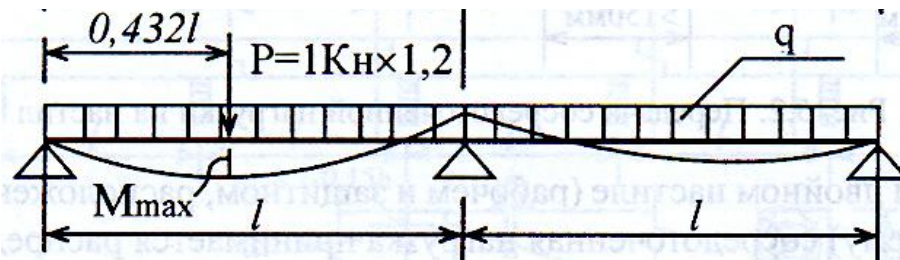
$$\frac{M}{W_{\text{расч}}} \leq R_{\text{и}}$$

$$M = \frac{(q + p_{\text{сн}}) \cdot l^2}{8}$$

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

$$f = 2,13 \cdot \frac{(q^H + p_{\text{сн}}^H) \cdot l^4}{384 \cdot E \cdot I}$$

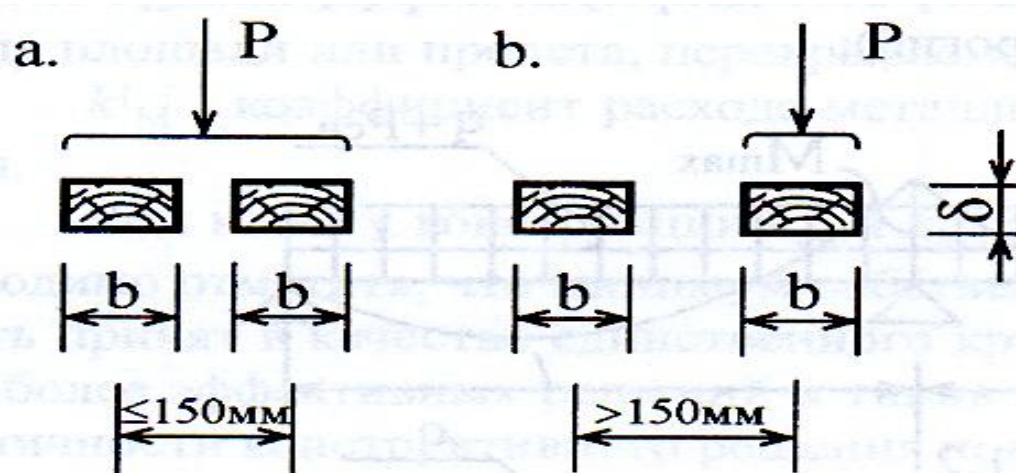
2. Постоянная от собственного веса покрытия распределена равномерно по всей длине, кратковременная сосредоточенная от веса монтажника – на расстоянии  $0,432l$  от крайней опоры



Проверка прочности.

$$\frac{M}{W_{\text{расч}}} \leq m_H R_{\text{и}}$$

$$M = 0,07 \cdot q \cdot l^2 + 0,21 \cdot P \cdot l$$

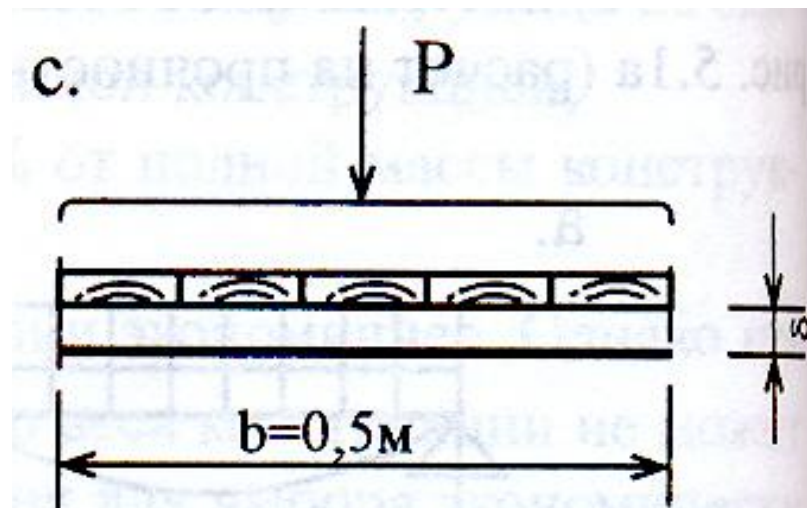


При сплошном или разреженном настиле с расстоянием между осями досок или брусков:

*Менее 150 мм* – сосредоточенная нагрузка прикладывается к **двум** брускам или доскам;

*Больше 150 мм* – к **одной** доске или бруску.

При двойном настиле (рабочем и защитном) сосредоточенная нагрузка распределяется на ширину **500 мм рабочего настила**. Рабочий настил воспринимает нормальные составляющие нагрузок.



## 1.2. Прогоны

Прогоны покрытий и стен предназначены для передачи нагрузок на несущие конструкции.

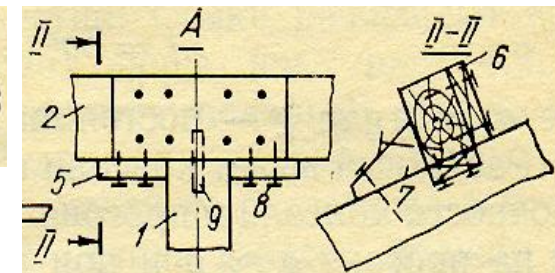
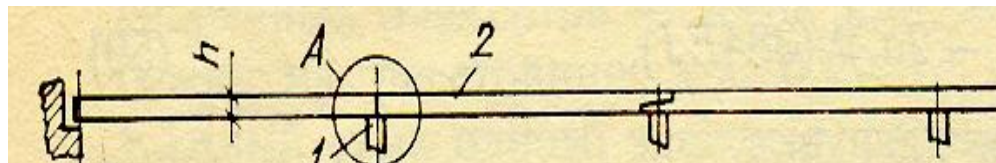
В чердачных покрытиях прогоны опирают на торцевые стены или стойки наслонной системы стропил.

В бесчердачных покрытиях прогоны опирают на несущие конструкции.

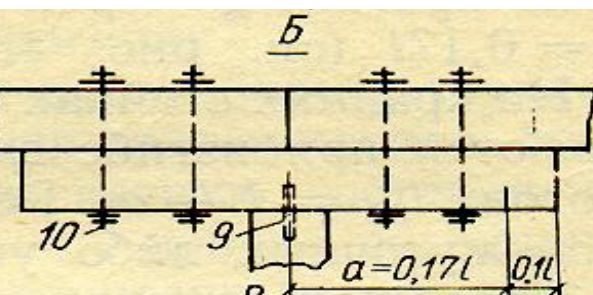
В подвесных покрытиях прогоны подвешивают к несущим конструкциям.

В покрытиях применяют прогоны:

- разрезные;

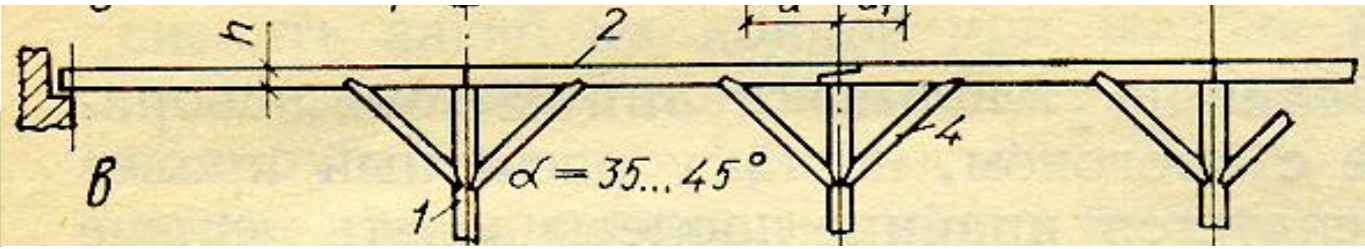


- разрезные с подбалками;

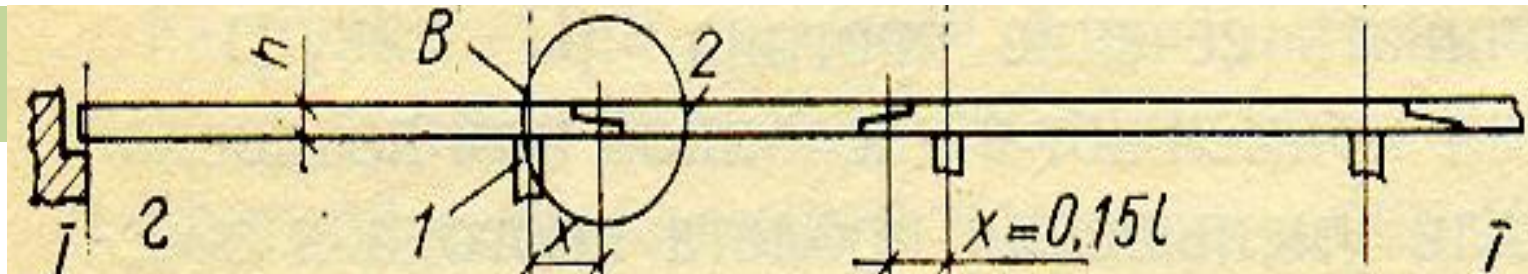


Лекция 13  
№13/6

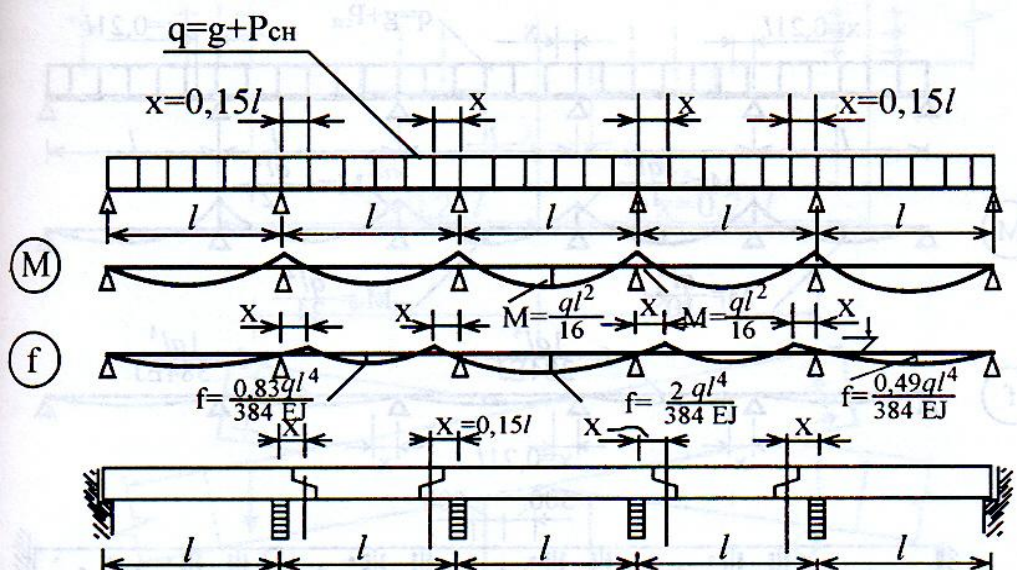
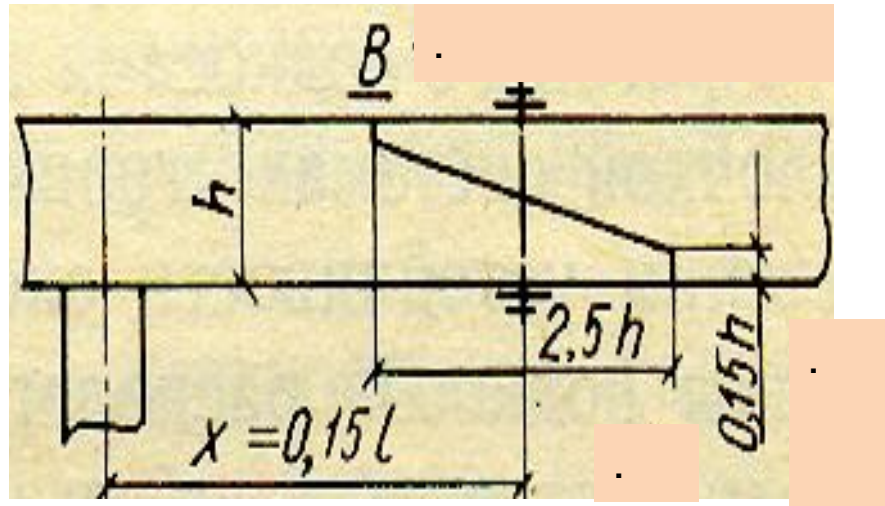
- разрезные с подкосами;



- консольно-балочные;



В консольно-балочных прогонах шарниры по два устраивают через пролет в зоне наименьших моментов на расстоянии  $x=0,15l$  от опоры.



В этом случае получается **равномomentное решение** и изгибающие моменты

$$M = \frac{q \cdot l^2}{16}$$

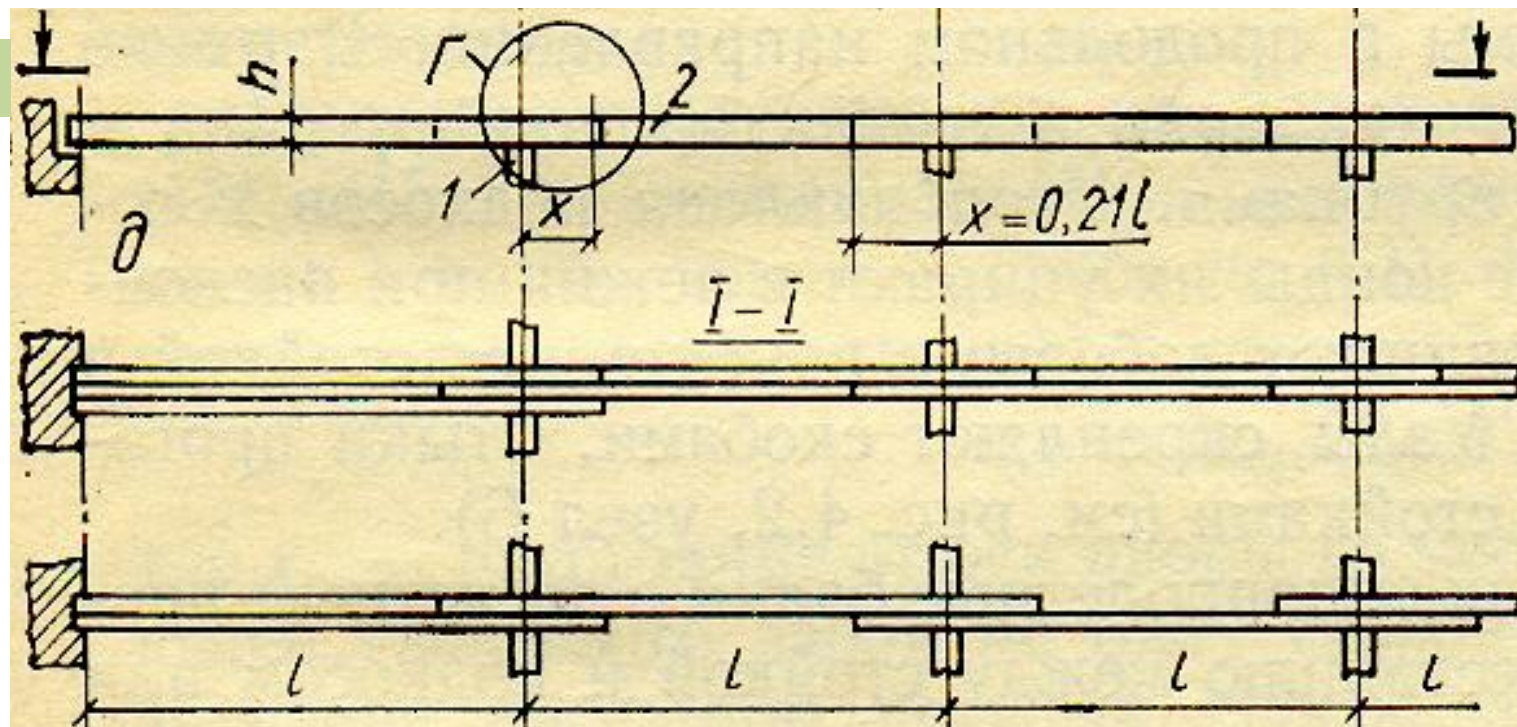
Лекция 13  
№13/7

Бревна и брусья консольно-балочных прогонов стыкуют косым прирубом с болтом посередине. Болты не затягивают.

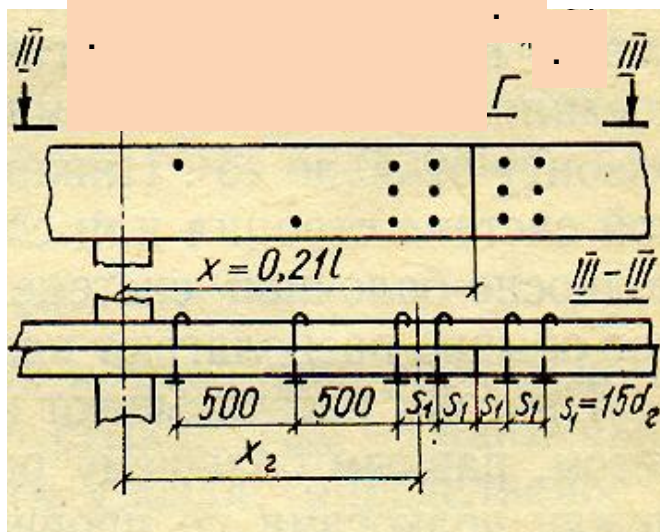
Величина пролетов как правило *не более 4,5 м* ограничена сортаментной длиной пиломатериалов *6 м*. Крайние пролеты принимают  $l_{кр} = 0,85l_{пр}$ . При равных пролетах сечение крайних прогонов необходимо увеличивать.

К недостаткам следует отнести высокую чувствительность расчетных моментов даже от небольшого изменения временной нагрузки.

- неразрезные.



Неразрезные прогоны проектируют по равнопрогибной схеме из спаренных досок. Стыки размещают вразбежку на расстоянии  $x = 0,21l$  от оси опор.

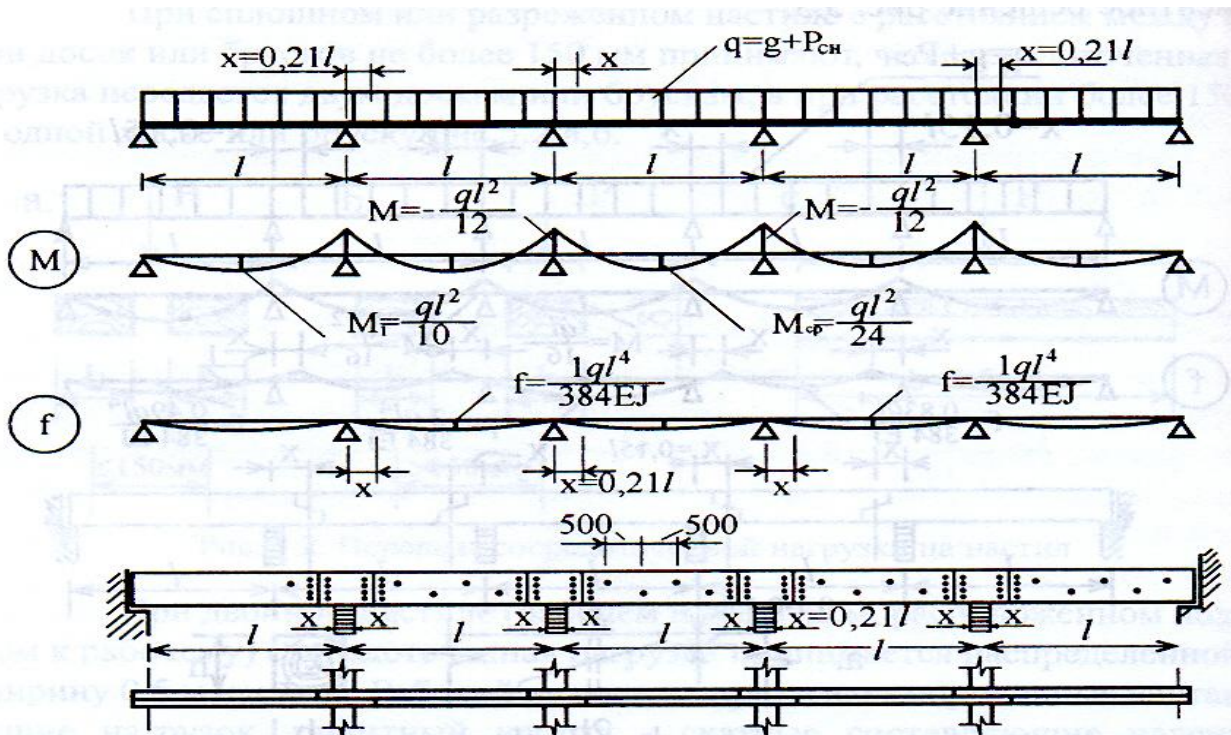


Стык досок в ряду перекрывается цельными досками смежного ряда.

Доски соединяют по длине гвоздями, расставленными в шахматном порядке с шагом **500 мм**.

В стыке гвозди ставят по расчету на восприятие поперечной силы.

Длина гвоздей должна обеспечить загиб их концов на выходе из прогона.



Неразрезные прогоны рассчитывают на прочность и жесткость.

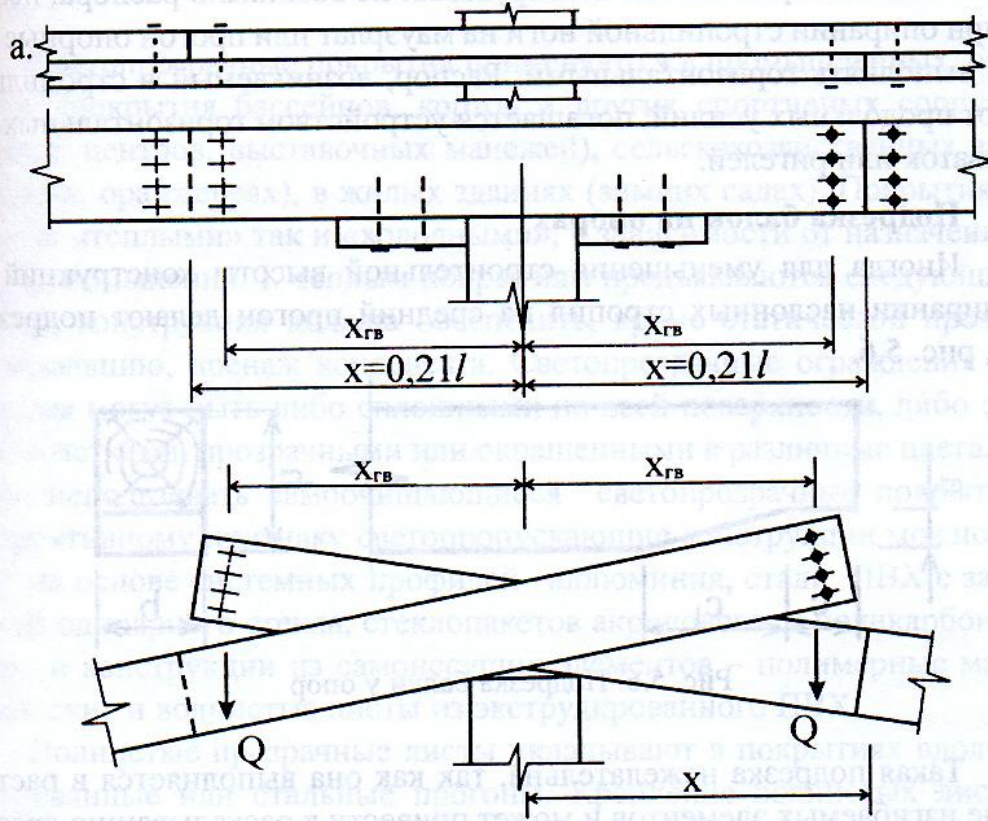
Количество односрезных гвоздей с одной стороны стыка

$$n_{зв} \geq \frac{M_{оп}}{2 \cdot x_2 \cdot T_2}$$



# Лекция 13

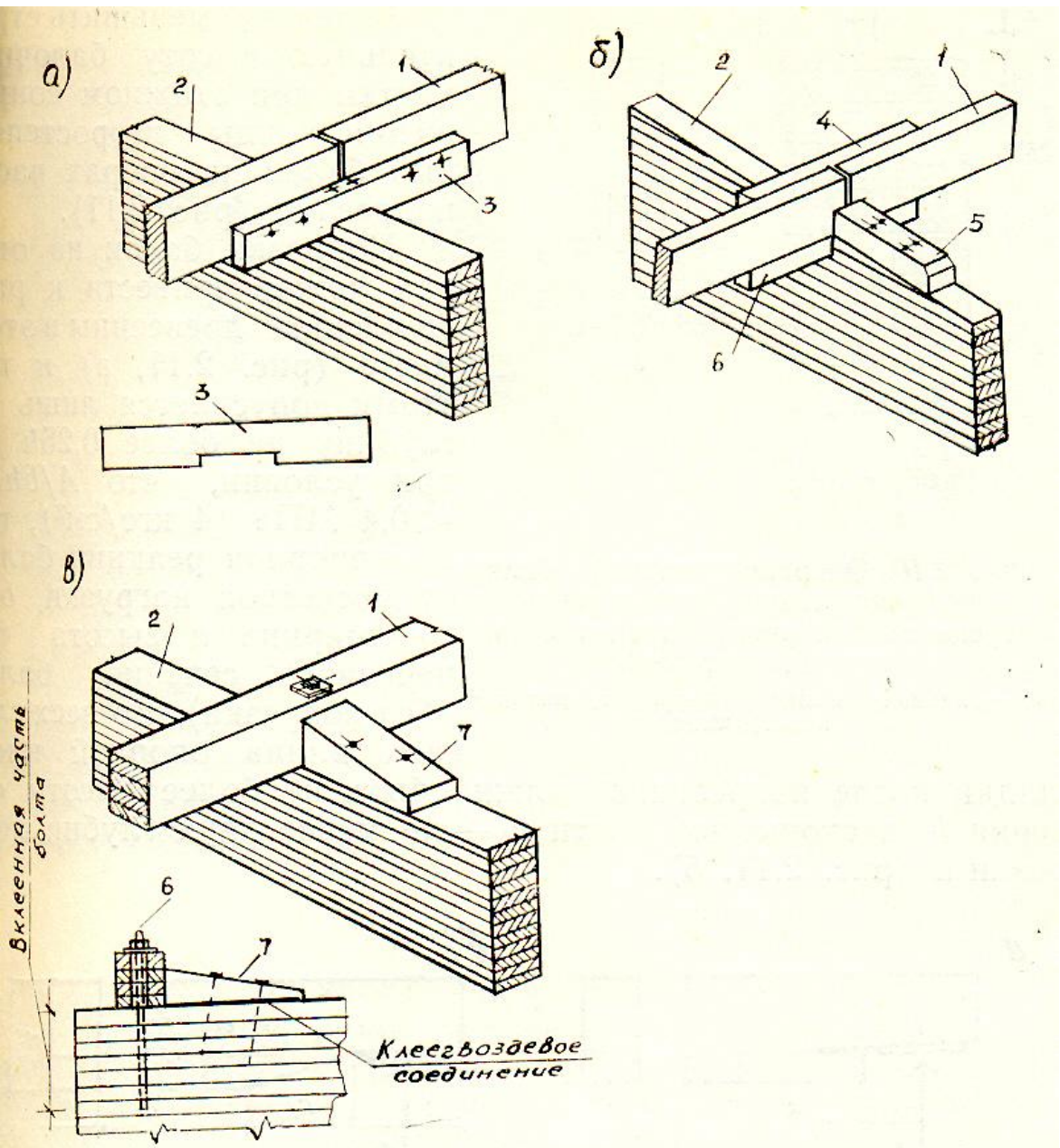
## №13/9



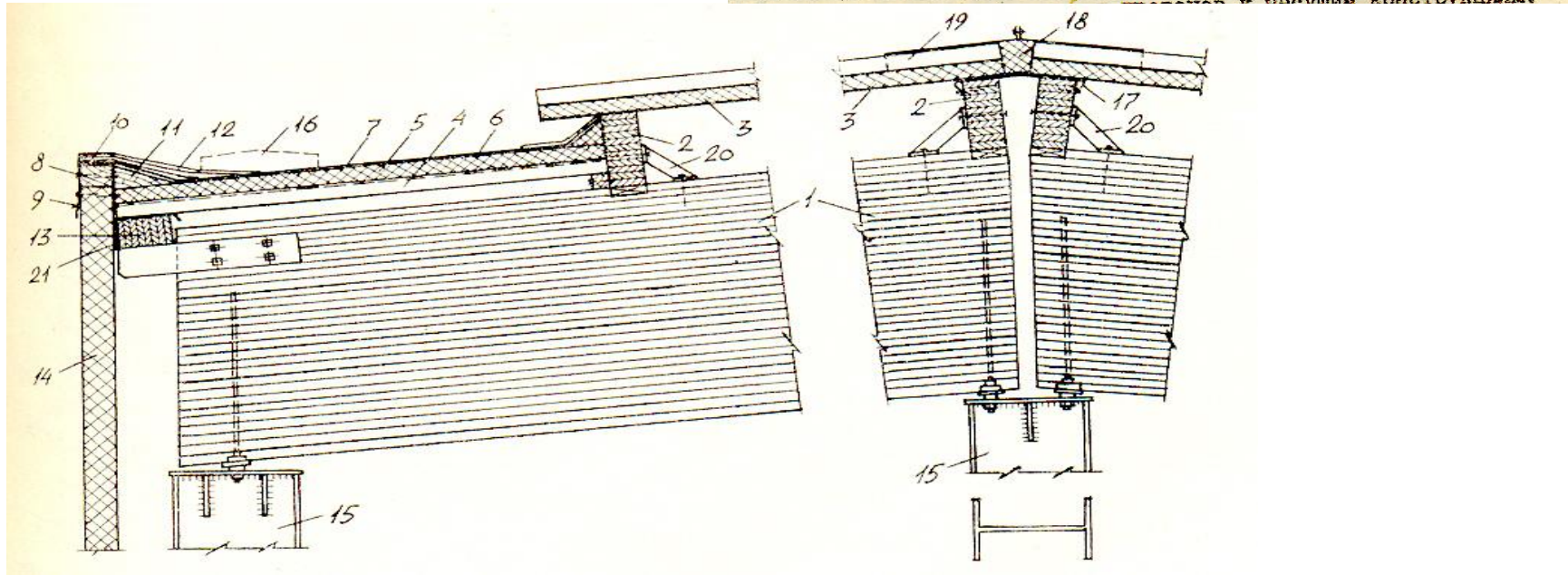
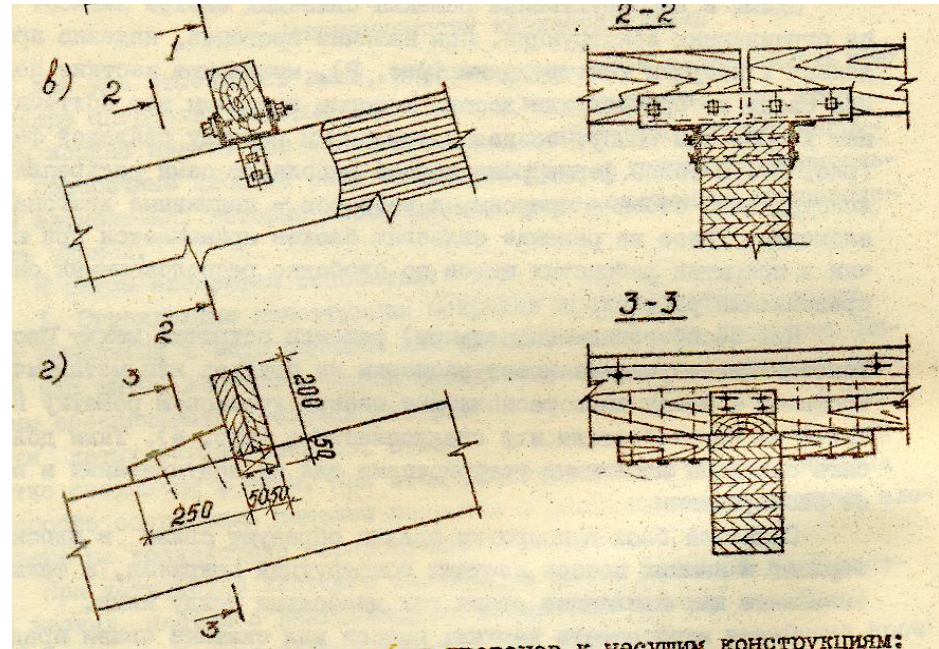
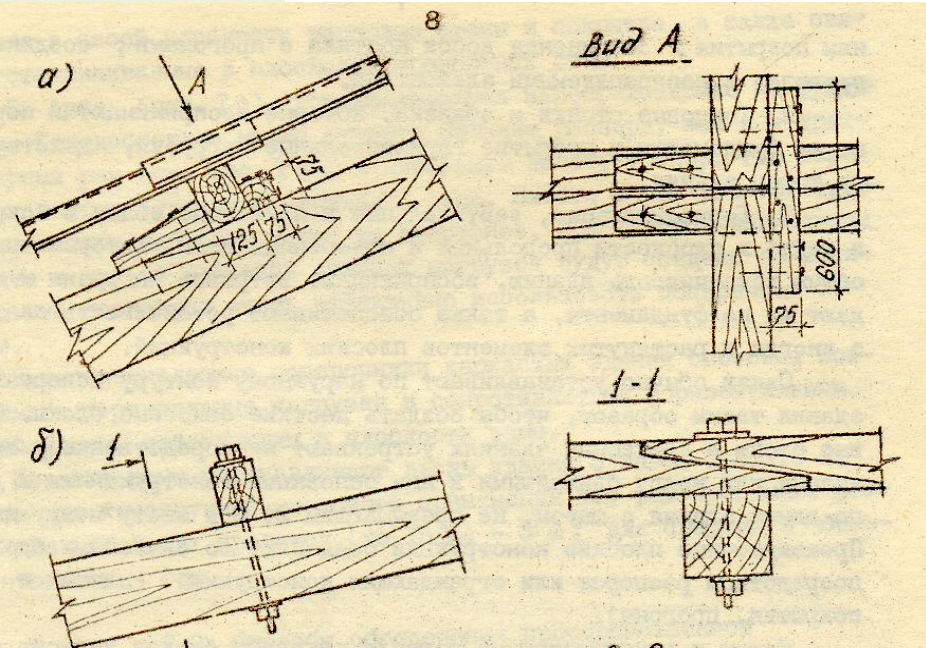
При пролетах прогонов до 4,5 м и мягкой рулонной кровле возможна схема, при которой в каждом пролете укладывают одиночный прогон с двумя консолями.

Концы прогонов соединяют гвоздями. В этом случае в зоне наибольших моментов оказывается две доски, а в пролете – одна.

# 1.3. Крепление прогонов

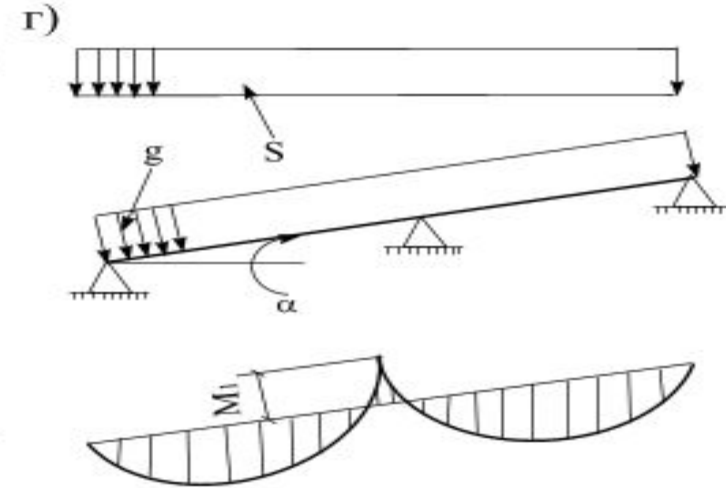
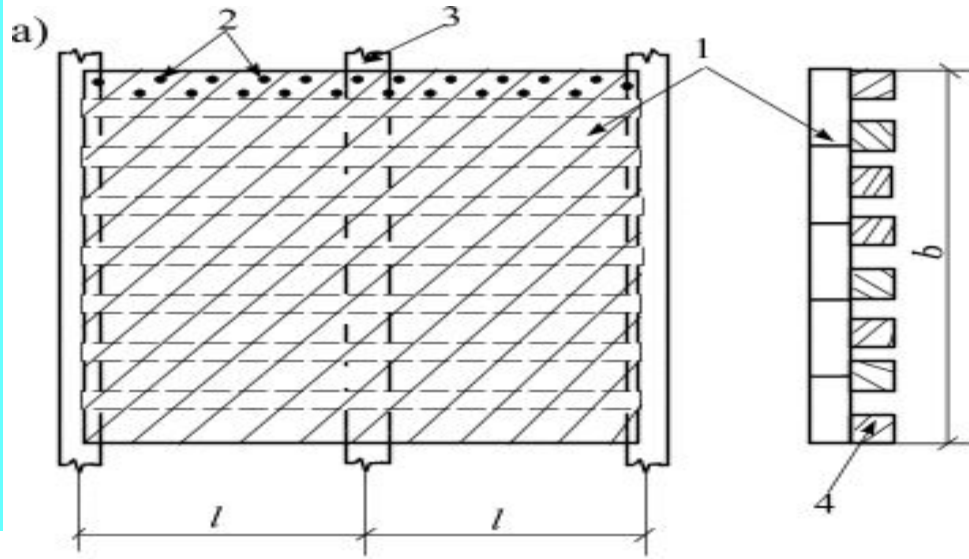


- 1 – прогон;
- 2 – несущая конструкция покрытия;
- 3, 4 – накладки;
- 5, 6, 7 - бобышки

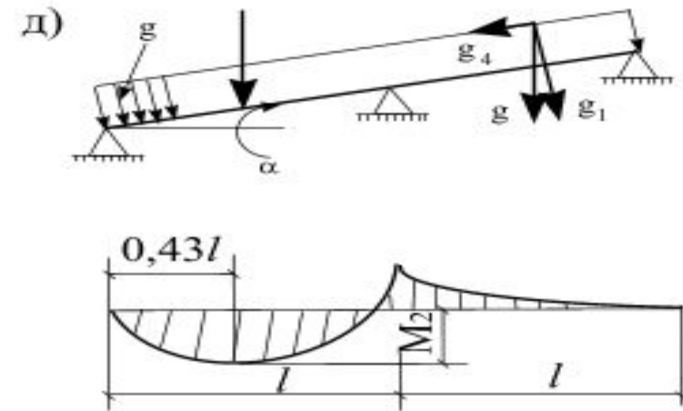
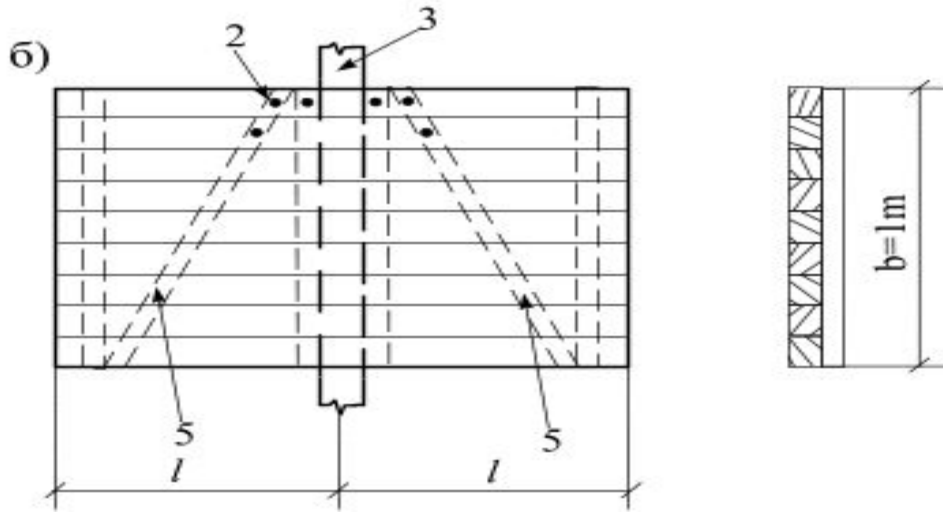


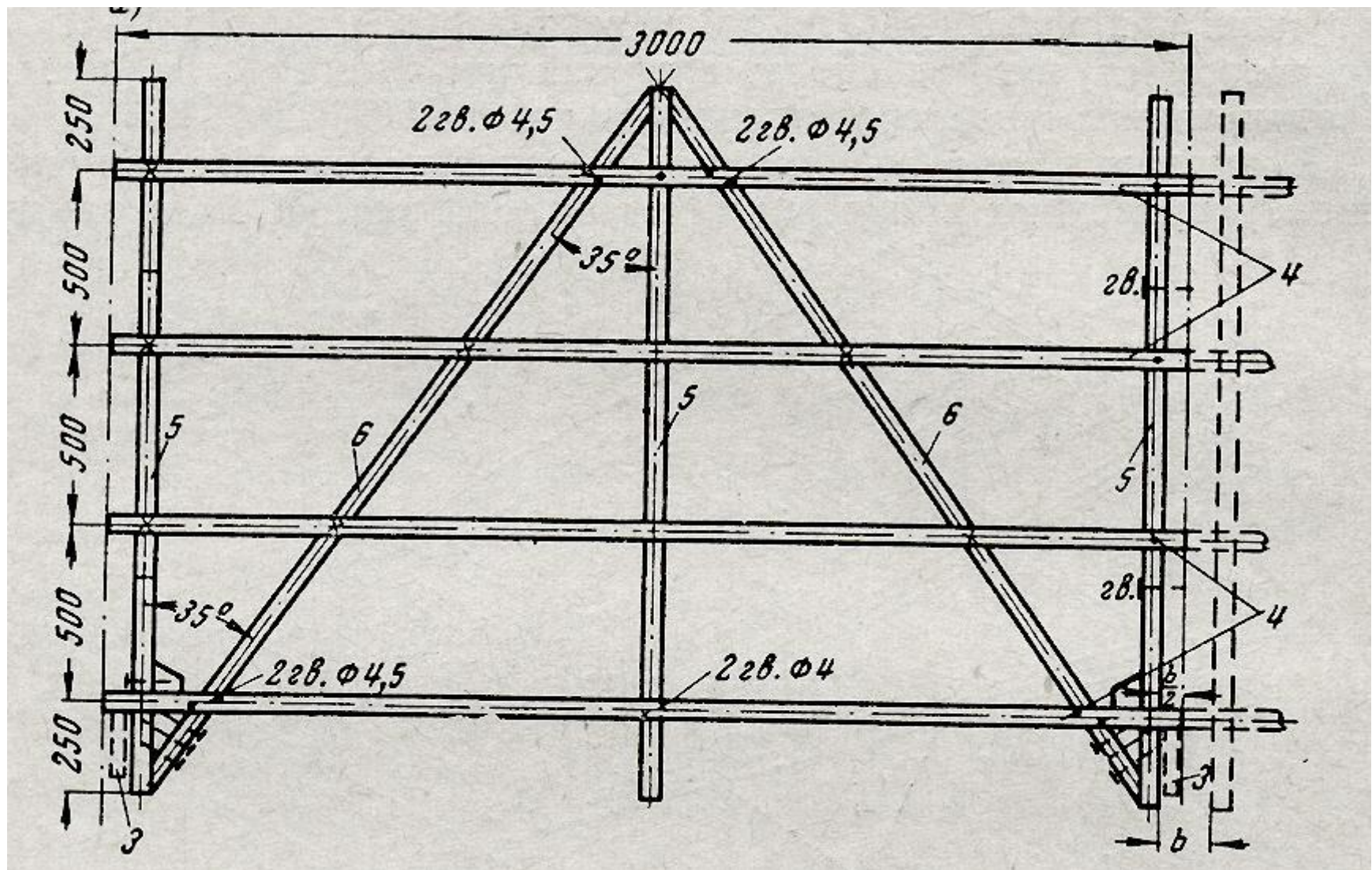
Деревянные настилы целесообразно изготавливать щитовыми. Длина щитов принимается из условия опирания на прогоны, не более  $3...4$  м, ширина — из условия простоты перевозки и монтажа в пределах  $1,5...2$  м.

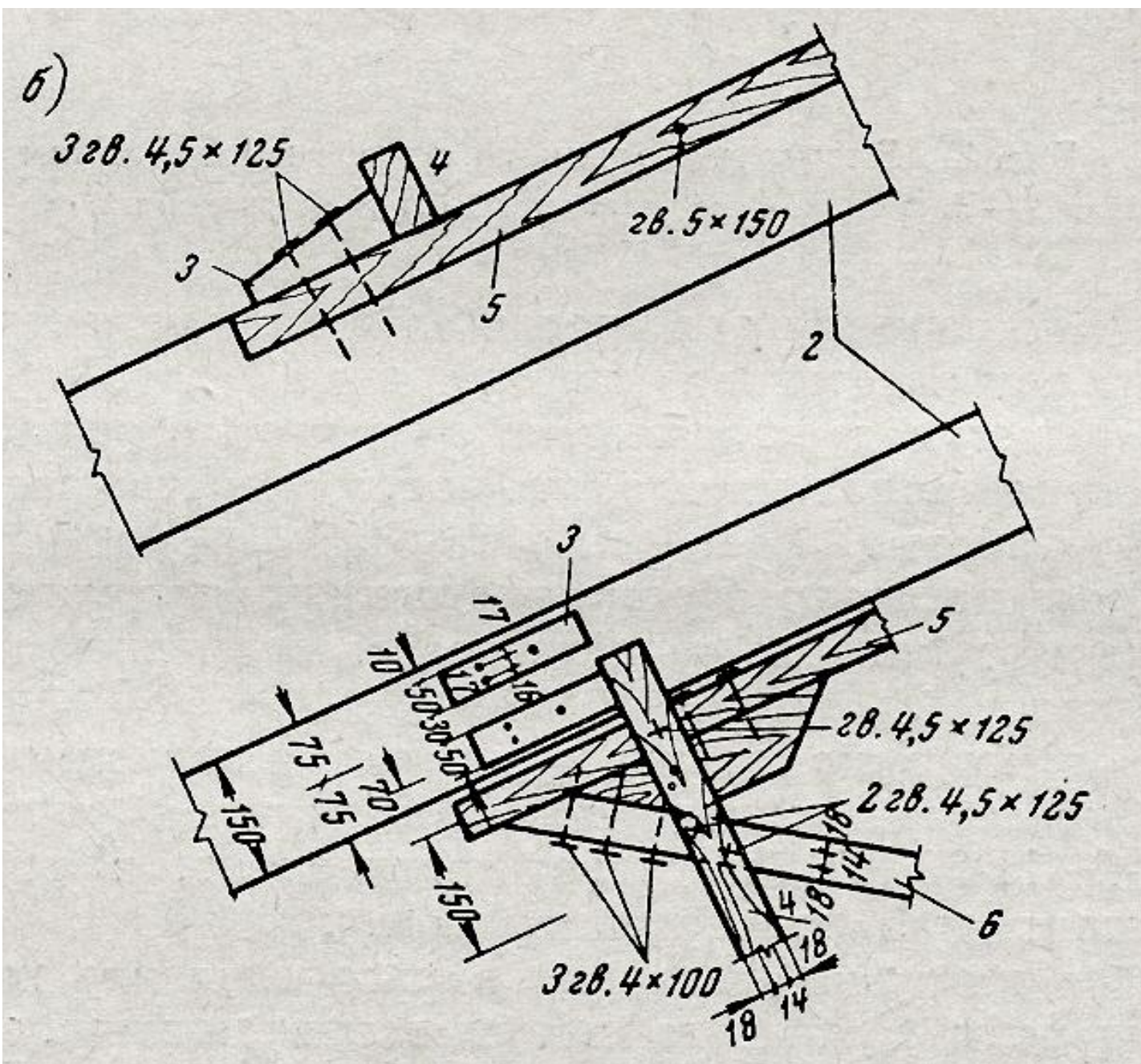
Щит двойного  
перекрестного настила



Щит однослойного  
настила





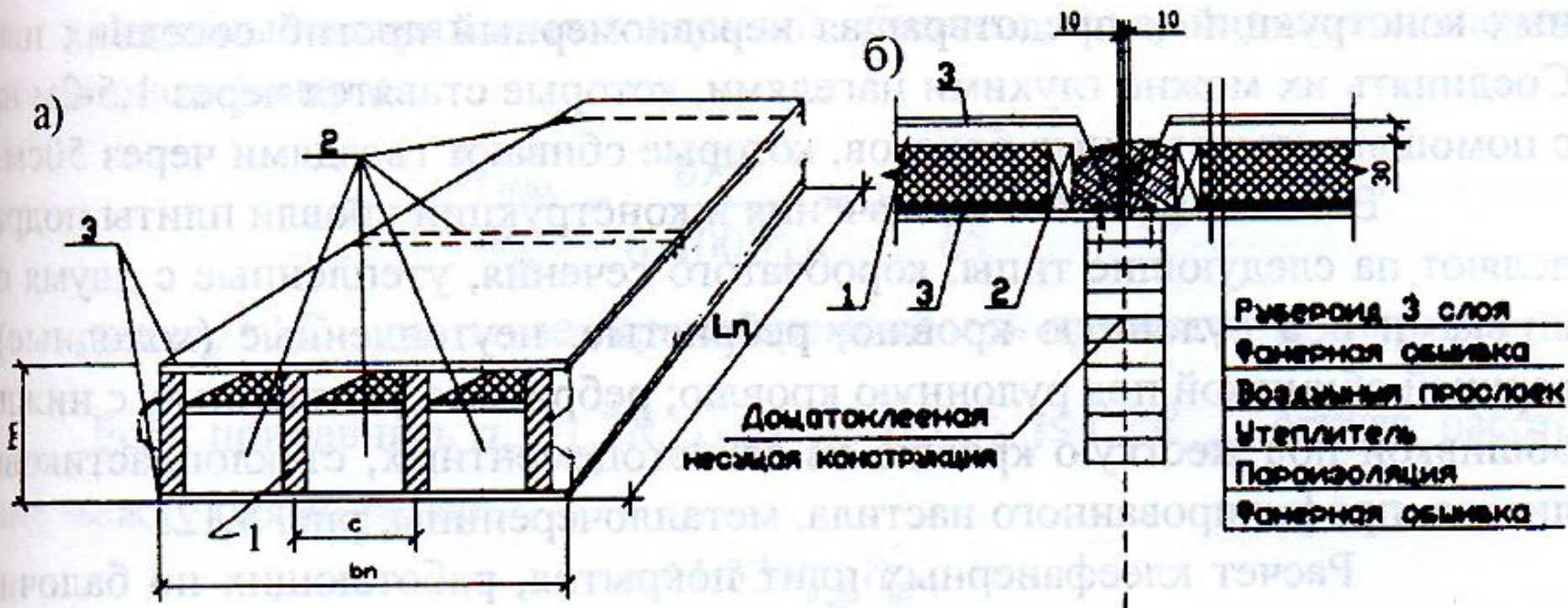


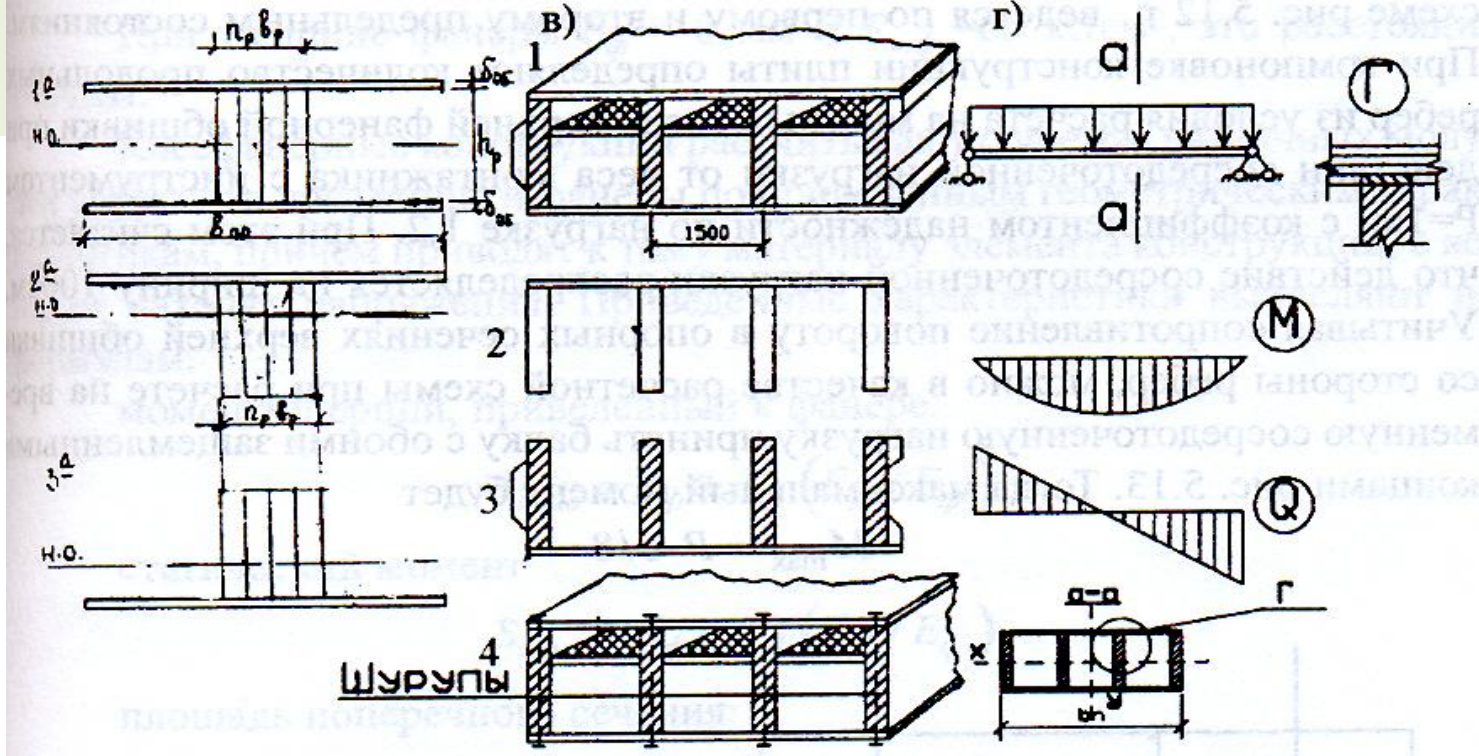
## 2. Клефанерные плиты покрытия

Плиты с фанерными обшивками используют в зданиях с наружным отводом воды с кровли, в отапливаемых зданиях при относительной влажности воздуха до  $75\%$  и в неотапливаемых при расчетной температуре наружного воздуха не ниже  $-5^{\circ}$ .

Пролет ограждающих плит  $l=3...6$  м соответствует шагу несущих конструкций

Ширина плит соответствует стандартной ширине фанерного листа и равна с учетом обрезки кромок для их выравнивания  $B=0,7; 1,2; 1,5$  м.





Высота плиты  $h = (1/15 \dots 1/40)l$ .

Для обшивок используют водостойкую фанеру марки ФСФ сорта В/ВВ из шпонов сосны, лиственницы или их комбинации с березой толщиной не менее  $8 \text{ мм}$  – верхней обшивки и  $6 \text{ мм}$  – нижней.

Волокна наружных шпонов (рубашек) должны быть направлены вдоль пролета плиты.

Продольные ребра каркаса выполняют из древесины  $2 \text{ сорта}$  из брусков толщиной  $25; 33; 36; 42$  и  $52 \text{ мм}$  высотой  $94 \dots 192 \text{ мм}$ .



Шаг продольных ребер по ширине плиты не более *500 мм*.

Поперечные ребра ставят с шагом не более *1,5 мм*, как правило, в местах стыкования листов обшивки. При пересечении с продольными ребрами они прерываются.

В качестве утеплителей применяют несгораемые и биостойкие теплоизоляционные материалы: пенопласты, пенополиуретаны, стекломаты или минераловатные жесткие и полужесткие плиты на синтетическом связующем с объемным весом  *$g=0,5; 0,75; 1,0 \text{ кН/м}^3$*

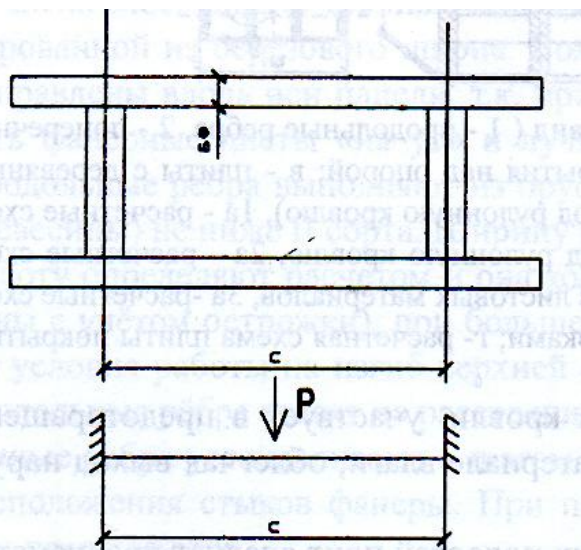
Для проветривания внутренних полостей плит следует предусматривать зазор *50 мм* между утеплителем и верхней обшивкой или пазы в поперечных ребрах. Для этой же цели в ряде случаев выполняют отверстия *Ø30 мм* в поперечных ребрах над утеплителем. Суммарная площадь сообщающихся полостей не должна превышать *54 кв.м* из соображений пожарной безопасности.

На верхнюю обшивку в заводских условиях наклеивают один слой мягкой кровли.

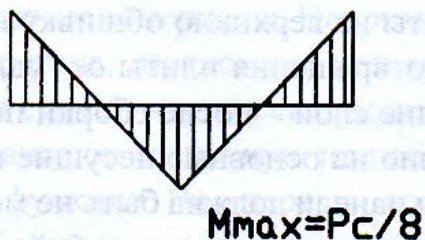
Плиты монтируют на несущие конструкции покрытия, при этом длина площадки опирания должна быть *не менее 60мм*.

Для предотвращения неравномерного прогиба плит их соединяют между собой в продольном направлении глухими нагелями, которые ставят с шагом  $1,5...2 м$ , или с помощью стыковочных брусков.

Обшивки в плитах работают **на местный изгиб** от постоянной и временной нагрузок, а также веса монтажника, и **на общий изгиб** за счет вовлечения в совместную работу с продольными ребрами.



В расчетах на **местный изгиб** обшивку моделируют двухпролетной балкой, имеющей прямоугольное поперечное сечение шириной  $b=1000$  мм и высотой, равной толщине обшивки  $h=\delta$ . Балка работает в коротком направлении – в наименьшем из расстояний между продольными ребрами (тогда  $E_{\phi 90}$ ) или поперечными ребрами (тогда  $E_{\phi}$ ).



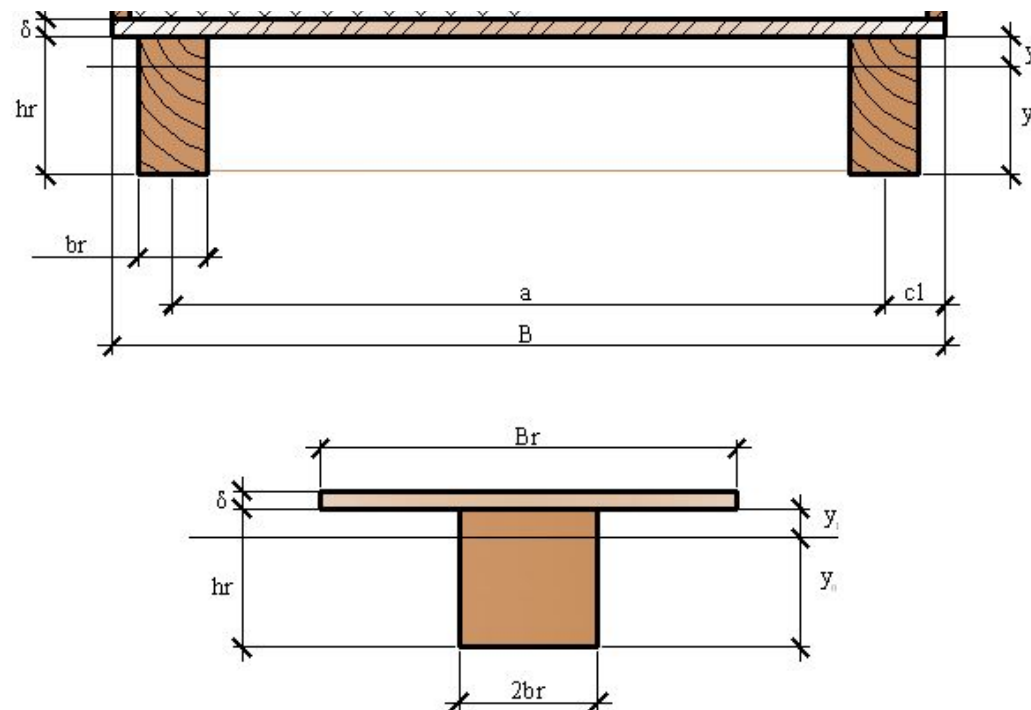
Изгибные напряжения в верхней обшивке поперек волокон рубашек фанеры

$$\sigma_u = \frac{M_{\max}}{W_{\phi}} = \frac{6 \cdot P \cdot c}{8 \cdot 100 \cdot \delta_{\phi}^2} = 0,9 \cdot \frac{c}{\delta_{\phi}^2} \leq m_n \cdot R_{u.\phi}$$

$$c \leq 1,33 \cdot R_{u.\phi} \cdot \delta_{\phi}^2$$

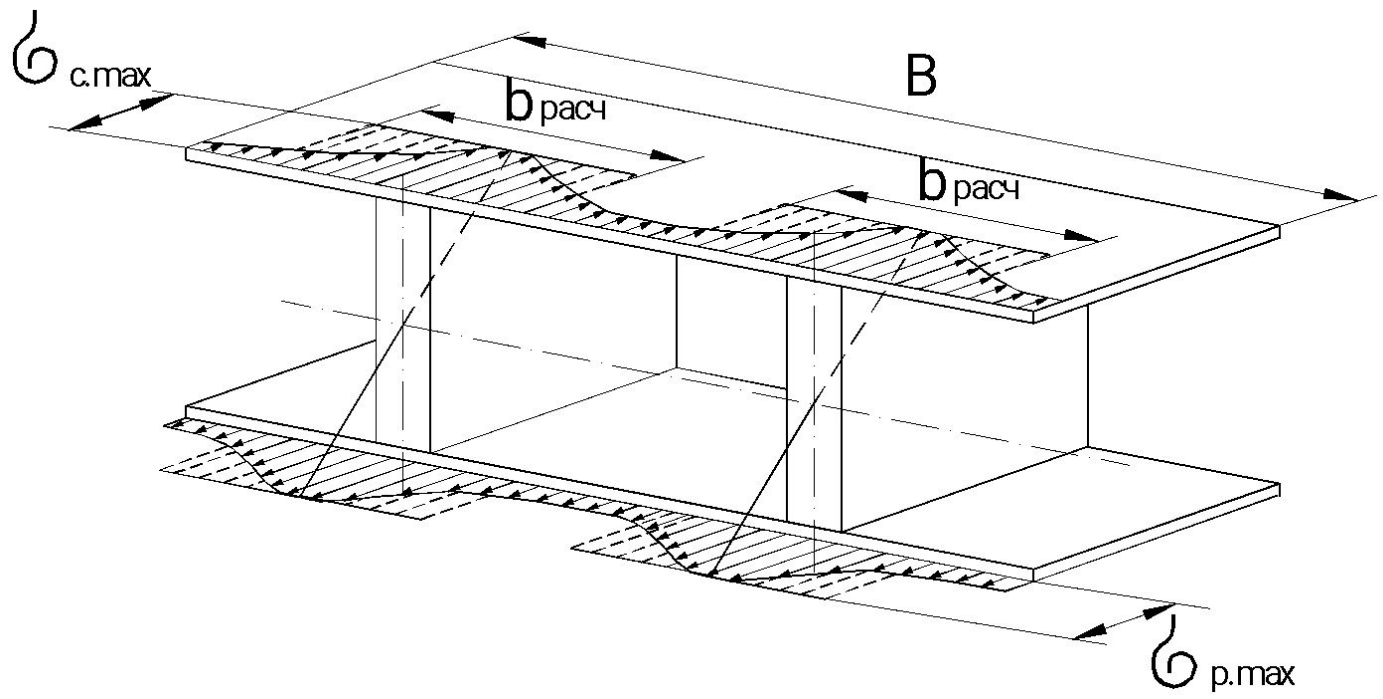
При толщине фанеры  $\delta_{\phi} = 8 \text{ мм}$  и  $R_{u.\phi 90} = 6,5 \text{ МПа}$  расстояние между продольными ребрами  $c \leq 55 \text{ см}$ .

**В расчетах на общий изгиб** плиту моделируют однопролетной балкой, имеющей двутавровое или тавровое поперечное сечение в зависимости от наличия обшивок.



Расчет выполняют с учетом приведенных статических геометрических характеристик элементов поперечного сечения. Приведение осуществляют к материалу того элемента, в котором проверяют напряжение, с помощью коэффициента приведения  $E_{\delta} / E_{\phi}$  или  $E_{\phi} / E_{\delta}$ .

Нормальные напряжения в обшивках в поперечном сечении плиты, где возникает максимальный изгибающий момент, имеют максимум над ребрами и минимум в поле между ними.



В нормативной методике действительную ширину обшивки заменяют уменьшенной с таким расчетом, чтобы при использовании элементарных теорий изгиба и сжатия значения наибольших напряжений для преобразованного и действительного сечений оказывались равными.

Суммарное усилие в действительной обшивке равно суммарному усилию в уменьшенной (редуцированной).

Ширина полок устанавливается при помощи редуцирующего коэффициента, характеризующего степень неравномерности распределения нормальных напряжений по ширине обшивок реальных плит:

$$K = \frac{\sigma_{cp.y}}{\sigma_{max.y}} = \frac{\int_0^B \sigma_y dx}{B \cdot \sigma_{max.y}}$$

где  $\sigma_{cp.y}$  и  $\sigma_{max.y}$  - среднее и максимальное значения нормальных напряжений, действующих вдоль пролета плиты, в обшивке в исследуемом поперечном сечении;  $\sigma_y$  - нормальное напряжение в точке поперечного сечения обшивки;  $B$  - ширина обшивки.

$K = 0,9$  при  $l \geq 6a$  и

$K = 0,15l/a$  при  $l < 6a$

$l$  - пролет плиты,  $a$  - расстояние между продольными ребрами по осям).

Приведенный момент сопротивления поперечного сечения клееных элементов из фанеры с древесиной следует определять по формуле

$$W_{пр} = \frac{I_{пр}}{y_0}$$

где  $y_0$  - расстояние от центра тяжести приведенного сечения до нижней грани обшивки;

$I_{пр}$  - момент инерции сечения, приведенного к фанере

$$I_{\text{пр}} = I_{\phi} + I \frac{E}{E_{\phi}}$$

где  $I_{\phi}$  - момент инерции поперечного сечения фанерных обшивок;

$I$  - момент инерции поперечного сечения деревянных ребер каркаса;

$E/E_{\phi}$  - отношение модулей упругости древесины и фанеры.

Устойчивость сжатой обшивки плит и панелей следует проверять по формуле

$$\frac{M}{\varphi_{\phi} W_{\text{пр}}} \leq R_{\phi.c}$$

где

$$\varphi_{\phi} = \frac{1250}{(a/\delta)^2} \quad \text{при} \quad \frac{a}{\delta} \geq 50$$

$$\varphi_{\phi} = 1 - \frac{(a/\delta)^2}{5000} \quad \text{при} \quad \frac{a}{\delta} \leq 50$$

Проверку на скалывание ребер каркаса плит и панелей или обшивки по шву в месте примыкания ее к ребрам следует производить по формуле

$$\frac{QS_{\text{пр}}}{I_{\text{пр}} b_{\text{рас}}} \leq R_{\text{ск}}$$

где  $Q$  - расчетная поперечная сила;  
 $S_{\text{пр}}$  - статический момент сдвигаемой части приведенного сечения относительно нейтральной оси;

$R_{\text{ск}}$  - расчетное сопротивление скалыванию древесины вдоль волокон или фанеры вдоль волокон наружных слоев;

$b$  - расчетная ширина сечения, которую следует принимать равной суммарной ширине ребер каркаса.

Прочность растянутой фанерной обшивки плит и панелей следует проверять по формуле

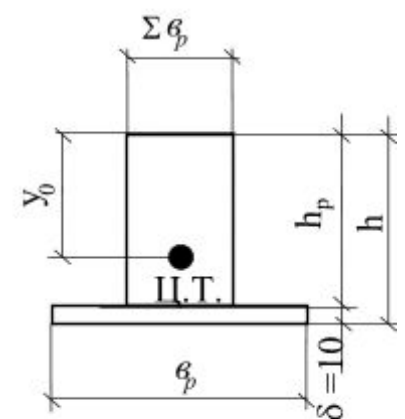
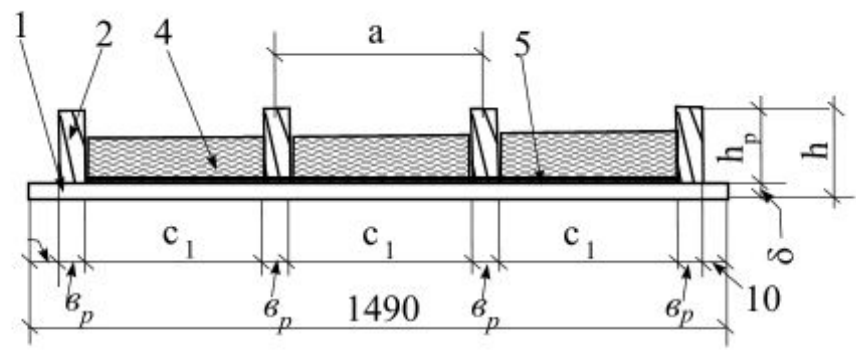
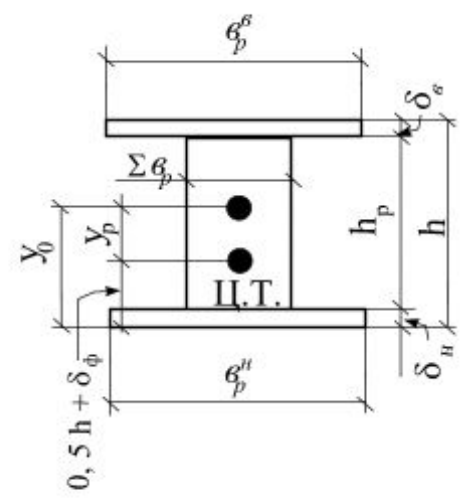
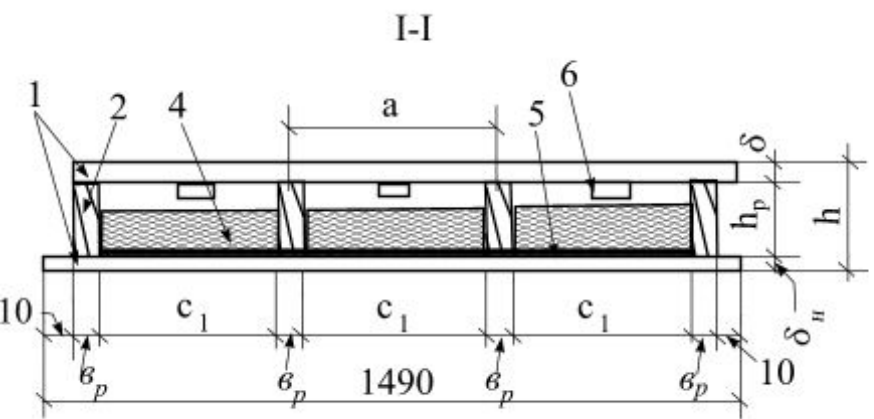
$$\frac{M}{W_{\text{пр}}} \leq m_{\text{ф}} R_{\text{ф.р}}$$

где  $M$  - расчетный изгибающий момент;  $R_{\text{ф.р}}$  - расчетное сопротивление фанеры растяжению;  $m_{\text{ф}}$  - коэффициент, учитывающий снижение расчетного сопротивления в стыках фанерной обшивки, принимаемый равным при усовом соединении или с двусторонними накладками:  $m_{\text{ф}} = 0,6$  для фанеры обычной и

$m_{\text{ф}} = 0,8$  для фанеры бакелизированной; при отсутствии стыков  $m_{\text{ф}} = 1$ ;

$W_{\text{пр}}$  - момент сопротивления поперечного сечения, приведенного к фанере

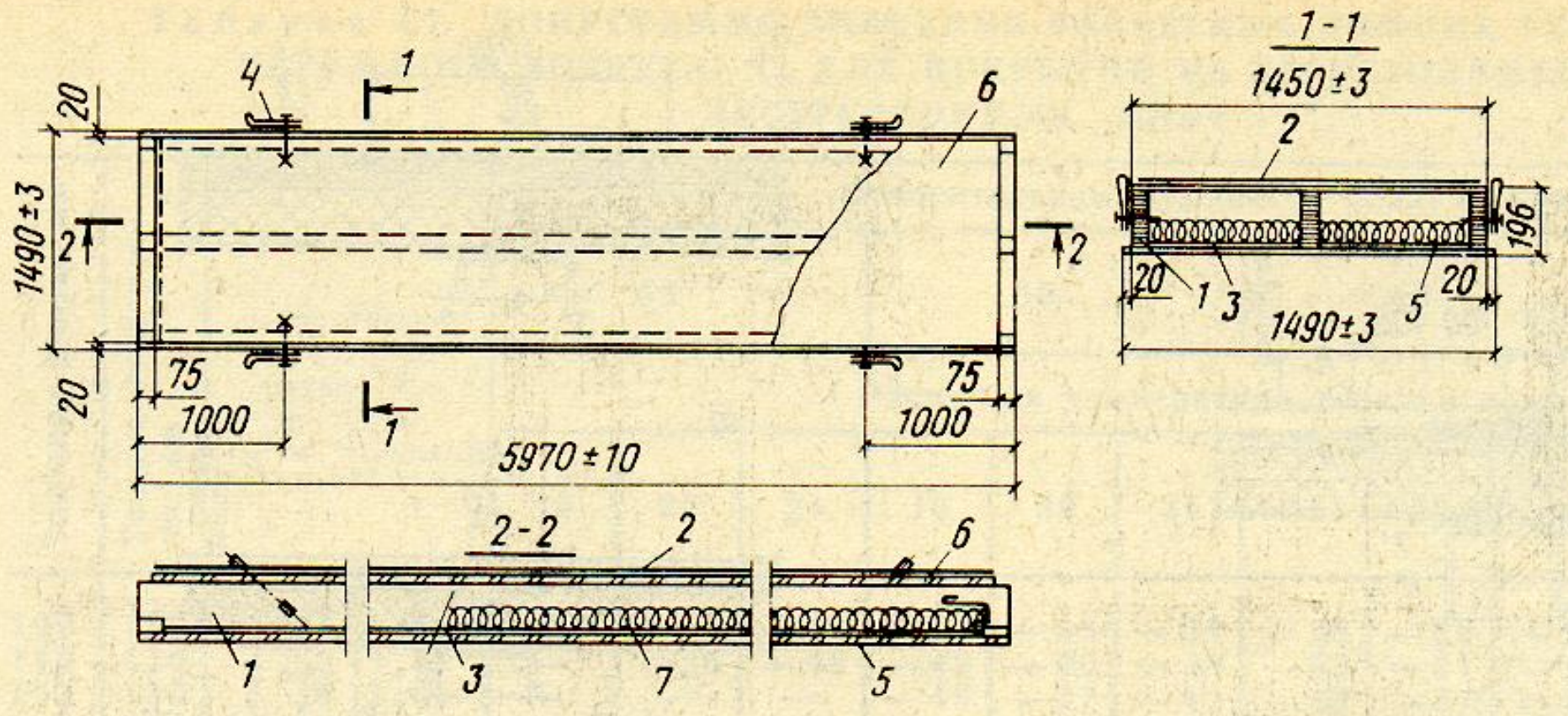
$$\frac{f}{l} = \frac{5q^H \cdot l^4}{384 \cdot 0,7E \cdot I_{np}} \leq \left[ \frac{f}{l} \right]$$

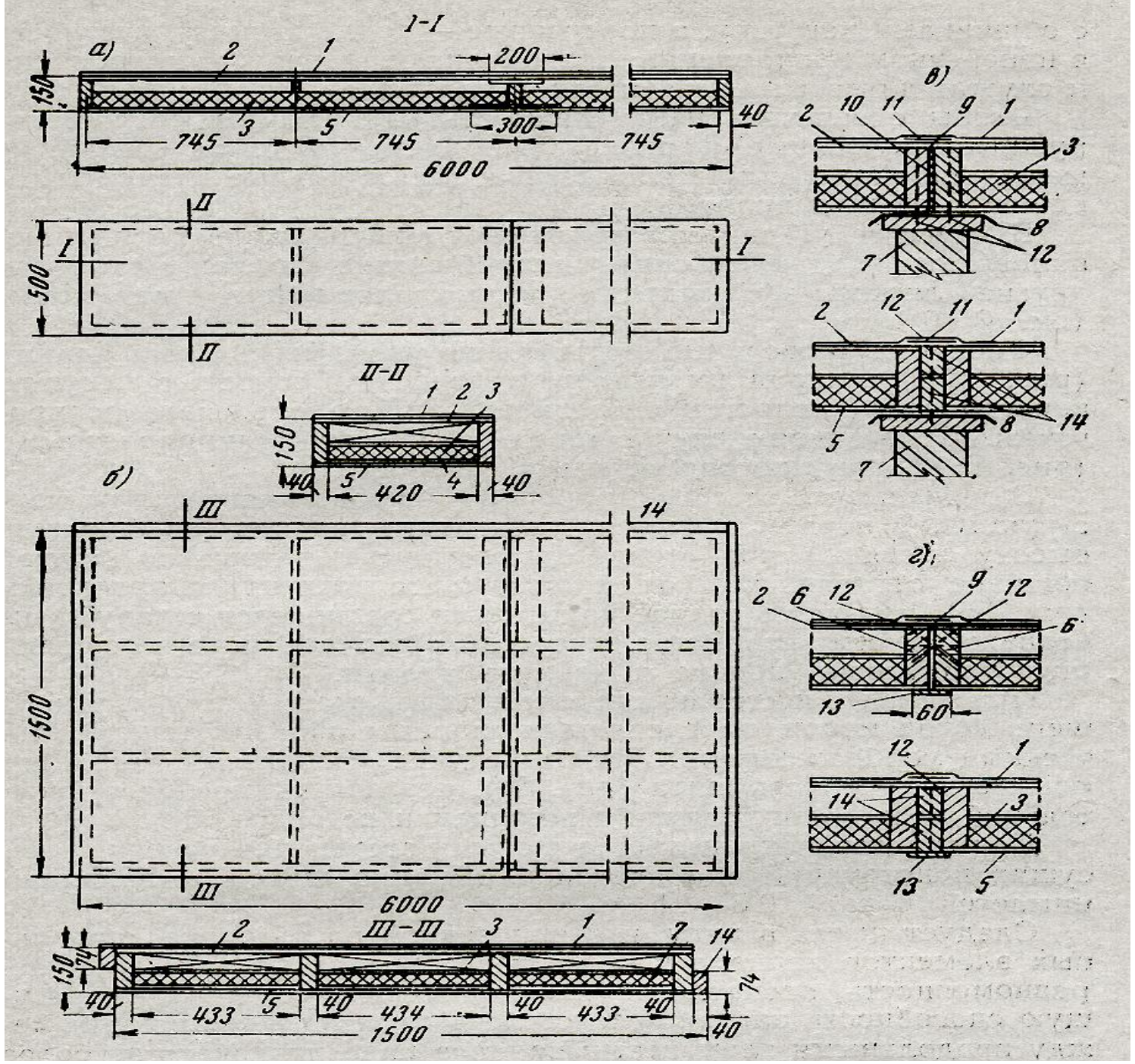


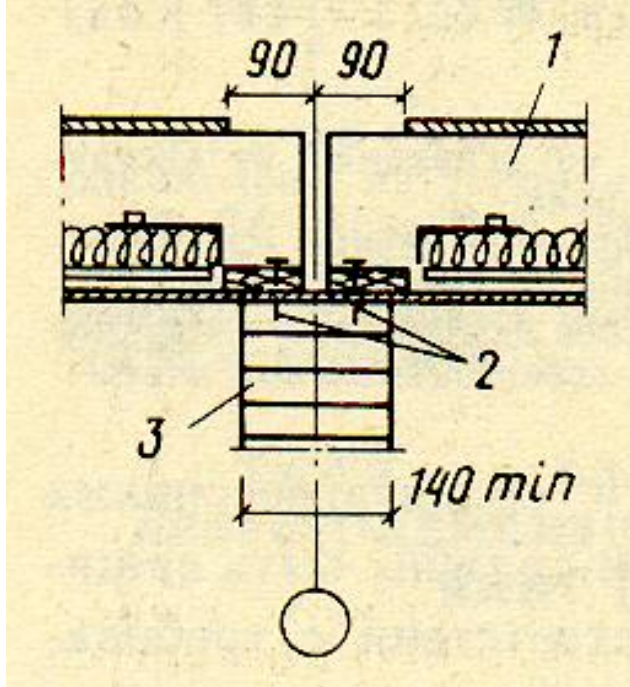
К выбору расчетной модели плиты



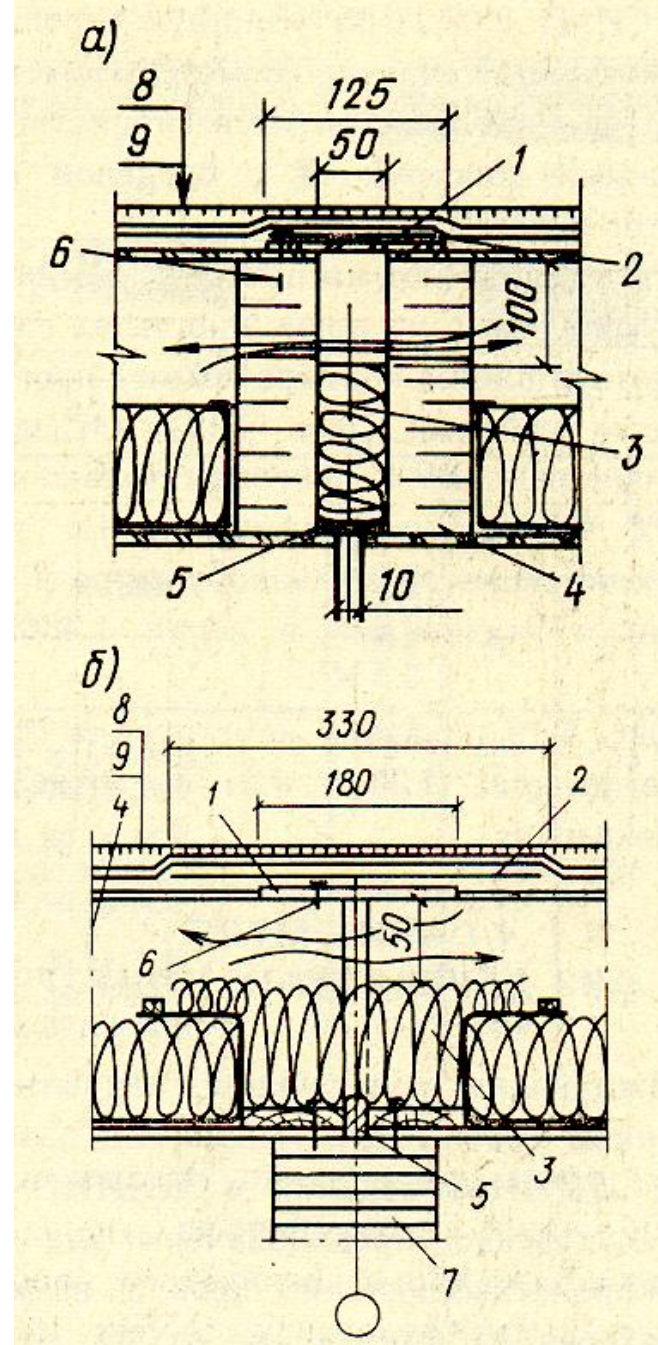
Конструктивное решение плиты ЦНИИСК







Узлы сопряжения плит между собой и с несущей конструкцией покрытия.





Обшивки из асбестоцементных плоских листов или ЦСП крепят к деревянному каркасу шурупами (саморезами). Отверстия под шурупы в листах должны быть диаметром большим, чем диаметр шурупа. Совместность работы листов и ребер не учитывают в запас несущей способности.