

КУРС ЛЕКЦИЙ-ПРЕЗЕНТАЦИЙ

по дисциплине

**«Проектирование  
сварных конструкций»**

лекция №24

ПРЕПОДАВАТЕЛЬ:

к.т.н., ст. преп. кафедры «ОиТСП»

БЕНДИК Татьяна Ивановна

# СОДЕРЖАНИЕ ЛЕКЦИИ

## Тема 17. Сопряжение элементов конструкций.

- Расчет сопряжений элементов конструкций.
- Сопряжение балок и стоек.
- Правила техники безопасности при монтаже балок и стоек.  
Правила техники безопасности при монтаже ферм.
- Правила техники безопасности при монтаже оболочковых конструкций.

# ОПОРНЫЕ ЧАСТИ БАЛОК

В свободно опертых балках, особенно большого пролета, должна быть обеспечена возможность продольного перемещения конструкции относительно опор, вызванного изменением температуры, для чего один конец балки соединяют с опорой неподвижно, а другой — подвижно. В соответствии с этим опорные части балки подразделяют на неподвижные и подвижные.

Опорные части, воспринимающие небольшие реакции, можно выполнять из чугуна; при больших давлениях их делают из литой или толстолистовой стали. При толщине опорной плиты более 100 мм применяют вместо сплошных сварные конструкции.

В тангенциальных опорах (рис. 2.25) поверхность выпуклая, благодаря чему обеспечивается равномерное давление на опору, так как балка при ее прогибе опирается на верхнюю образующую. Закрепление конца балки осуществляют штырями или болтами.

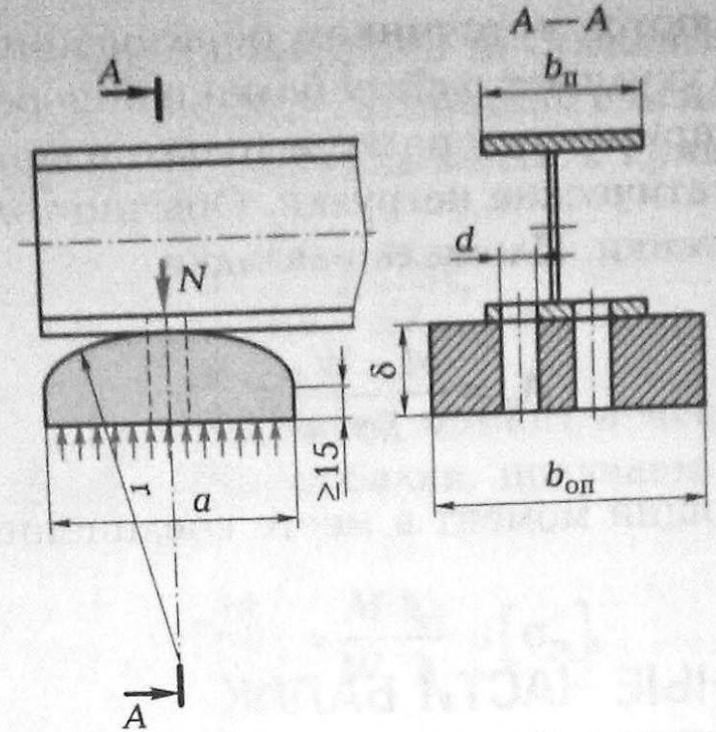
Для того чтобы второй конец балки мог перемещаться, соответствующие отверстия в поясе делают овальными длиной

$$c = \frac{\sigma_{\text{ср}}}{E} L + \alpha \Delta T L + c',$$

где  $\sigma_{\text{ср}}$  — усредненное напряжение в поясе балки на участке между

опорами,  $\sigma_{\text{ср}} = \frac{M_{\text{ср}}}{J_x} \frac{h}{2}$ ;  $M_{\text{ср}}$  — усредненное значение момента;

$L$  — длина балки между опорами;  $\alpha$  — коэффициент линейного расширения материала балки;  $\Delta T$  — максимальное изменение температуры эксплуатации;  $c'$  — добавка к длине овального отверстия,  $c' = 1$  см (или же закрепления вовсе не делают).



Необходимую толщину опорной плиты  $\delta$  определяют по формуле

$$W = \frac{b_{\text{оп}}}{6} \delta^2 = \frac{M_{\text{пл}}}{r},$$

где  $b_{\text{оп}}$  — ширина опорной плиты;  $r$  — радиус опорной плиты;  $M_{\text{пл}}$  — максимальный расчетный изгибающий момент в среднем сечении плиты:

$$M_{\text{пл}} = \frac{Na}{8},$$

где  $N$  — наибольшее возможное (расчетное) усилие балки на опору;  $a$  — длина опорной плиты.

Радиус тангенциальной опорной плиты  $r$  определяют из условия местного смятия при свободном касании плоской и цилиндрической поверхностей.

Основные размеры тангенциальной опоры:  $r = 1 \dots 2$  м;  $b_{\text{оп}} = (1,1 \dots 1,2)b_{\text{п}}$ ;  $a = (1,0 \dots 1,5)b_{\text{оп}}$  или  $a = 30 + 0,007L$ .

Высота тангенциальной опоры

$$\delta = \sqrt{\frac{6M}{[\sigma](b_{\text{оп}} - 2d)}}$$

где  $d$  — диаметр отверстия под фундаментные болты.

# БАЗЫ И ОГОЛОВКИ КОЛОНН

Для передачи нагрузки от стержня колонны на фундамент служит база (рис. 3.10), основными элементами которой являются траверса 1, опорная плита 2 и анкерные болты 3. Траверса воспринимает нагрузку от стержня колонны и передает ее на опорную плиту, которая в свою очередь передает нагрузку на фундамент. Анкерные болты фиксируют правильность положения колонны относительно фундамента.

В центрально-сжатых колоннах анкерные болты, по существу, не воспринимают усилий, поэтому их диаметр назначают конструктивно в пределах 20...36 мм.

Расчет базы колонны ведут в следующем порядке.

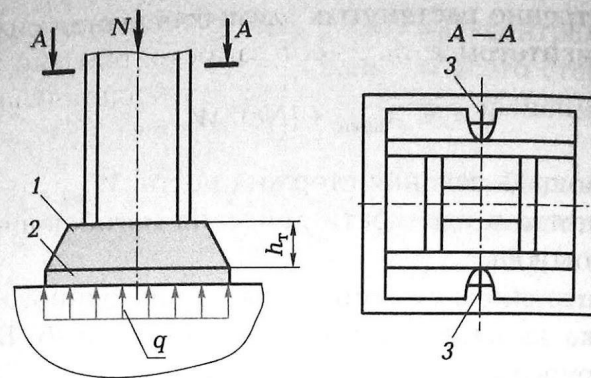
1. Находят требуемую площадь опорной плиты

$$A_{\text{пл}}^{\text{тр}} \geq N / R_{\text{см}}^{\text{н}}$$

где  $N$  — расчетное усилие в колонне;  $R_{\text{см}}^{\text{н}}$  — расчетное сопротивление смятию материала фундамента (величина табулированная).

2. Согласно требуемой площади назначают ширину и длину плиты в зависимости от размещения ветвей траверсы, ребер жесткости, укрепляющих плиту, и анкерных болтов.

3. Из условия прочности на изгиб определяют толщину опорной плиты, которую рассматривают как пластинку, опертую на



База колонны:

1 — траверса; 2 — опорная плита; 3 — анкерные болты;  $N$  — расчетное усилие в колонне;  $h_r$  — высота траверсы;  $q$  — реакция фундамента колонны

торец стержня колонны, траверсу, диафрагмы, ребра жесткости и нагруженную распределенной реакцией фундамента колонны  $q$ .

Обычно толщину плиты  $\delta_{пл}$  назначают в пределах 16...40 мм.

4. Находят требуемую длину сварных швов, прикрепляющих ветви траверсы к стержню колонны:

$$\sum I_{ш}^{тр} \geq N / (\beta h_{ш} R'_y)$$

и определяют высоту траверсы

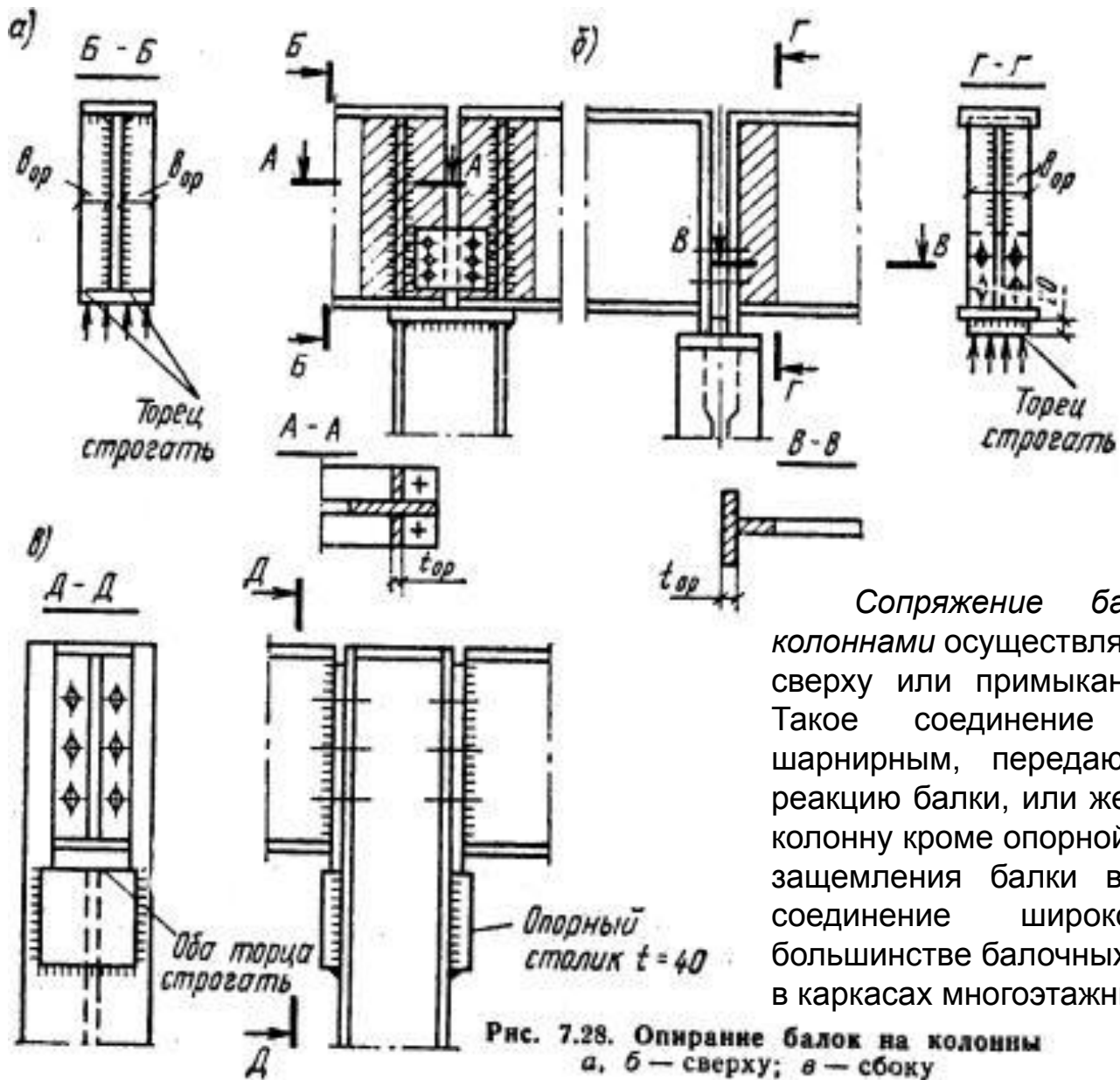
$$h_{т} \geq \frac{\sum I_{ш}^{тр}}{n} + 1,$$

где  $n$  — число сварных швов.

Толщину угловых швов  $h_{т}$  принимают не более 1,2 толщины листа траверсы  $\delta_{т}$ , которую в свою очередь назначают в пределах 10...16 мм.

5. Проверяют прочность на изгиб и срез траверсы, ребер жесткости и вертикальных сварных швов, прикрепляющих последние к стержню колонны или траверсе.

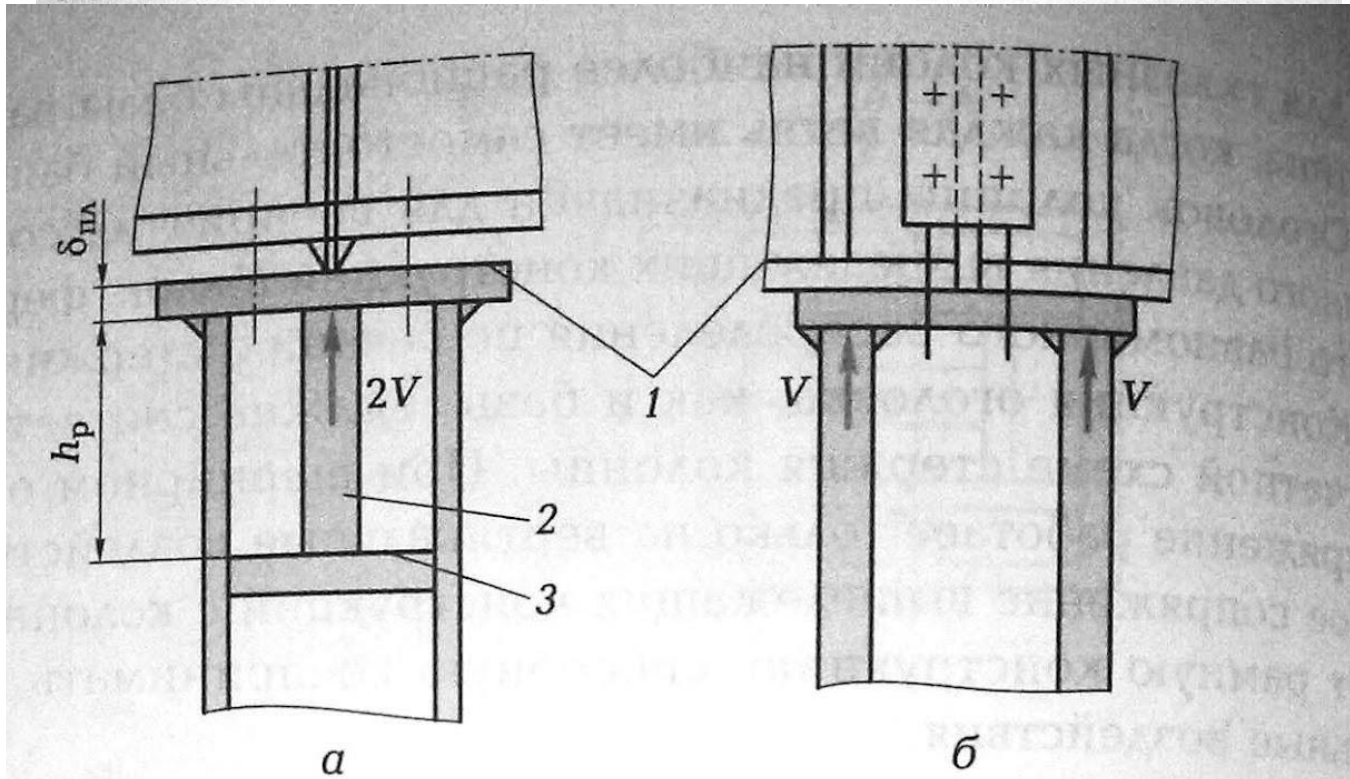
База внецентренно сжатой колонны состоит из тех же основных элементов, что и база центрально-сжатой колонны — траверсы, опорной плиты и анкерных болтов. Принципиальное отличие состоит в том, что при внецентренной сжатии база оказывается развитой в плоскости действия изгибающего момента, а анкерные болты воспринимают растягивающее усилие от этого момента.



Сопряжение балок со стальными колоннами осуществляется путем их опирания сверху или примыканием сбоку к колонне. Такое соединение может быть или шарнирным, передающим только опорную реакцию балки, или жестким, передающим на колонну кроме опорной реакции еще и момент защемления балки в колонне. Шарнирное соединение широко применяется в большинстве балочных конструкции, жесткое - в каркасах многоэтажных зданий.

Рис. 7.28. Опирание балок на колонны  
а, б — сверху; в — сбоку

Шарнирное опирание балок осуществляют посредством передачи нагрузки на опорную плиту 1 через пристроенные торцовые диафрагмы балок (рис. 3.11, а) или опорные ребра, совмещенные с полками (стенками) ветвей колонны (рис. 3.11, б).



Схемы опирания балок на колонну:

1 — опорные плиты; 2 — оголовок; 3 — горизонтальное ребро



В первом случае последовательность расчета такова.

1. В зависимости от ширины опираемого торца балки назначают ширину  $b_p$  опорного ребра оголовка 2.

2. Находят требуемую толщину горизонтальных сварных швов, через которые давление с опорной плиты передается на вертикальные ребра оголовка:

$$h_{ш}^{тр} \geq V / (0,7 \sum l_{ш} R'_y) = V / [1,4(b_p - 1)R'_y], \quad (3.22)$$

где  $V$  — реакция опоры одной балки.

3. Исходя из условия прочности на смятие определяют требуемую толщину ребра

$$\delta_p^{тр} \geq V / (b_p R_{см}), \quad (3.23)$$

где  $R_{см}$  — сопротивление материала балки смятию.

4. По формуле

$$h_p \geq \frac{\sum l_{ш}}{n} + 1 \quad (3.24)$$

определяют высоту ребра  $h_p$  в зависимости от длины вертикальных швов, требуемой для передачи нагрузки на стержень колонны.

5. Подбранное ребро проверяют на срез:

$$\tau_p = \frac{V}{h_p \delta_p} \leq R_{ср}, \quad (3.25)$$

где  $R_{ср}$  — сопротивление материала балки срезу.

6. По формуле, аналогичной формуле (3.25), в месте крепления ребра проверяют на срез стенку колонны, подставляя толщину  $\delta_{ст}$ .

Для увеличения жесткости вертикальных ребер оголовка и стенки при больших нагрузках устраивают обрамление из горизонтальных ребер 3 (см. рис. 3.11, а).

Во втором случае работа оголовка происходит аналогично, с той лишь разницей, что роль вертикальных ребер выполняют полки (ветви) самой колонны (см. рис. 3.11, б). Расчету подлежат горизонтальные швы, прикрепляющие плиту к полкам (ветвям). При двух швах на каждую полку требуемая толщина сварных швов

$$h_{ш}^{тр} \geq \frac{V}{R'_y 0,7 \sum l_{ш}} = \frac{V}{1,4(b-1)R'_y}, \quad (3.26)$$

где  $b$  — ширина полки (ветви) колонны.

Толщину опорной плиты  $\delta_{пл}$  в обоих случаях назначают конструктивно в пределах 16...30 мм. Болты выполняют только фиксирующую функцию.

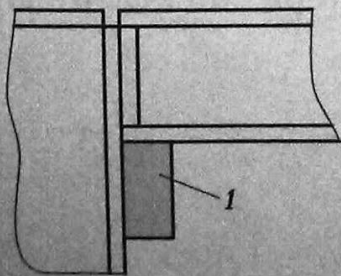


Рис. 3.12. Схема опирания балки на столик:

1 — опорный столик

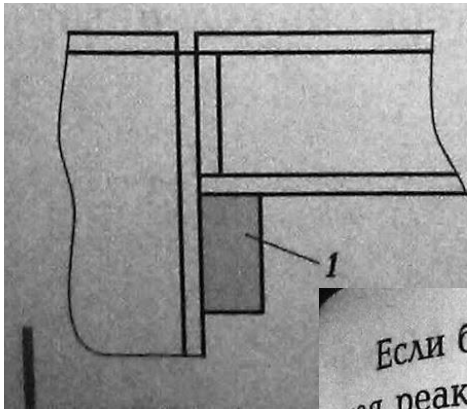


Рис. 3.12. Схема опирания балки на столик:

1 — опорный столик

Если балка крепится к колонне сбоку (рис. 3.12), то вертикальная реакция передается через опорное ребро балки на столик, приваренный к поясам колонны. Толщину столика принимают на 20... 40 мм больше толщины опорного ребра балки.

Касательные напряжения в сварных угловых швах, прикрепляющих столик к колонне, рассчитывают по формуле

$$\tau_{ш} = \frac{1,3N}{2\beta K l_{ш}} \leq [\tau'],$$

где 1,3 — коэффициент, учитывающий неравномерность распределения реакции  $V$  между вертикальными швами; 2 — число вертикальных швов;  $K$  — катет шва.

Требуемая длина вертикального шва

$$l_{ш} = \frac{1,3N}{2\beta K [\tau']} \leq 50K.$$

Балка крепится на болтах и плотно стоит на опорном столике.

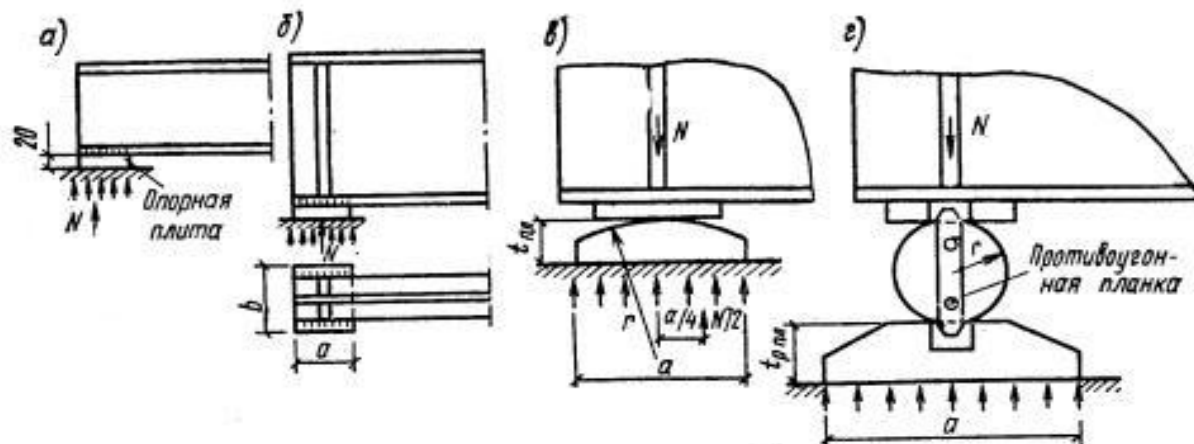


Рис. 7.29. Опирание балок на бетон  
 а - опирание прокатных балок на плоскую опорную плиту; б - то же, составных балок;  
 в - тангенциальное опирание балок; г - опирание балок на каток

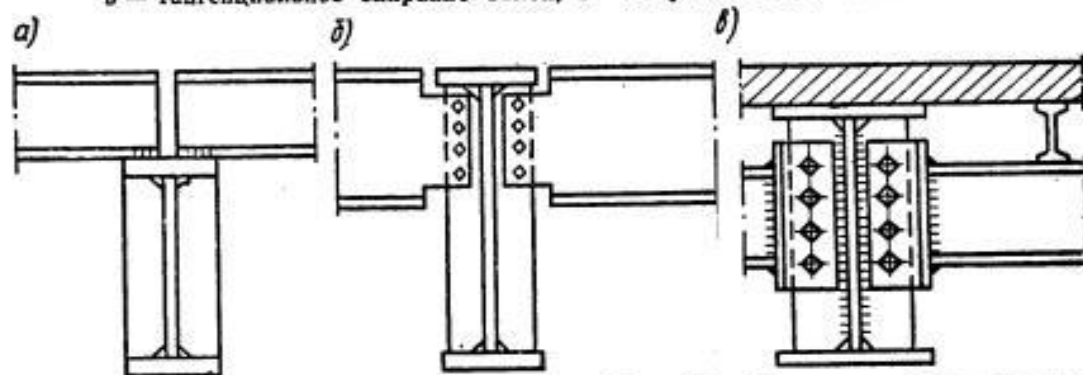


Рис. 7.30. Соприжение балок шарнирное  
 а - позатяжное; б - в одном уровне на болтах; в - пониженное

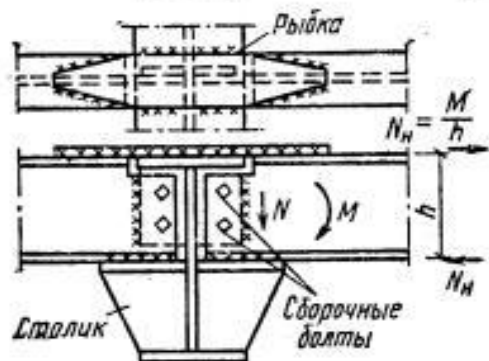
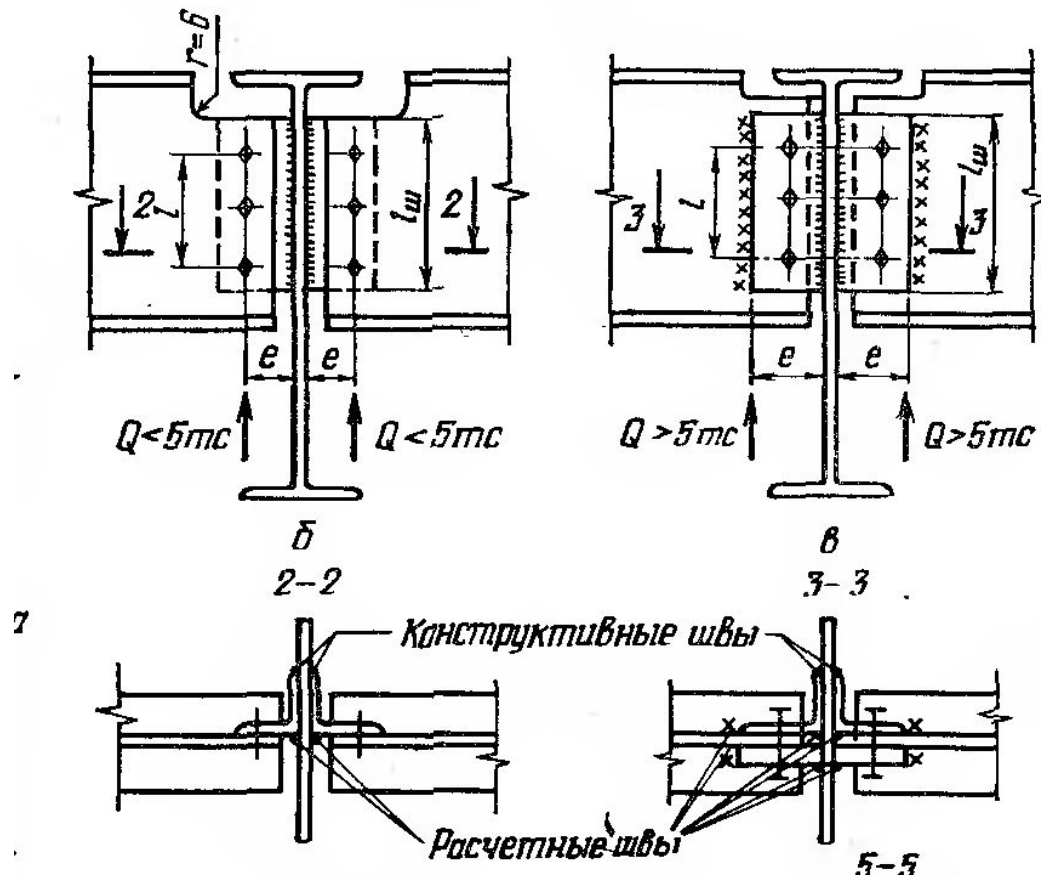


Рис. 7.31. Жесткое сопряжение балок



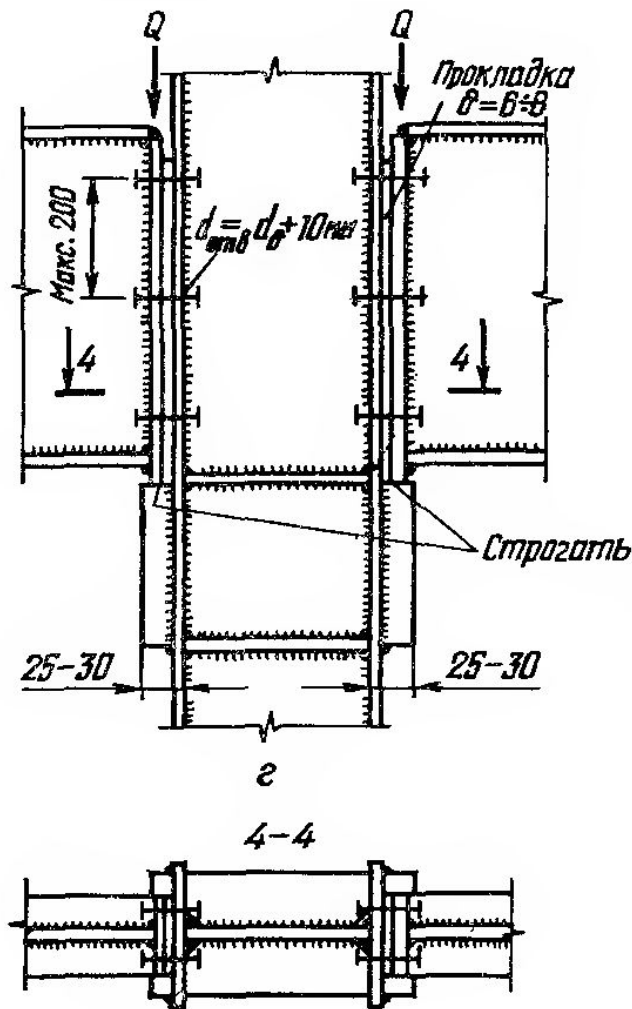
В шарнирном соединении балок в одном уровне (рис. 3.18, б) поперечная сила  $Q \leq 5 \text{ тс}$  воспринимается болтами, работающими на срез и изгиб от момента  $M = Qe$  ( $e$  — расстояние от оси болта до стенки балки). Усилие в крайнем болте определяется по (2.24). Сварной шов, крепящий перо уголка к стенке балки, проверяется следующим образом:

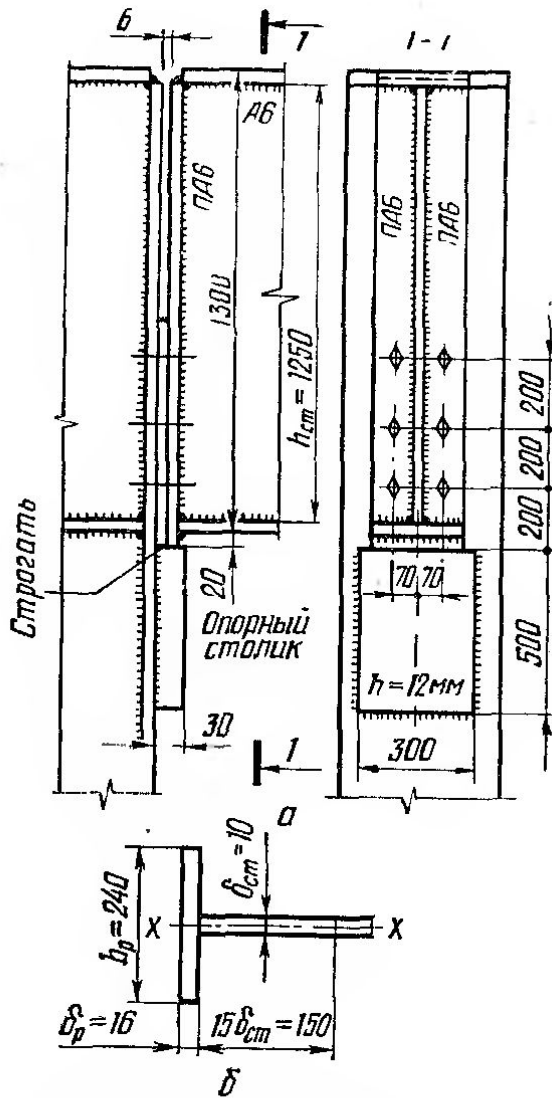
$$\tau_{\text{ш}} = \frac{1}{n_{\text{ш}} \beta h_{\text{ш}} l_{\text{ш}}} \cdot \sqrt{Q^2 + \left( \frac{6M}{l} \right)^2}, \quad (3.84)$$

где  $n_{\text{ш}}$  — количество сварных швов в соединении;  $l_{\text{ш}} = (l - 1 \text{ см})$  — длина сварного шва (рис. 3.18, б);  $M = Qe$  — изгибающий момент в соединении.

**Расчет соединения главной балки с колонной.** Главная балка крепится к колонне сбоку, аналогично узлу, показанному на рис. 3,18, г. Принимаем опорный столик из листа сечением  $300 \times 30$  мм. Толщина полки колонны  $20$  мм.

Длина сварных швов катетов  $h_{ш} = 12$  мм, крепящих столик к колонне, равна:





$$\Sigma l_{ш} = \frac{Q}{\beta h_{ш} m R_y^{CB}} = \frac{105100}{0,7 \cdot 1,2 \cdot 0,65 \cdot 1500} = 128,3 \text{ см},$$

где  $m = 0,65$  — коэффициент условий работы сварных швов (§ 12.4).

Принимаем столик длиной 50 см. Полная длина сварных швов, присоединяющих столик к колонне, составляет

$$\Sigma l_{ш} = 2 \cdot 50 + 30 = 130 \text{ см} > 128,3 \text{ см}.$$

Главная балка крепится конструктивно тремя рядами болтов нормальной точности диаметром 20 мм из стали класса 4.6, которые ставятся в отверстия диаметром 23 мм (см. рис. 3.23, а).

Рис. 3.23. К примеру 3.1:

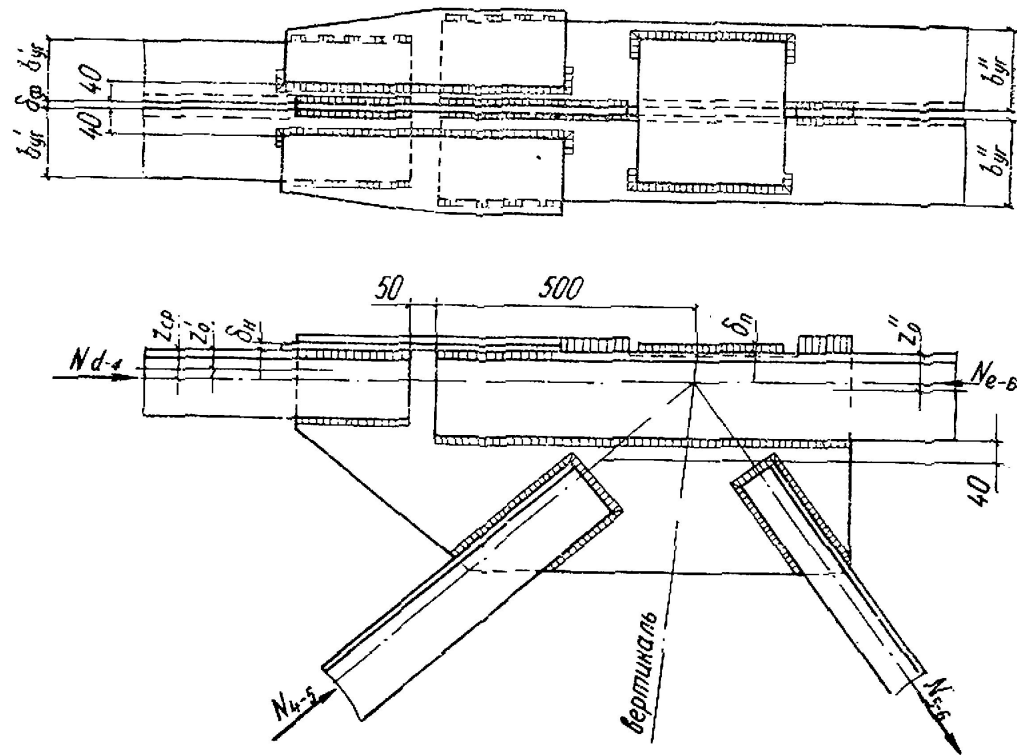
а — прикрепление балки к колонне;  
б — сечение опорной стойки.

**Пример 89.** Определить размеры накладок и сварных швов узла 2 (см. рис. 157,а).

Решение. Согласно табл. VIII.5 примера 85, в рассматриваемом узле должен быть осуществлен стык уголков верхнего пояса. Ввиду различной толщины уголков перекрываем их листовыми накладками (рис. 158). Стык смещаем на 500 мм в сторону панели с меньшим усилием.

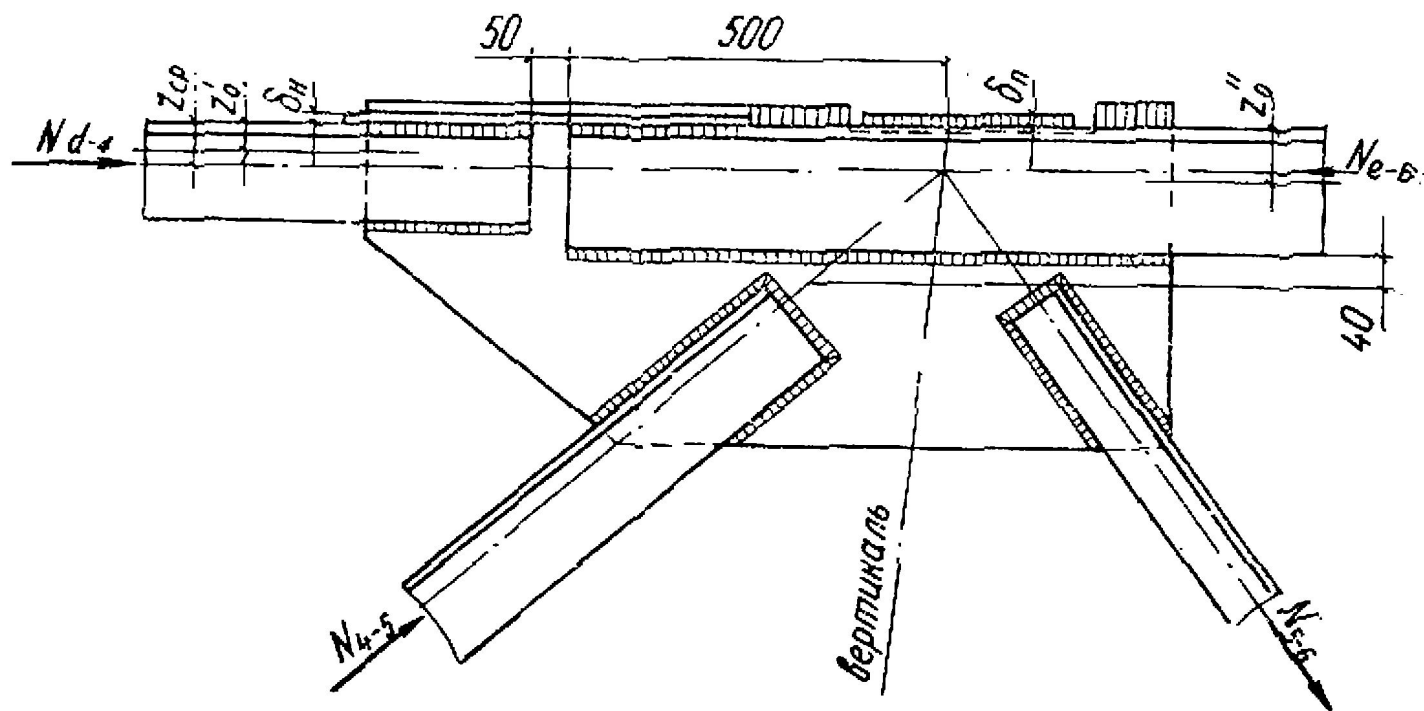
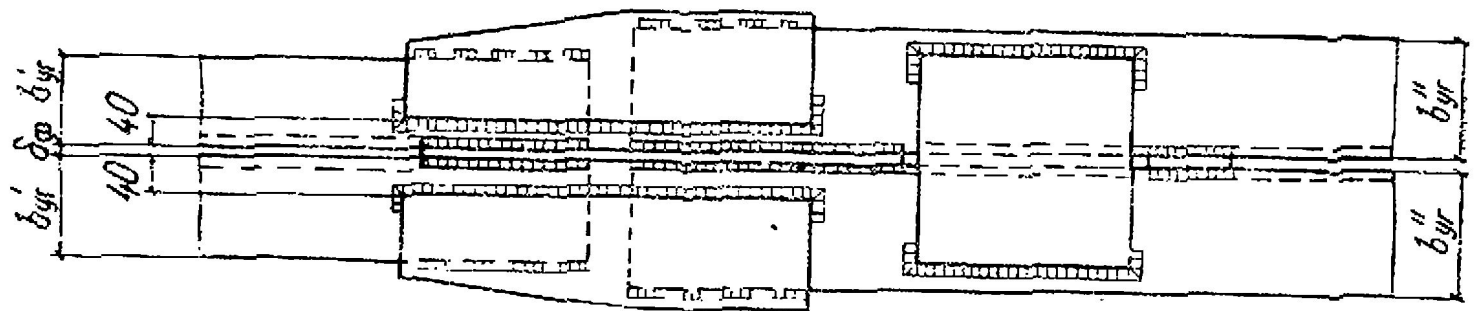
Требуемую площадь сечения накладок определяем из расчета на усилие

$$N_{\text{н}} = \frac{1,2 N_{d-4} (b'_{\text{уг}} - z_{\text{ср}})}{b'_{\text{уг}}} = \frac{1,2 \cdot 591,3 (12,5 - 4)}{12,5} = 483 \text{ кН,}$$





Пример 89. Определить размеры накладок и сварных швов узла 2 (см. рис. 157,а).



Требуемую площадь сечения накладок определяем из расчета на усилие

$$N_H = \frac{1,2 N_{d-4} (b'_{yг} - z_{cp})}{b'_{yг}} = \frac{1,2 \cdot 591,3 (12,5 - 4)}{12,5} = 483 \text{ кН},$$

$$z_{cp} = \frac{z'_0 + z''_0}{2} = \frac{3,36 + 4,3}{2} = 3,83 \approx 4 \text{ см};$$

$$F_H^{TP} \geq \frac{N_H}{R} = \frac{483}{21} = 23 \text{ см}^2.$$

Ширину каждой накладки назначаем исходя из ширины полки поясного уголка  $b''_{yг} = 160$  мм, зазора между кромкой накладки и фасонкой 40 мм, свеса накладки 20 мм:

$$b_H = 160 - 40 + 20 = 140 \text{ мм}.$$

Тогда требуемая толщина накладки

$$\delta_H^{TP} \geq \frac{F_H^{TP}}{2 b_H} = \frac{23}{2 \cdot 14} = 0,82 \text{ см}.$$

Округляя, принимаем  $\delta_H = 10$  мм. Остальная часть усилия

$$N_\Phi = 1,2 N_{d-4} - N_H = 1,2 \cdot 591,3 - 483 \approx 227 \text{ кН}$$

передается непосредственно на фасонку, напряжение в которой при упрощенном расчете на растяжение составляет

$$\sigma = \frac{N_\Phi}{2 b'_{yг} \delta_\Phi} = \frac{227}{2 \cdot 12,5 \cdot 1,4} = 6,5 \text{ кН/см}^2 < R = 21 \text{ кН/см}^2.$$

Здесь за условную площадь сечения фасонки принята площадь ее полосы высотой, равной удвоенной ширине прикрепляемой полки уголка.

Суммарная длина сварных швов, прикрепляющих накладки к поясным уголкам с одной стороны стыка, при толщине  $h_{ш} = 6$  мм составляет

$$\Sigma l_{ш} = \frac{N_{н}}{0,7 h_{ш} R_y^{св}} = \frac{483}{0,7 \cdot 0,6 \cdot 15} = 76,7 \text{ см.}$$

Расчетным усилием для швов, прикрепляющих поясные уголки левой панели к фасонке, является большее из двух:

$$N_{\phi} = 227 \text{ кН и } N_p = \frac{1,2 N_{d-4}}{2} = \frac{1,2 \cdot 591,3}{2} = 355 \text{ кН.}$$

Необходимая длина шва со стороны обушка при той же толщине

$$l_{ш}^{об} \geq \frac{N_p}{2 \cdot 0,7 h_{ш} R_y^{св}} \frac{b'_{уг} - z_{ср}}{b'_{уг}} + 1 = \frac{355}{2 \cdot 0,7 \cdot 0,6 \cdot 15} \frac{12,5 - 4}{12,5} + 1 = 20,2 \text{ см;}$$

со стороны пера

$$l_{ш}^{п} \geq \frac{N_p}{2 \cdot 0,7 h_{ш} R_y^{св}} \frac{z_{ср}}{b'_{уг}} + 1 = \frac{355}{2 \cdot 0,7 \cdot 0,6 \cdot 15} \frac{4}{12,5} + 1 \approx 10 \text{ см.}$$

Для швов, прикрепляющих правые уголки:

$$N_{\phi} = 1,2 N_{e-6} - N_{н} = 1,2 \cdot 851,3 - 483 \approx 539 \text{ кН;}$$

$$N_p = \frac{1,2 N_{e-6}}{2} = \frac{1,2 \cdot 851,3}{2} = 511 \text{ кН;}$$

$$l_{ш}^{об} \geq \frac{539}{2 \cdot 0,7 \cdot 0,6 \cdot 15} \frac{16 - 4}{16} + 1 = 33,1 \text{ см;}$$

$$l_{ш}^{п} \geq \frac{539}{2 \cdot 0,7 \cdot 0,6 \cdot 15} \frac{4}{16} + 1 = 11,7 \text{ см.}$$

Конструктивно принимаем эти швы длиннее, чем требуется по расчету. Необходимая длина швов, прикрепляющих раскосы, определяется по аналогии с примером 14.

В месте опирания крупнопанельных железобетонных плит поясные уголки усиливаем приваренным сверху опорным листом толщиной  $\delta_{л} = 10$  мм.

ГОСТ 14098-91

**СОЕДИНЕНИЯ СВАРНЫЕ АРМАТУРЫ И ЗАКЛАДНЫХ  
ИЗДЕЛИЙ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИИ**

**Типы, конструкции и размеры**

# Техника безопасности при проведении монтажных работ

Монтаж конструкций резервуара выполняют в соответствии с проектом производства работ, руководствуясь СНиП 12-03-2001 "Безопасность труда в строительстве";

Монтажные работы при возведении зданий и сооружений ведут с соблюдением организационно-технических решений и мероприятий по технике безопасности, предусмотренных в проекте производства работ.

Основными причинами производственного травматизма при монтажных работах являются:

- несоблюдение технологической последовательности монтажа сборных конструкций;
- неисправность применяемых такелажных приспособлений и неправильная строповка конструкций;
- отсутствие ограждающих устройств, приспособлений и соответствующего оборудования для монтажных работ;
- отсутствие средств индивидуальной защиты и приспособлений и надзора за их применением.

Перед началом операций рабочие должны быть проинструктированы по безопасным методам ведения работ.

При разгрузке и погрузке рулонов люди должны находиться в зоне, обеспечивающей их безопасность при обрыве любого из канатов и скатывании рулонов. При перекачивании рулонов запрещено нахождение людей как впереди, так и сзади их на расстоянии не менее 10 м.

Монтажная площадка должна обеспечивать свободный доступ обслуживающего персонала и механизмов к конструкциям, иметь ограждения опасных зон и предупредительные надписи. Для прохода через траншеи необходимо проложить инвентарные трапы.

Рулон днища при обрезке удерживающих планок устанавливается таким образом, чтобы освобождающаяся при разрезании планок кромка полотнища была прижата массой рулона к основанию резервуара. При разрезании удерживающих планок последними разрезаются крайние из них. При этом резчик должен располагаться у торца рулона.

При развертывании днища резервуара люди не должны находиться впереди рулона на расстоянии 15 м.

При подъеме рулонов стенки в вертикальное положение в зоне подъема (в радиусе 25 м от трубы - шарнира и под канатами) также не должны находиться люди.

До обрезки удерживающих планок рулон стенки должен быть затянут канатом с помощью трактора или другими способами так, чтобы предотвратить самопроизвольное его распруживание и сделать обрезку планок безопасной. После этого последовательно, начиная сверху, обрезают удерживающие планки.

Особую осторожность необходимо соблюдать при обрезке удерживающих планок рулонов полотнищ из высокопрочных сталей ввиду их большой упругости. В этом случае рулон затягивают с помощью двух тракторов. Канатом первого трактора обматывают верхнюю часть рулона, а канатом второго - нижнюю часть.

Устойчивость стенки резервуара, сооружаемой из рулонных заготовок при монтаже, должна быть обеспечена расчалками, а также установкой щитов покрытия или элементов колец жесткости по мере разворачивания полотнища.

До окончания монтажа покрытия или кольца жесткости (во время перерывов в работе) стенка резервуара должна быть прочно закреплена расчалками.

При установке элементов кольца жесткости и щитов покрытия запрещается пребывание людей под устанавливаемыми элементами.

Следует избегать ведения работ в два и более яруса по одной вертикали. В случае необходимости ведения двух или многоярусных работ необходимо оградить рабочие места от возможного падения с ярусов инструмента и других предметов.

Вновь изготовленные леса, люльки, предусмотренные ППР, должны соответствовать технической документации, утвержденной в установленном порядке. Подвеску люлек следует производить под наблюдением инженерно-технического персонала.

Освещение внутри резервуара обеспечивают светильниками напряжением 12 В (типа переносных) с питанием от разделительных трансформаторов.

Все металлические леса, электрооборудование и механизмы, которые могут оказаться под током, должны быть надежно заземлены.

При просвечивании рентгеновскими аппаратами или гамма-дефектоскопами необходимо оградить зону, в пределах которой уровень радиации превышает допустимую величину, а на границах зоны вывесить плакаты или знаки, предупреждающие об опасности.

При проведении работ по просвечиванию сварных соединений, кроме требований главы СНиП по технике безопасности в строительстве, необходимо выполнять требования "Норм радиационной безопасности, "Основных санитарных правил работы с радиоактивными веществами и другими источниками ионизирующих излучений "Правил безопасности при транспортировании радиоактивных веществ ПБТРВ-73"

До начала испытаний должно быть назначено ответственное лицо - руководитель испытаний, а все работники, принимающие в них участие, должны обязательно пройти инструктаж по безопасным методам ведения работ непосредственно на местах их выполнения с соответствующим письменным оформлением.

На все время испытаний устанавливается обозначенная предупредительными знаками граница опасной зоны с радиусом не менее двух диаметров резервуара, внутри которой не допускается нахождение людей, не связанных с испытанием.

Все контрольно-измерительные приборы, задвижки и вентили временных трубопроводов для проведения испытаний должны быть расположены за пределами обвалования на расстоянии не менее двух диаметров резервуара и сконцентрированы в одном месте под навесом.

Для обеспечения безопасного ведения работ в период гидравлических испытаний необходимо в процессе наполнения или опорожнения резервуара водой, а также при перерывах в испытаниях (ночное время, время контрольной выдержки и т.п.) открывать смотровой и замерный люки на крыше.

Во время повышения давления или вакуума допуск к осмотру резервуара разрешается не ранее, чем через 10 мин после достижения установленных испытательных нагрузок.

Для предотвращения превышения испытательной нагрузки при избыточном давлении и вакууме должны быть предусмотрены специальные гидрозатворы, соединенные с резервуаром трубопроводами расчетного



**СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ**

**КАКИЕ БУДУТ ВОПРОСЫ?**