МИНИСТЕРСТВО УГОЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ СССР

ИНСТРУКЦИЯ

ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ И МОНТАЖУ
АРМИРОВКИ ВЕРТИКАЛЬНЫХ СТВОЛОВ
ШАХТ С КРЕПЛЕНИЕМ ЭЛЕМЕНТОВ
АРМИРОВКИ НА АНКЕРАХ

РД 12.18.099-90

Харьков 1991

МИНИСТЕРСТВО УГОЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ СССР

И Н С Т Р У К Ц И Я

ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ И МОНТАЖУ АРМИРОВКИ ВЕРТИКАЛЬНЫХ СТВОЛОВ ШАХТ С КРЕПЛЕНИЕМ ЭЛЕМЕНТОВ АРМИРОВКИ НА АНКЕРАХ

РД I2.I8.099-90

Харьков I99I

УДК 622.258:622.283:624.012.45

Инструкция содержит методы определения параметров узлов крепления элементов армировки на анкерах, закрепляемых неорганическим вяжущим и рекомендации по ведению монтажных работ.

Разработана Всесоюзным научно-исследовательским институтом организации и механизации шахтного строительства (ВНИИОМШС) и Всесоюзным научно-исследовательским институтом горной механики им. М.М. Федорова.

В разработке Инструкции принимали участие: от ВНИИОМШСа к.т.н. Ф.И. Ягодкин, д.т.н. И.Г. Косков, Г.О. Вестфаль, к.т.н. А.П. Крамаренко, А.В. Будник, В.В. Комар, В.К. Стеблина, М.Р. Ломакина; от ВНИИГМ д.т.н. В.И. Дворников, к.т.н. А.И. Соломенцев, В.К. Куриленко, В.М. Кладов; от комбината Ростовшахтострой В.М. Туркадзе.

Ответственный за выпуск Г.О. Вестфаль

Подписано к печати 07.05.91г. Формат 60х90 1/16. Офсетная печать. Бумага офсетная. Усл. печ. л. 2,5. Заказ №45. Тираж 200 экз.

Ротапринт ВНИИОМШСа. 310180, г.Харьков, ул. Отакара Яроша, 18

ВВЕДЕНИЕ

В отечественной и зарубежной практике шахтного строительства наметилась тенденция расширения применения способа крепления элементов армировки (расстрелов, опорных консолей, конструкций для закрепления трубопроводов, кабелей, блоков лестничного отделения и др.) на анкерах.

Этот способ по сравнению с заделкой концов расстрелов в лунках позволяет сохранить сплошность крепи стволов, исключает трудоемкие процессы, связанные с разделкой лунок, обетонированием в них концов расстрелов, позволяет максимально механизировать работы и отличается более высокой точностью монтажных работ.

Наиболее эффективными для этих целей являются анкеры на неорганическом быстротвердеющем вяжущем, в частности, патронированном, разработанном ВНИИОМШСом.

Неорганическое патронированное вяжущее обладает стабильным качеством, долговечностью, технологичностью, высокими прочностными характеристиками.

В Инструкции даются рекомендации по конструированию и расчету узлов крепления элементов армировки на анкерах, закрепляемых неорганическим вяжущим, и излагаются основные специфические требования к технологии ведения работ.

Узлы крепления элементов армировки на анкерах представляют собой конструкции сложной формы, состоящие из пластин, соединенных сваркой. Наиболее точным способом расчета напряженно-деформированного состояния такого объекта является подход, основывающийся на применении метода конечных элементов в трехмерной постановке. Вместе с тем метод конечных элементов требует больших затрат ресу-

рсов ЭВМ и значительных усилий расчетчика для создания набора исходной информации. Поэтому в настоящей Инструкции предложена приближенная методика, в основе которой лежит подход, принятый в сопротивлении материалов и заключающийся в применении уравнений равновесия. При этом адекватность предлагаемых расчетных моделей обосновывалась с помощью конечноэлементного анализа соответствующих конструкций и их силовых факторов. Допускается лишь упругое деформирование, что обеспечивает достаточную прочность конструкции при переменных нагрузках. Технологические несовершенства конструкций учтены путем введения соответствующих допустимых напряжений.

Разработанная методика расчета позволяет проводить анализ прочностных характеристик узлов крепления, имеющих различную конструкцию, при проектировании.

При этом приводится оценка прочности следующих элементов узла: штанги, плиты вокруг отверстий, плиты в месте присоединения косынок или расстрела, сварных швов на плите, косынок, сварных швов на расстреле, бетона, окружающего анкер.

I. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

I.I. Настоящая Инструкция обязательна при проектировании и производстве работ при армировании вертикальных стволов с креплением элементов армировки анкерами на неорганическом вяжущем.

I.2. Крепление армировки анкерами на неорганическом вяжущем допускается применять в строящихся и реконструируемых стволах с положительной температурой вмещающих пород и крепи, закрепленных монолитной бетонной, железобетонной или набрызгбетонной крепями независимо от глубины, диаметра и назначения ствола, профиля расстрела, а также интенсивности работы подъемных установок.

I.3. Настоящая Инструкция является дополнением к действующим нормативным документам по проектированию и монтажу жесткой армировки вертикальных стволов и должна использоваться совместно с ними.

2. РЕКОМЕНДУЕМЫЕ КОНСТРУКЦИИ УЗЛОВ КРЕПЛЕНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ АРМИРОВКИ НА АНКЕРАХ

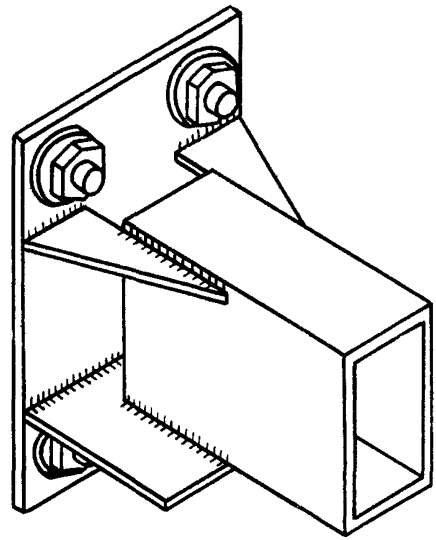
2.I. Крепление расстрелов к стенке ствола должно осуществляться с помощью опорных промежуточных кронштейнов или непосредственно к крепи ствола.

2.2. Конструкция узла крепления расстрела на кронштейне (рис.I) должна обеспечивать возможность регулирования положения расстрела при монтаже в горизонтальной плоскости вдоль продольной оси расстрела ± I00 мм и перпендикулярно ей ± 50 мм.

2.3. Крепление расстрелов к кронштейнам в стволах, опасных по пыли и газу, производить болтовыми соединениями. В шахтах, не опасных по газу и пыли, допускается использование электросварки при скорости движения подъемных сосудов менее I0 м/с.

2.4. Крепление расстрелов анкерами непосредственно к стен-

а



б

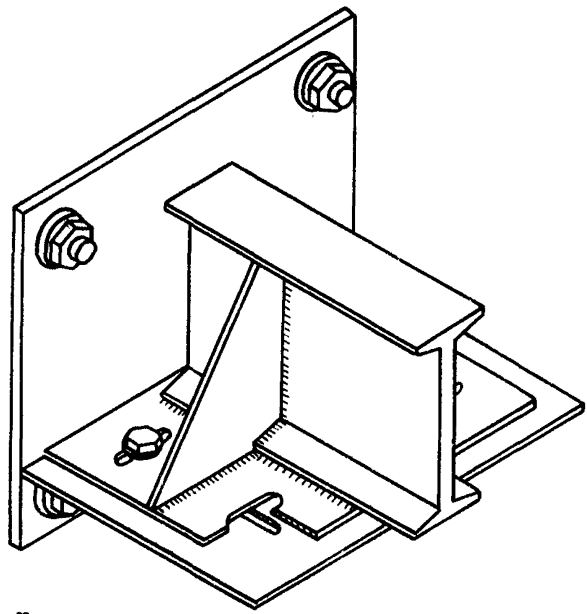


Рис. I. Узел крепления расстрела с помощью опорного промежуточного кронштейна: а - на сварке; б - на болтах

кам ствола может осуществляться с применением расстрелов регулируемой или нерегулируемой длины.

2.5. Регулирование длины следует обеспечивать специальным раздвижным устройством, устанавливаемым на его концах (рис.2). Величина регулирования вдоль продольной оси расстрела должна соответствовать п.2.2.

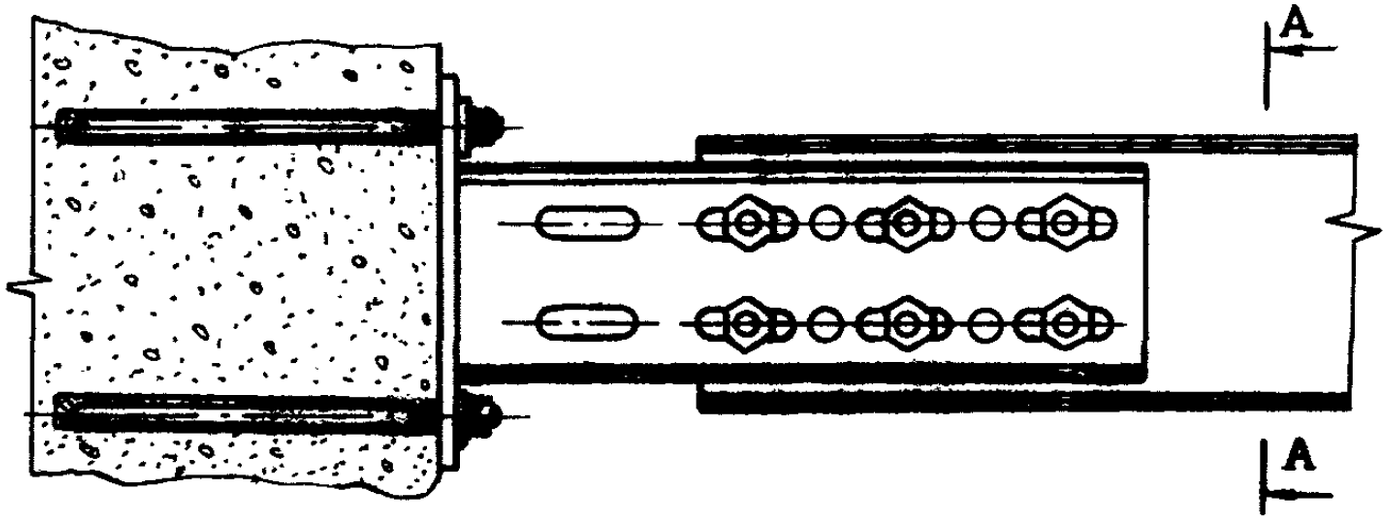
2.6. При применении расстрелов нерегулируемой длины опорная плита расстрела не прижимается анкерами к стенке ствола, а опирается на концы анкеров, выдвинутые в ствол на величину фактического радиального отклонения стенки ствола от проектного положения (рис.3). Длину расстрела следует принимать по данным фактического профиля крепи ствола с таким расчетом, чтобы расстояние между опорной плитой расстрела и стенкой ствола было не менее 25 мм и не более 125 мм. Для участков ствола с отклонением стенок крепи от проектного положения на величины, превышающие регламентируемые СНиП 3.02.03-84, расстрелы следует изготавливать индивидуальной длины.

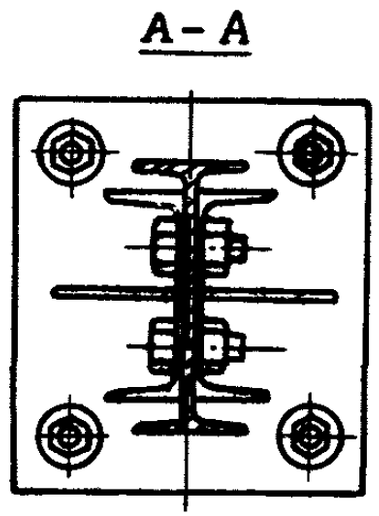
2.7. При креплении расстрелов на анкерах непосредственно к крепи ствола без применения кронштейнов требуемая точность установки расстрела в горизонтальной и вертикальной плоскостях достигается применением специальных монтажных шаблонов.

2.8. Диаметр отверстий в опорной плите должен обеспечивать свободный пропуск буровой коронки и размещение кондуктора при бурении шпуров для установки анкеров.

2.9. Количество анкеров, их параметры и положение относительно расстрела определять расчетом с учетом технологических требований монтажных работ.

2.10. Крепление блоков лестничных отделений производить анкерами непосредственно к стенкам ствола (рис.4,а). Конструкции узлов крепления трубопроводов на анкерах должны обеспечивать





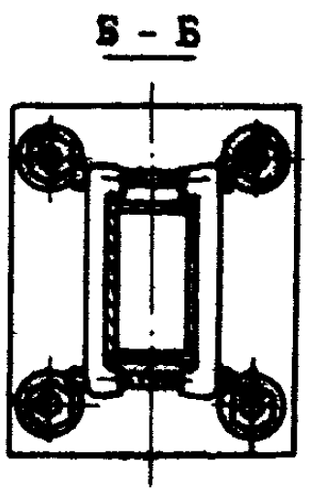


Рис. 2. Узел крепления расстрела со специальным раздвижным устройством

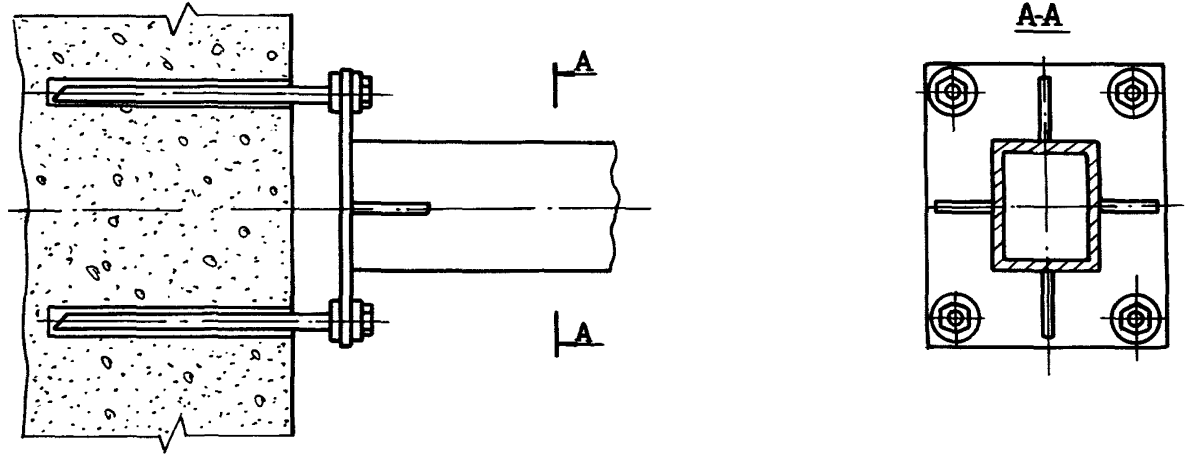


Рис. 3. Узел крепления расстрела постоянной длины к стенке ствола

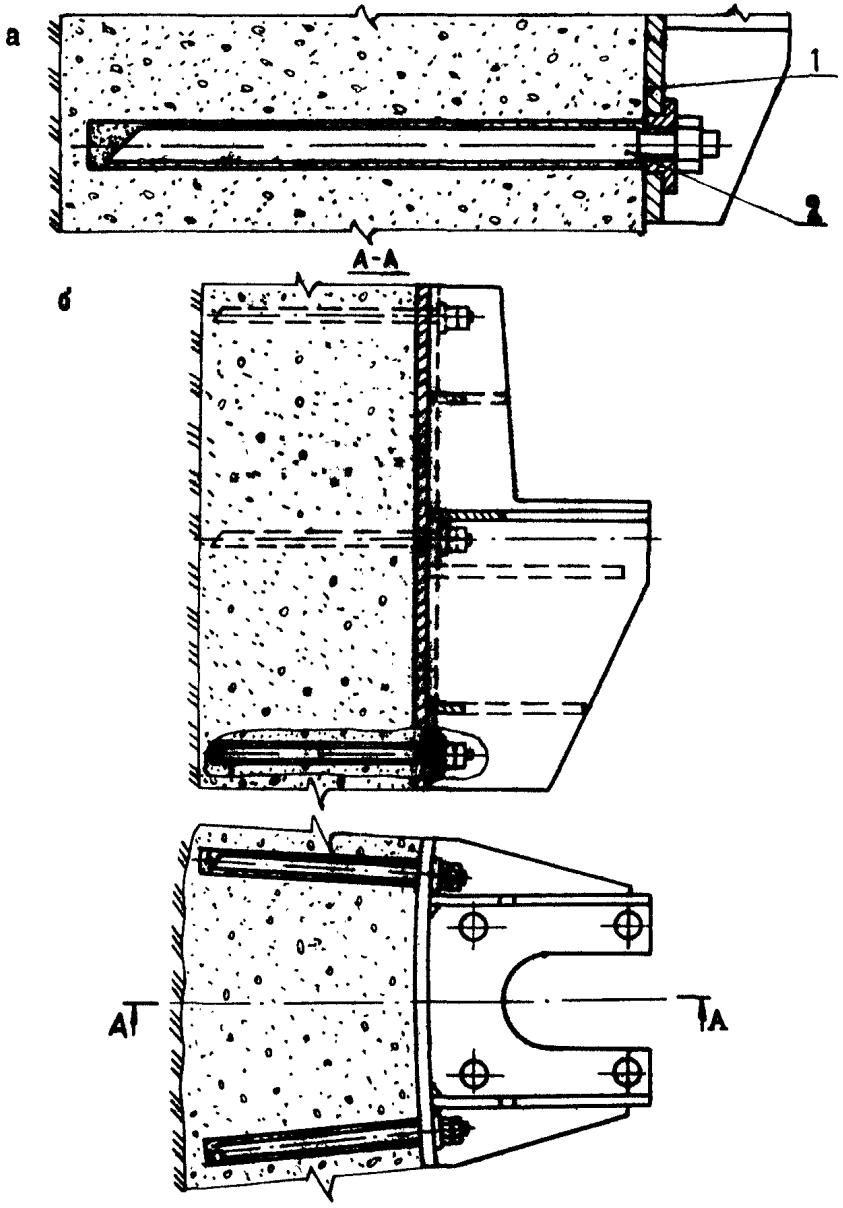


Рис. 4. Узлы крепления на анкерах: а-лестничного отделения (I-опорная конструкция лестничного отделения; 2-анкер); б-трубопровода

вертикальность их подвески (рис. 4,б).

2.II. Для закрепления элементов армировки применять анкеры на патронированном неорганическом вяжущем.

2.I2. Патроны с неорганическим вяжущим ТУ 12.0174I37.083-90 (разработчик ВНИИОМШС) должны содержать полиэтиленовую оболочку, сухую смесь и жидкий затворитель (рис.5).

2.I3. Сроки начала и окончания схватывания и скорости набора прочности твердеющей смеси следует подбирать по технологическим критериям ведения монтажных работ.

2.I4. Прочность затвердевшей смеси в 28-суточном возрасте должна быть не менее прочности материала крепи, но не менее 30 МПа.

2.I5. Затвердевшая смесь должна полностью заполнять шпур, быть безусадочной, иметь плотность не менее плотности материала собственно крепи ствола и быть стойкой по отношению к агрессии шахтных вод.

2.I6. Допускается введение в шпур твердеющей смеси путем инъектирования при соответствующем подборе сроков начала ее схватывания.

2.I7. Анкеры для закрепления элементов армировки должны содержать : металлическую штангу, шайбы и резьбовые соединения- болт или гайки (рис.6).

2.I8. Штанги анкеров изготовлять из толстостенных труб по ГОСТ 8734-75 или стали арматурной периодического профиля классов А-П и А-Ш по ГОСТ 578I-82. Профиль и размеры сечения проката определять расчетом.

2.I9. Глубина заделки анкера в крепь определяется расчетом с учетом толщины и прочностных характеристик крепи ствола, но не менее 350 мм.

Глубину заделки анкера во вмещающие породы при тонкостен-

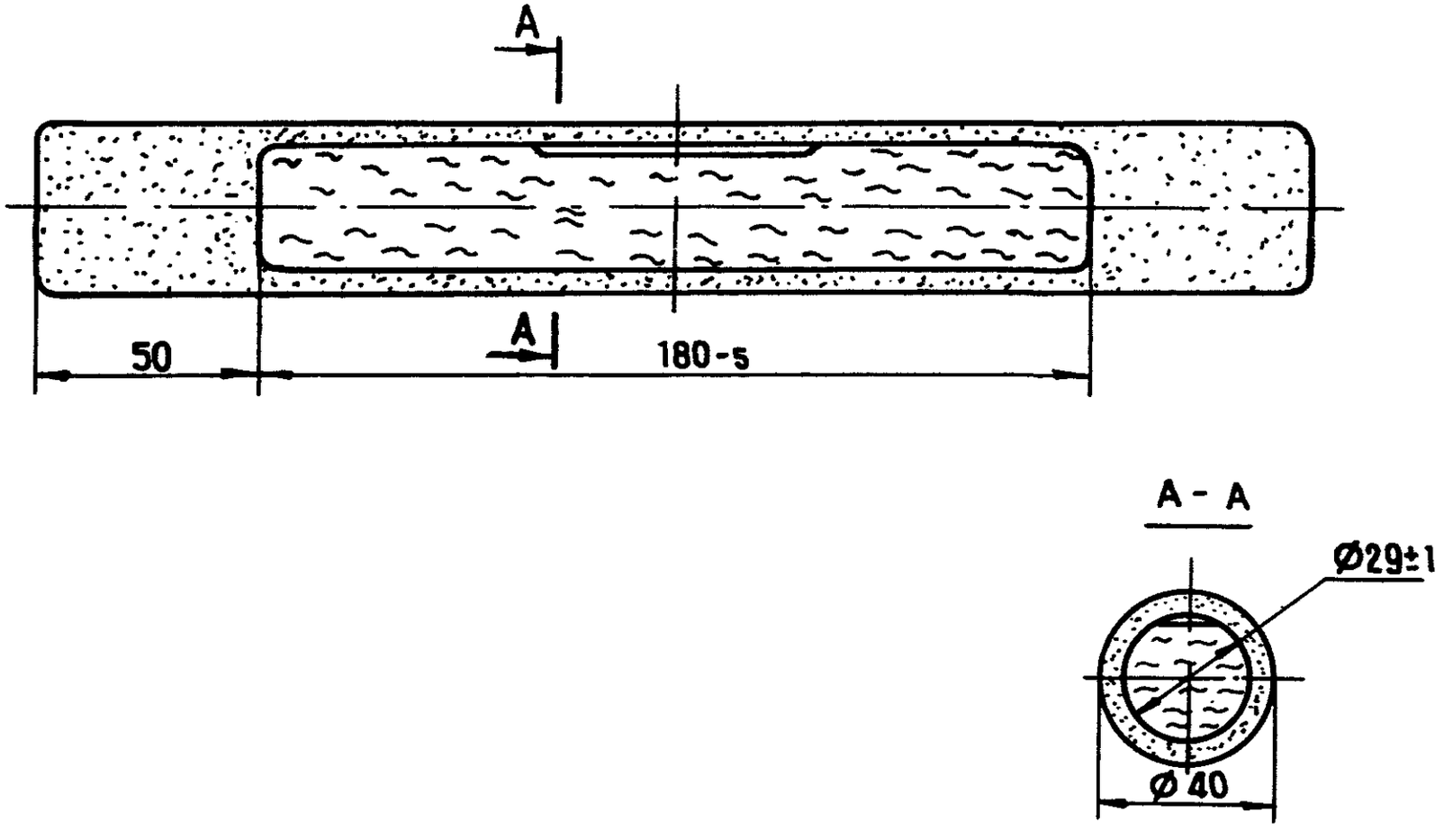


Рис. 5. Патрон с неорганическим вяжущим

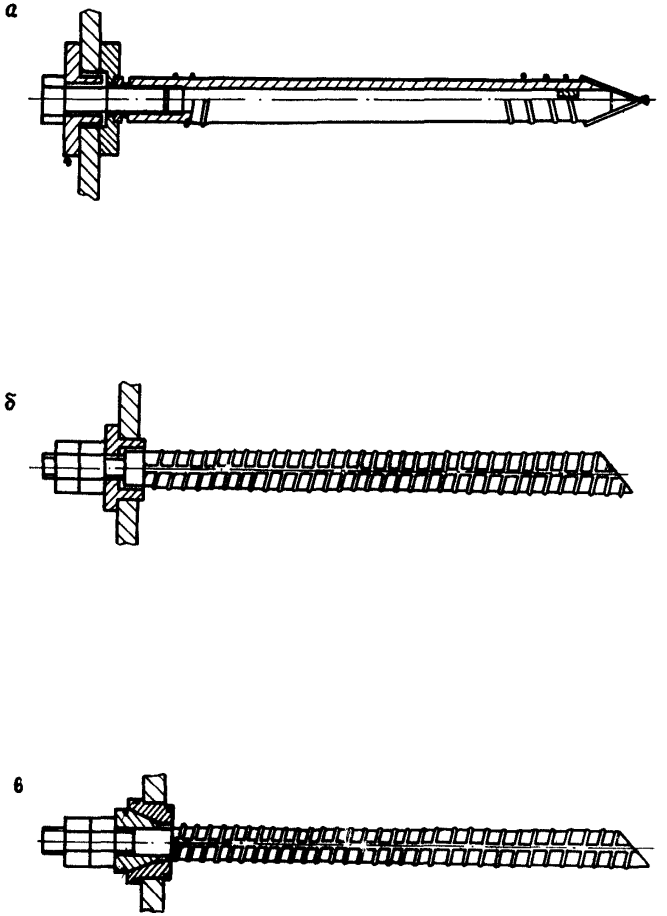


Рис. 6. Анкеры для крепления элементов армировки:

а - трубчатый анкер;

б - анкер из периодического профиля;

в - анкер из периодического профиля с жестким защемлением

ных конструкциях ствола (набрызгбетон, монолитный бетон) принимать из расчета закрепления их в ненарушенных взрывом породах на глубину не менее 250 мм.

2.20. Конструкция штанги анкера должна обеспечивать разрушение и измельчение оболочек патронов, перемешивание твердеющей смеси, равномерное распределение и уплотнение ее в зазоре между телом анкера и стенкой шпура, хорошую адгезию с твердеющей смесью, а также фиксирование от проворота при закручивании гаек и болтов.

2.21. Конструкции шайб и резьбовых соединений должны обеспечивать надежное закрепление расстрела, передачу эксплуатационных нагрузок от движения подъемных сосудов на тело анкера, а в случае необходимости - компенсацию температурных линейных расширений расстрела, а также предусматривать мероприятия, предупреждающие раскручивание резьбовых соединений в период эксплуатации (контргайки, шплинты, стопорение синтетическим клеем).

2.22. Выступающие в ствол концы анкеров и резьбовые соединения должны подвергаться антикоррозионной защите горячим цинкованием, кадмированием или другими способами.

2.23. Несущие элементы узлов крепления расстрелов следует изготавливать:

из углеродистой или спокойной стали обыкновенного качества марок Ст3Гпс, Ст3сп по ГОСТ 380-88 при отсутствии агрессивной среды;

из низколегированной стали марок 09Г2С1, 10Г2С1, 10ХСНД или 15ХСНД по ГОСТ 19281-89 и ГОСТ 19282-73* и других, обладающих повышенными механическими свойствами и коррозионной стойкостью при наличии таковой.

3. РАСЧЕТ УЗЛОВ КРЕПЛЕНИЯ.

3.I. Расчет жесткой армировки вертикальных стволов с креплением расстрелов на анкерах производить в соответствии с требованиями СНиП П-94-80, "Пособия по проектированию и монтажу армировки вертикальных стволов шахт и рудников" (к СНиП П-94-80). - М.: Недра, 1989 г. и Методики расчета жестких армировок вертикальных стволов шахт". - ВНИИГМ, Донецк, 1985,[I]. При этом расчет жесткостных характеристик армировки следует выполнять в соответствии с требованиями Приложения I настоящей Инструкции.

3.2. Силовые факторы и воздействия, возникающие в узлах крепления расстрела на анкерах, определять расчетом. Расчетные схемы приведены на рис. 3.I.

3.3. Момент, возникающий при действии боковой нагрузки равен

$$M_K = Q_{БК} \cdot h_K \quad , \qquad (3.I)$$

где h_K - расстояние от оси расстрела до головки проводникового рельса.

3.4. Расчетная схема $а$ (рис.3.I).

3.4.I. Опорные реакции $R'_{АУ}$ и $R'_{БУ}$ от лобовой нагрузки равны

$$R'_{АУ} = \frac{\sum_{K=1}^{n} Q_{ЛК}(3a_K + b_K)b_K^2}{l^3} \; ; \qquad (3.2)$$

$$R'_{БУ} = \frac{\sum_{K=1}^{n} Q_{ЛК}(a_K + 3b_K)a_K^2}{l^3} \; , \qquad (3.3)$$

где $Q_{ЛК}$ - лобовая нагрузка, воспринимаемая K -тым проводником;

a_K - расстояние по оси расстрела от левой опорной плиты до K -го проводника;

b_K - расстояние по оси расстрела от K -го проводника

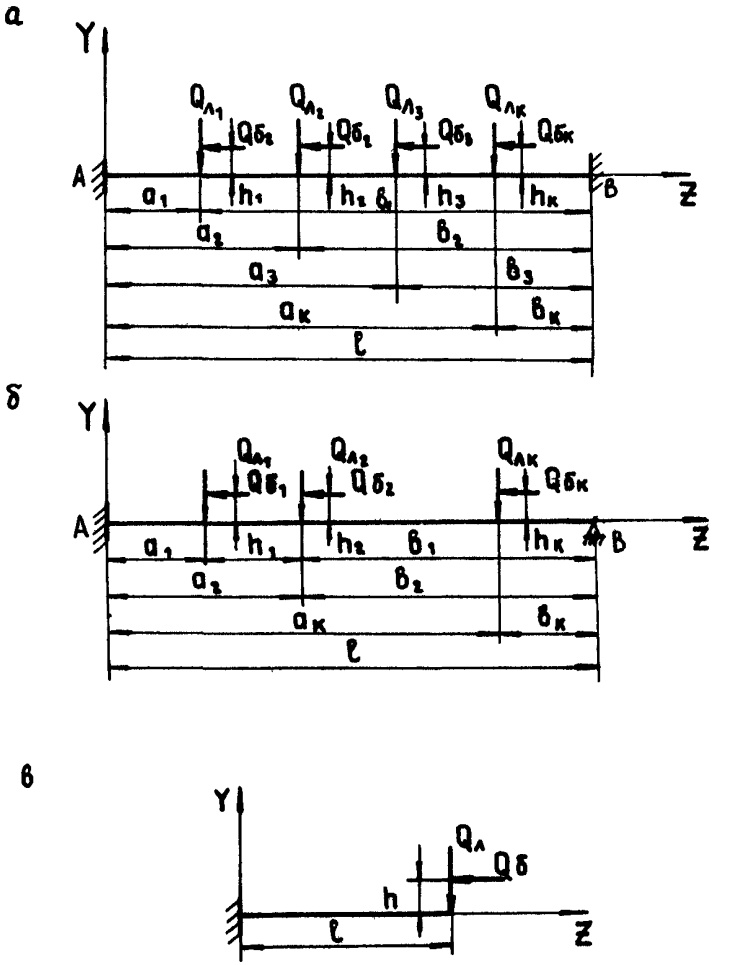


Рис. 3.I. Расчетные схемы армировки

до правой опорной плиты;

ℓ – длина расстрела.

3.4.2. Опорные моменты от действия лобовой нагрузки равны

$$M'_{AX} = -\frac{\sum_{K=1}^{n} Q_{AK}\, a_K\, b_K^2}{\ell^2}; \qquad (3.4)$$

$$M'_{BX} = \frac{\sum_{K=1}^{n} Q_{AK}\, a_K^2\, b_K}{\ell^2}. \qquad (3.5)$$

3.4. 3. Опорные реакции от действия боковой нагрузки равны

$$R''_{AY} = \frac{6\sum_{K=1}^{n} M_K\, a_K\, b_K}{\ell^3}; \qquad (3.6)$$

$$R''_{BY} = -\frac{6\sum_{K=1}^{n} M_K\, a_K\, b_K}{\ell^3}. \qquad (3.7)$$

3.4.4. Опорные моменты от действия боковой нагрузки равны

$$M''_{AX} = \frac{\sum_{K=1}^{n} M_K b_K (2a_K - b_K)}{\ell^2}; \qquad (3.8)$$

$$M''_{BX} = \frac{\sum_{K=1}^{n} M_K a_K (a_K - 2b_K)}{\ell^2}. \qquad (3.9)$$

3.5. Расчетная схема б (рис. 3.I).

3.5.I. Опорный момент от действия лобовой нагрузки равен

$$M'_{AX} = -\frac{\sum_{K=1}^{n} Q_{AK} (\ell^2 - b_K^2)\, b_K}{2\ell^2}. \qquad (3.10)$$

3.5.2. Опорные реакции от действия лобовой нагрузки равны

$$R'_{BY} = \frac{\sum_{K=1}^{n} (M_{AK} - Q_{AK} a_K)}{\ell}; \qquad (3.11)$$

$$R'_{AY} = \sum_{K=1}^{n} (Q_{AK}) - R'_{BY}, \qquad (3.12)$$

где $M_{AK} = \dfrac{Q_{AK} (\ell^2 - b_K^2)\, b_K}{2\ell^2}$.

3.5.3. Опорные реакции от действия боковой нагрузки

определяются по формуле

$$R'_A = R''_B = \frac{3\sum M_{AK}(l^2 - b_K^2)}{2l^3}. \qquad (3.13)$$

3.5.4. Опорный момент от действия боковой нагрузки равен

$$M_A = \sum_{K=1}^{n} \frac{M_K}{2}\left(1 - 3\frac{b_K^2}{l^2}\right). \qquad (3.14)$$

3.6. Расчетная схема б (рис.3.1).

3.6.1. Опорные реакции равны:

$$R'_{AV} = Q_K ; \qquad (3.15)$$

$$M'_{AX} = -Q_K \cdot l ; \qquad (3.16)$$

$$R''_{AV} = 0 ; \qquad (3.17)$$

$$M''_{AX} = -M_K . \qquad (3.18)$$

3.7 Результирующие реакции от нагрузок, передаваемых подъемным сосудом при более опасном сочетании:

$$M_{AX} = |M'_{AX}| + |M''_{AX}|^* ; \qquad (3.19)$$

$$M_{BX} = |M'_{BX}| + |M''_{BX}|^* ; \qquad (3.20)$$

$$R_{AV} = |R'_{AV}| + |R''_{AV}|^* ; \qquad (3.21)$$

$$R_{BV} = |R'_{BV}| + |R''_{BV}|^* . \qquad (3.22)$$

3.8. Опорные реакции от собственной массы армировки.

3.8.1. Опорные реакции для расчетной схемы а (рис.3.2) равны

$$R_{AX} = \left[\frac{\sum_{K=1}^{n} Q_{mK}(3a_K + b_K)b_K^2}{l^3} + \frac{q_P \cdot l}{2}\right]\cdot g ; \qquad (3.23)$$

$$R_{BX} = \left[\frac{\sum_{K=1}^{n} Q_{mK}(a_K + b_K \cdot 3)a_K^2}{l^3} + \frac{q_P \cdot l}{2}\right]\cdot g , \qquad (3.24)$$

где Q_{mK} – масса К-го проводника, передающая нагрузку на ярус по условиям закрепления на расстреле;

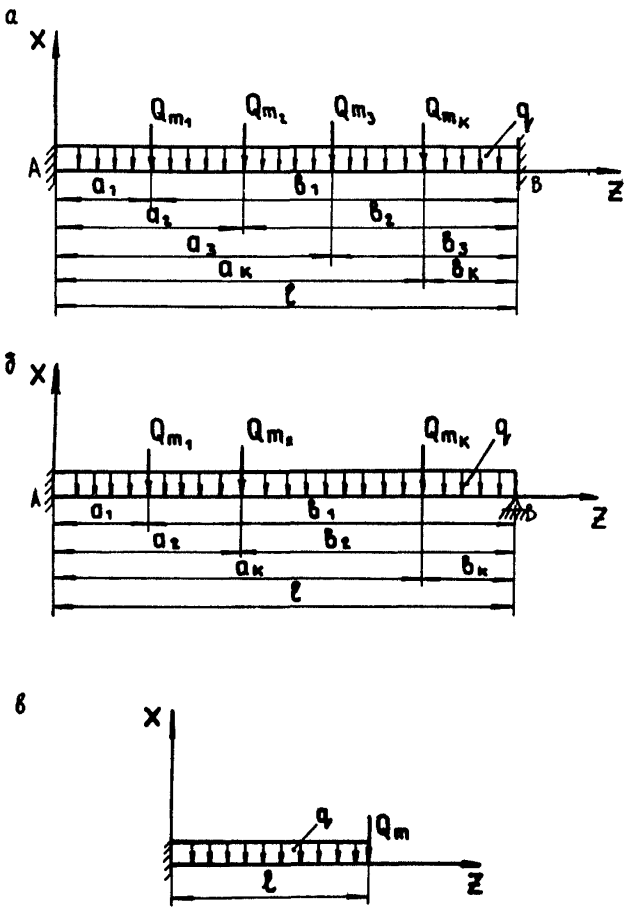


Рис. 3.2. Расчетные схемы определения нагрузок от собственной массы армировки

q_{pr} - масса одного погонного метра расстрела;

g - ускорение свободного падения.

$$Q_{mk} = K_{np} \cdot q_{np} \cdot H \cdot K \,, \qquad (3.25)$$

где K_{np} - коэффициент, зависящий от типа узла крепления.

$K_{np} = 1$ - при одиночных проводниках, $K_{np} = 2$ - при парных;

q_{np} - масса одного погонного метра провощника;

H - шаг армировки;

$K = 1{,}5$ - коэффициент неравномерности распределения массы проводников по ярусам по условиям их закрепления на расстрелах.

3.8.2. Опорные моменты для расчетной схемы а (рис.3.2) равны

$$M_{Ay} = -\left(\frac{\sum_{k=1}^{n} Q_{mk} \cdot a_k \cdot b_k^2}{l^2} + \frac{q_p \cdot l^2}{12}\right) g \,; \qquad (3.26)$$

$$M_{By} = -\left(\frac{\sum_{k=1}^{n} Q_{mk} \cdot a_k^2 \cdot b_k}{l^2} + \frac{q_p \cdot l^2}{12}\right) g \,. \qquad (3.27)$$

3.8.3. Опорный момент M_{Ay} для расчетной схемы б (рис.3.2) равен

$$M_{Ay} = -\left(\frac{\sum_{k=1}^{n} Q_{mk} \cdot (l^2 - b_k^2)}{2 l^2} + \frac{q_p l^2}{8}\right) g \,. \qquad (3.28)$$

3.8.4. Опорные реакции равны

$$R_{Bx} = \frac{\sum_{k=1}^{n} (M_{Ak} - Q_{mk} \cdot a_k \cdot g)}{l} + \frac{5 q_p l \cdot g}{8} \,; \qquad (3.29)$$

$$R_{Ax} = \Sigma (Q_{mk} \cdot g) - R_{Bx} \,, \qquad (3.30)$$

где

$$M_{Ak} = \frac{Q_{mk} (l^2 - b_k^2) \cdot g}{2 l^2} \,. \qquad (3.31)$$

3.8.5 Усилия в опоре для расчетной схемы 6 (рис.3.2) равны

$$R_{Ax} = (Q_m + q_f l) g ; \qquad (3.32)$$

$$M_{Ay} = -(Q_m \cdot l + q_f \frac{l^2}{2}) g . \qquad (3.33)$$

3.9. Для дальнейших расчетов необходимо использовать максимальные значения опорных моментов и опорных реакций, которые определяют по следующим формулам:

$$M_x = max\ (M_{Ax}, M_{Bx}) ; \qquad (3.34)$$

$$M_y = max\ (M_{Ay}, M_{By}) ; \qquad (3.35)$$

$$R_x = max\ (R_{Ax}, R_{Bx}) ; \qquad (3.36)$$

$$R_y = max\ (R_{Ay}, R_{By}) . \qquad (3.37)$$

3.10. Нагрузки, передаваемые расстрелом на узел крепления равны

$$Q = R_x^2 + (R_y \cos\alpha + R_z \sin\alpha)^2 ; \qquad (3.38)$$

здесь

$$R_z = \sum_{K=1}^{h} Q_{6K} . \qquad (3.39)$$

$$N = R_z \cdot \cos\alpha + R_y \sin\alpha , \qquad (3.40)$$

где Q – перерезывающая сила в узле крепления;

N – продольная сила.

3.11. Оценку нормальных напряжений в опорной плите вблизи отверстий для установки анкеров (рис.3.3) производят по формуле

$$\sigma = Q / (n_o \cdot d_o \cdot h_n) , \qquad (3.41)$$

где Q – перерезывающая сила;

n_o – количество отверстий в плите;

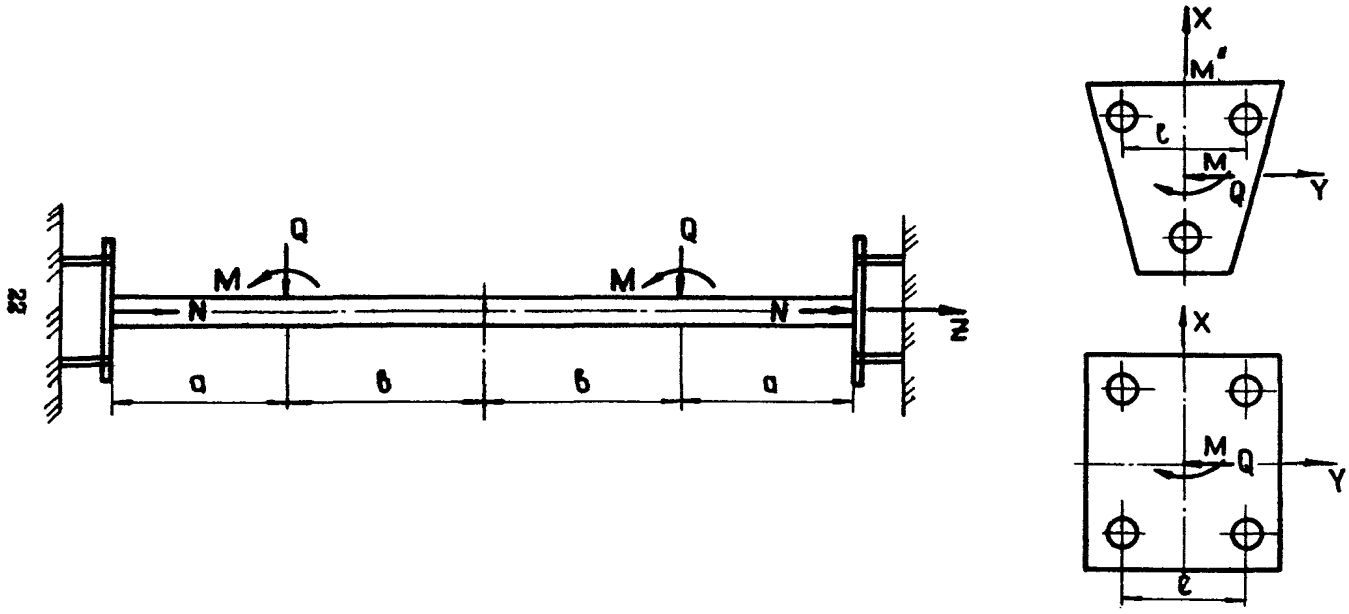


Рис. 3.3. Расчетная схема узла крепления армировки на анкерах

d_o – диаметр отверстий;

$h_п$ – толщина плиты.

3.12. Оценку нормальных напряжений в штангах, возникающих под действием изгибающих моментов M_x и M_y производить для конструкции плиты: с тремя анкерами (рис.3.4, а)

$$\sigma = 4N/(n_o \cdot d_ш^2 \cdot \pi) + 4M_x/(d_ш^2 \cdot \pi \cdot a_y) + 3M_y/(d_ш^2 \cdot \pi \cdot a_x), \quad (3.42)$$

где N – продольная сила;

M_x – момент относительно оси OX ;

M_y – момент относительно оси OY ;

$d_ш$ – диаметр штанги;

a_x – расстояние между штангами по оси OX ;

a_y – расстояние между штангами по оси OY ;

с четырьмя анкерами (рис. 3.4, б)

$$\sigma = 4N/(n_o \cdot d_ш^2 \cdot \pi) + 2M_x/(d_ш^2 \cdot \pi \cdot a_y) + 2M_y/(d_ш^2 \cdot \pi \cdot a_x), \quad (3.43)$$

3.13. Касательные напряжения необходимо определять по формуле

$$\tau = 4 \cdot Q/(n_o \cdot d_ш^2 \cdot \pi). \quad (3.44)$$

3.14. Оценку прочности при сложно-напряженном состоянии штанги производить по формуле

$$\sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2} \le [\sigma], \quad (3.45)$$

где $[\sigma]$ – допустимое напряжение.

3.15. Оценку напряжений среза плиты в местах ее соединения с расстрелом производить по формуле

$$\tau_{max} = N/F_{пс} + M_x/W_{пс_x} + M_y/W_{пс_y}, \quad (3.46)$$

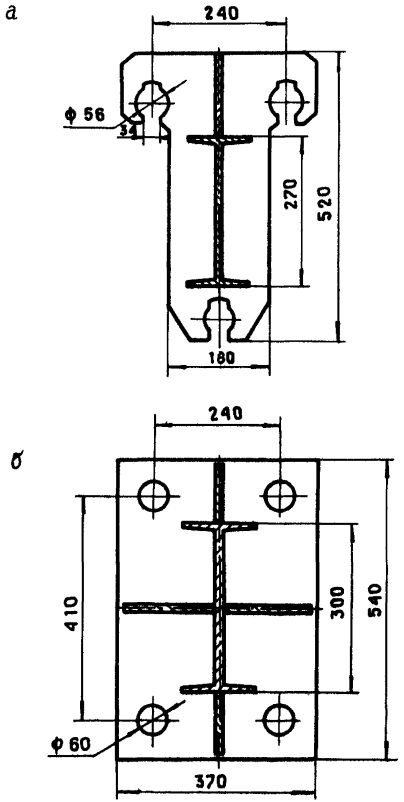


Рис. 3.4. Конструкция опорной плиты:

а – закрепляемой на трех штангах ;

б – закрепляемой на четырех штангах

при этом $F_{пе} = h_п \int_L dl$ - (3.47)

- площадь действия напряжений среза в плите,

где L - контур примыкающего к плите сечения расстрела;

l - координата на этом контуре.

Тогда $W_{пе_x}$ и $W_{пе_y}$ - моменты сопротивления срезу в плите при изгибе относительно осей OX и OY соответственно равны:

$$W_{пе_x} = \frac{h_п \int y^2 dl}{y_{max_L}}; \quad (3.48)$$

$$W_{пе_y} = \frac{h_п \int x^2 dl}{x_{max_L}}, \quad (3.49)$$

где x_{max_L} - максимальная координата X на контуре L;

y_{max_L} - максимальная координата Y на контуре L;

В данном случае систему координат выбирать из условия

$$\begin{cases} 0 = \int_L y\,dl \\ 0 = \int_L x\,dl \end{cases}. \quad (3.50)$$

Условие прочности принимать в виде

$$\tau_{max} \le 0{,}6\,[G] / K_н \cdot K_\alpha, \quad (3.51)$$

где $K_н$ - коэффициент, учитывающий неравномерность напряженного состояния, рекомендуется 1,3;

K_α - коэффициент, учитывающий концентрацию напряжений зависящий от угла α отклонения расстрела от перпендикуляра.

Значения K_α для соответствующих значений α приведены в табл. 3.1.

Таблица 3.1

α	0	5	10	15	20	25	30	35
K_α	1	1,05	1,11	1,16	1,21	1,26	1,31	1,37

3.16. Оценку напряжений в сварных швах на опорной плите производить по формуле

$$\tau_{max} = N/F_{шв} + M_x / W_{шв\,x} + M_y / W_{шв\,y}, \quad (3.52)$$

где $F_{шв}$ – площадь действия напряжений на сварных швах;

$W_{шв\,x}$ – момент сопротивления сварных швов напряжениям при действии момента относительно оси OX ;

$W_{шв\,y}$ – момент сопротивления сварных швов напряжениям при действии момента относительно оси OY .

Данные величины вычислять по формулам:

$$F_{шв} = \int_T h_{шв}\, dt \ ; \quad (3.53)$$

$$W_{шв\,x} = \left(\int_T h_{шв} \cdot y^2\, dt \right) / y_{max_T} ; \quad (3.54)$$

$$W_{шв\,y} = \left(\int_T h_{шв} \cdot x^2\, dt \right) / x_{max_T}, \quad (3.55)$$

где $h_{шв}$ – толщина шва;

T – контур сварного шва на плите;

t – координата на контуре T ;

y_{max_T} – максимальное значение y на контуре T ;

x_{max_T} – максимальное значение x на контуре T .

Систему координат выбирать из условия

$$\begin{cases} 0 = \int_T h_{шв} \cdot y\, dt \\ 0 = \int_T h_{шв} \cdot x\, dt \end{cases} \quad (3.56)$$

Условия прочности принимать аналогичными (3.51).

3.17. Оценку напряжений в косынках производить по формуле

$$\sigma_{max} = N/F_н + M_x/W_{нx} + M_y/W_{нy}, \quad (3.57)$$

где $F_н$, $W_{нx}$, $W_{нy}$ – площадь и моменты сопротивления сечения относительно осей OX и OY сечения, образованного косынками.

Данные величины вычислять с помощью следующих выражений:

$$F_н = \int_F dF ; \qquad (3.58)$$

$$W_{нx} = \left(\int_F y^2 dF \right) / y_{max_F} ; \qquad (3.59)$$

$$W_{нy} = \left(\int_F x^2 dF \right) / x_{max_F} . \qquad (3.60)$$

где F – площадь сечения;

dF – элементарный участок сечения;

y_{max_F} – максимальное значение y на сечении F ;

x_{max_F} – максимальное значение x на сечении F .

В данном случае система координат должна удовлетворять условиям

$$\begin{cases} 0 = \int_F y\, dF \\ 0 = \int_F x\, dF . \end{cases} \qquad (3.61)$$

Оценку прочности выполнять из условия

$$\sigma_{max} \leq [\sigma]. \qquad (3.62)$$

3.18. Оценку напряжений в сварных швах на расстреле производить по формуле

$$\tau_{max} = N / F_{шр} + M_x / W_{шр x} + M_y / W_{шр x}, \qquad (3.63)$$

где $F_{шр}$ – площадь действия напряжений на сварных швах;

$W_{шрx}$ – момент сопротивления напряжениям при действии момента относительно оси OX;

$W_{шр_y}$-момент сопротивления напряжениям при действии момента относительно оси ОУ.

Данные величины вычислять по формулам:

$$F_{шр} = \int_R h_{шр}\, dr ; \quad (3.64)$$

$$W_{шр_y} = \left(\int_R h_{шр} \cdot y^2 dr \right) / y_{max_R} ; \quad (3.65)$$

$$W_{шр_x} = \left(\int_R h_{шр} \cdot x^2 dr \right) / X_{max_R} , \quad (3.66)$$

где $h_{шр}$ – толщина шва;

R – контур сварного шва на расстреле;

r – координата на контуре R ;

y_{max_R} – максимальное значение y на контуре R ;

X_{max_R} – максимальное значение X на контуре R .

Система координат должна удовлетворять условиям

$$\begin{cases} 0 = \int_R h_{шр} \cdot y\, dr \\ 0 = \int_R h_{шр} \cdot X\, dr \end{cases} \quad (3.67)$$

Условия прочности имеют вид (3.II).

3.I9. Оценка напряжений среза плиты вблизи отверстий.

Площадь, на которой действуют напряжения среза, определять по формуле $F_{co} = \pi \cdot d_o \cdot h_o$. (3.68)

В случае , если конструкция плиты подобна приведенной на рис. 3.4.а , то максимальные напряжения среза вычисляются по формуле

$$\tau = N/(n_o F_{co}) + M_x/(F_{co} \cdot a_y) + M_y/(4/3\, a_x \cdot F_{co}). \quad (3.69)$$

В случае, если конструкция имеет вид, подобный изображенному на рис.3.4.б , максимальные напряжения среза имеют вид

$$\tau = N/(n_o F_{co}) + M_x/(2 \cdot F_{co} \cdot a_y) + M_y/(2 \cdot F_{co} \cdot a_x). \quad (3.70)$$

Оценку прочности производить с учетом σ , вычисленных по (3.45).

3.20. Диаметр стержней анкеров должен удовлетворять условию

$$\tau < [\tau] , \quad (3.7I)$$

где $\tau = \left(\frac{0{,}092}{Д_{ст}^2} + \frac{1{,}313}{Д_{ст}} \right) \cdot P \cdot 10^{-3}$, МПа, (3.72)

здесь τ – напряжения среза (чистого) в бетоне, окружающем

анкер;

$\mathcal{D}_{ст}$ – диаметр стержня анкера, м;

$P = \frac{N}{n_a}$ – осевое усилие на анкер, кН. (3.73)

Соотношение (3.72) справедливо для диаметров стержня анкера в пределах 0,02... 0,07 м.

3.21. При оценке напряженного состояния анкера с утолщением на конце следует определять диаметр утолщения из следующего соотношения:

$$\tau = 2{,}96 \frac{P}{\mathcal{D}_у}, \text{ МПа}, \quad (3.74)$$

где P – осевое усилие на анкер, кН;

$\mathcal{D}_у$ – диаметр утолщения на анкер, м.

3.22. Допустимые напряжения среза в бетоне будут равны

$$[\tau] = 0{,}75\sqrt{R_б \cdot R_{бt}} \quad (3.75)$$

где $R_б$ – расчетное сопротивление бетона осевому сжатию для предельных состояний первой группы согласно СНиП 2.03.01-84[х];

$R_{бt}$ – расчетное сопротивление бетона осевому растяжению для предельных состояний первой группы.

3.23. Рекомендуемую длину заделки анкера принимать по формуле

$$l_a > 8\,\mathcal{D}_{ст}$$

с учетом требования п. 2.19.

3.24. Расчет узлов крепления трубопроводов и блоков лестничных отделений производить аналогично расчету узлов крепления расстрелов.

4. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ АРМИРОВАНИЯ СТВОЛОВ С КРЕПЛЕНИЕМ ЭЛЕМЕНТОВ АРМИРОВКИ НА АНКЕРАХ

4.I. Армирование вертикальных стволов с креплением элементов армировки на анкерах следует выполнять в соответствии с проектом производства работ. Работы могут вестись по одной из технологических схем: последовательной, параллельной или совмещенной (в направлении сверху вниз или снизу вверх).

4.2. До начала изготовления элементов армировки необходимо произвести контрольную профилировку стенок ствола по будущим линиям установки расстрелов. По результатам профилировки уточнить номинальную длину расстрелов.

Для участков ствола с радиальным отклонением стенок крепи от проектного положения более чем на I00 мм расстрелы изготавливать индивидуальной длины.

4.3. Крепление расстрелов армировки с помощью опорных промежуточных кронштейнов осуществлять в следующей последовательности: с нижнего этажа подвесного полка с помощью шаблона производить разметку и бурение шпуров, устанавливать анкеры и закреплять на них кронштейны;

одновременно с верхнего этажа подвесного полка производить установку расстрелов.

4.4. При креплении элементов армировки анкерами непосредственно к стенкам ствола для монтажа яруса армировки следует использовать специальные шаблоны. Шаблон (рис.4.I) должен обеспечивать : комплектную сборку яруса армировки в соответствии с проектом и центровку его с требуемой точностью;

надежное фиксирование яруса армировки в проектном положении;

бурение шпуров строго соосно с отверстиями в опорных плитах расстрелов;

заряжание шпуров патронами с неорганическим вяжущим (нагне-

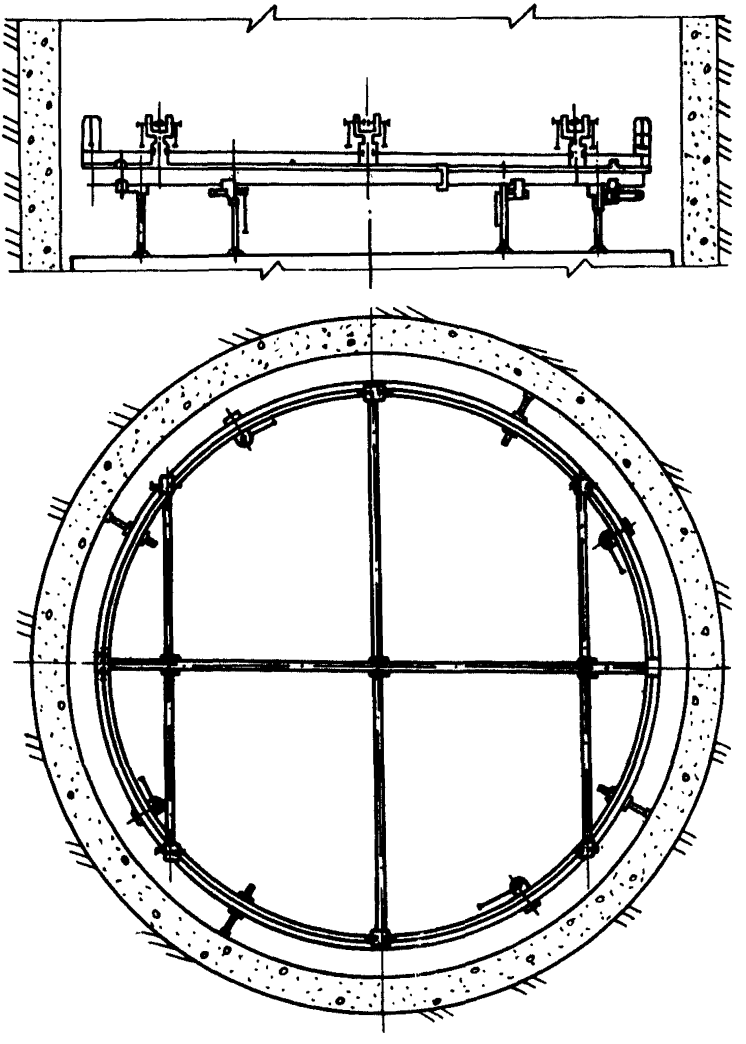


Рис. 4.I. Шаблон для комплектного монтажа расстрелов

тание в них твердеющей смеси), установку в них анкеров;

установку шайб и закрепление расстрелов на анкерах.

4.5. При монтаже армировки в направлении сверху вниз монтажный шаблон следует устанавливать на верхнем этаже переоборудованного проходческого полка. При монтаже армировки снизу вверх монтажный шаблон устанавливать на специальной площадке, подвешенной к нижнему этажу проходческого полка.

Возможно применение специальных армировочных полков.

4.6. Бурение шпуров для установки анкеров производить ручными перфораторами с использованием специальных приспособлений (пневмоподдержек , кондукторов и шаблонов) или специальными установками для комплектного бурения шпуров. В условиях железобетонной (металлобетонной) крепи применять бурильные установки с кольцевыми сверлами, армированными сверхтвердыми материалами, например, УБН-2 (разработчик ВНИИОМШС).

Применяемая установка и устройства должны обеспечивать строго заданную глубину бурения шпуров, которая должна превышать не более чем на 25 мм расчетную глубину заделки анкера.

4.7. Заряжание предварительно очищенных от буровой мелочи шпуров патронами с твердеющей смесью производить вручную с помощью деревянного забойника до полного их заполнения. Заполнение шпуров твердеющим раствором осуществлять с помощью пневмонагнетателя.

4.8. Установку анкеров в шпуры , заполненные патронами с неорганическим вяжущим, производить с помощью пневмосверла, снабженного специальным переходником , обеспечивающим установку анкера на заданную глубину (рис.4.2). Допускается применять для этих целей бурильные установки вращательного действия, используемые для комплектного бурения шпуров.

Установку анкеров в шпуры, заполненные твердеющим рас-

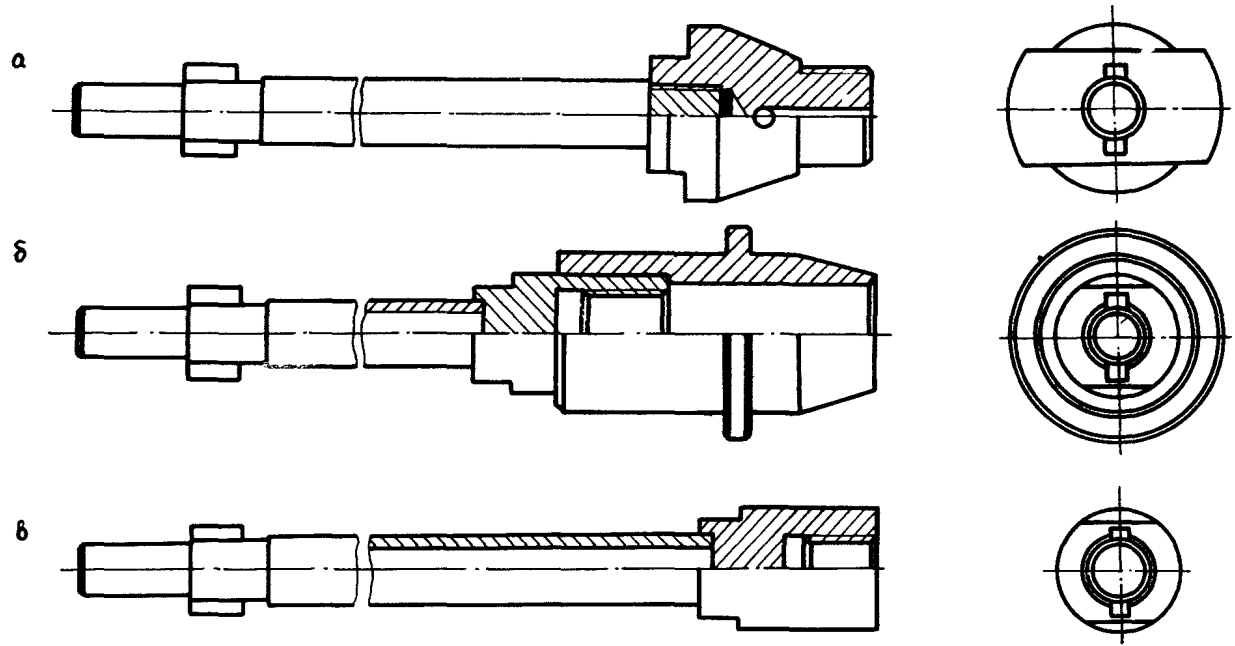


Рис. 4.2. Переходники для установки анкеров: а - трубчатых; б, в - из стали периодического профиля

твором производить вдавливанием.

Болты и гайки затягивать гайковертами. Усилие затяжки определять проектом.

4.9. При монтаже и эксплуатации армировки следует руководствоваться "Правилами безопасности в угольных и сланцевых шахтах", "Правилами технической эксплуатации подъемных установок при проходке вертикальных стволов шахт", "Едиными правилами безопасности при разработке рудных, нерудных и россыпных месторождений подземным способом".

Учитывая наличие в патронах раствора жидкого стекла, рабочие, занятые на установке анкеров, должны быть снабжены защитными очками.

4.10. Армирование ствола должно производиться под контролем маркшейдерской службы в соответствии с требованиями "Технической инструкции по производству маркшейдерских работ".

В процессе армирования дополнительному контролю подлежат: правильность установки анкеров, шайб, затяжка болтов и гаек, контргаек или стопорящих устройств, расстояние между опорными плитами расстрелов и стенкой ствола.

4.11. Замена элементов армировки в период эксплуатации в случае необходимости производить с использованием ранее установленных анкеров или с их заменой в зависимости от состояния анкера и конструкции узла крепления.

ПРИЛОЖЕНИЯ

П.I. РАСЧЕТ ЖЕСТКОСТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК АРМИРОВКИ

П.I.I. Исходные данные для расчета.

Расстояние по оси расстрела от крепи ствола до i -ой или j -ой связи a_i , a_j , $см$.

Горизонтальное расстояние от оси расстрела до подошвы проводника b , см.

Высота профиля проводника H_1 , см.

Высота головки рельса z_φ , см (для рельсовых проводников).

Площадь поперечного сечения расстрела F , $см^2$.

Площади поперечного сечения распорных "пальцев", установленных между крепью ствола и основным расстрелом F_{oi}, $см^2$.

Длины распорных "пальцев", l_{oi} , см.

Шаг армировки H , см.

Лобовый момент инерции проводника (момент инерции сечения проводника относительно центральной оси, параллельной координатной оси "x ") J^{α}, $см^4$.

Боковой момент инерции проводника (момент инерции сечения проводника относительно центральной оси, параллельной координатной оси "Y ") J^{δ}, $см^4$.

Момент инерции сечения расстрельной балки относительно центральной вертикальной оси J_x , $см^4$.

Наружный диаметр анкера D , см.

Количество анкеров, расположенных на каждой опорной плите n , шт .

Плечо боковой силы относительно вертикальной централь-

ной оси сечения расстрела, определяемое по формулам

– для рельсового проводника

$$d = b - \frac{r}{2} + H_1 ; \qquad (П1.1)$$

– для проводника прямоугольного профиля

$$d = b + \frac{2}{3} H_1 . \qquad (П1.2)$$

Величина, характеризующая податливость крепления проводника к расстрелу в боковом направлении, определяемая согласно табл. П.I.

Таблица П.I

Тип проводника	Р 38, Р 43	Р 50, Р 65	Р75 деревянные	коробчатые
Ф ($см^{-1}$)	I5	8	5	3

Длина расстрельной балки l , см,

П.I. 2. Лобовая жесткость расстрела.

П.I.2.I. Лобовая жесткость закрепленного с двух сторон расстрела в местах крепления проводников определяется по формулам

– для одинарного проводника

$$C_{12}^{u} = \frac{1}{\delta_{00} - \delta_{01} x_1 - \delta_{02} x_2 - \ldots - \delta_{0j} x_j - \ldots - \delta_{0N} x_N} ; \qquad (П1.3)$$

– для спаренного проводника

$$C_{12}^{u} = \frac{1}{\delta_{00} - \delta_{01} x_1 - \delta_{02} x_2 - \ldots - \delta_{0j} x_j - \ldots - \delta_{0N} x_N} + \frac{8EJ^{u}}{l^3} . \qquad (П1.4)$$

где значения x_j определяются из системы линейных уравнений

$$\begin{cases} (\Delta_1 + \delta_{11})x_1 + \delta_{12}x_2 + \ldots + \delta_{1j}x_j + \ldots + \delta_{1N}x_N = \delta_{10}, \\ \delta_{21}\cdot x_1 + (\Delta_2 + \delta_{22})x_2 + \ldots + \delta_{2j}x_j + \ldots + \delta_{2N}x_N = \delta_{20}, \\ \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \\ \delta_{j1}x_1 + \delta_{j2}x_2 + \ldots + (\Delta_j + \delta_{jj})x_j + \ldots + \delta_{jN}x_N = \delta_{j0}, \\ \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \\ \delta_{N1}x_1 + \delta_{N2}x_2 + \ldots + \delta_{Nj}x_j + \ldots + (\Delta_N + \delta_{NN})x_N = \delta_{N0}. \end{cases} \qquad (П.1.5)$$

Число уравнений системы (П.1.5) равно числу дополнительных связей N на расстреле, причем все дополнительные связи считаются упругими.

Податливости Δ_j дополнительных связей на расстреле определяются в зависимости от вида связей по соответствующим формулам.

а. Податливость соседнего проводника, прикрепленного к расстрелу

$$\Delta_j = \frac{H^3}{8EJ^\wedge}, \qquad (П.1.6)$$

(в случае спаренных проводников $\Delta_j = \frac{H^3}{16EJ^\wedge}$). (П.1.7)

б. Податливость распорных "пальцев"

$$\Delta_j = \frac{l_0}{EF_0}. \qquad (П.1.8)$$

в. Если параллельные расстрелы соединены между собой поперечной связью, то в этом случае жесткость связи принимается равной жесткости присоединенного расстрела в точке примыкания связи

и рассчитывается соответственно по конкретным схемам, приведенным ниже, в зависимости от схемы яруса армировки.

Коэффициенты влияния δ_{ij} в зависимости от расчетной схемы определяются по формулам.

а. Расчетная схема-рис. П.I.I, а.

$$\delta_{ij} = \frac{1}{6\nu_j E J_x \ell^3}\left\{(\ell-a_j)^2 a_i^2[3a_j\ell-(\ell+2a_j)a_i]+(a_i-a_j)^3\ell^3\right\}; \quad (П.9)$$

$$(i,j=0,1,2,\ldots,N),$$

где ν_j – коэффициент влияния заделки анкеров (определяется по графикам рис. П.I.I,а -П.I.5,а в зависимости от параметров $\frac{a_j}{\ell}$, $\varkappa=\beta\ell$, n);

$$\beta = \sqrt[4]{\frac{K_0 D}{4EJ_x}}; \quad (П1.10)$$

n – количество анкеров на опорной плите.

В случае $a_i \le a_j$, слагаемое $(a_i - a_j)^3$ не учитывается.

б. Расчетная схема-рис. П.I.I, б.

$$\delta_{ij} = \frac{1}{12\nu_j E J_x \ell^3}\left\{a_i^2[2(3a_j-a_i)\ell^3-(3\ell-a_j)(3\ell-a_i)a_j^2]+2\ell^3(a_i-a_j)^3\right\}; \quad (П1.11)$$

$$(i,j=0,1,2,\ldots,N),$$

где ν_j – определяется по графикам рис. П.6а-П.8а в зависимости от параметров $\frac{a_j}{\ell}$, $\varkappa=\beta\ell$, n.

При $a_i \le a_j$ слагаемое $(a_i - a_j)^3$ не учитывается.

в. Расчетная схема-рис. П.I.I, б.

При $i=j$ выражения δ_{ij} соответственно пунктам а, б принимают вид:

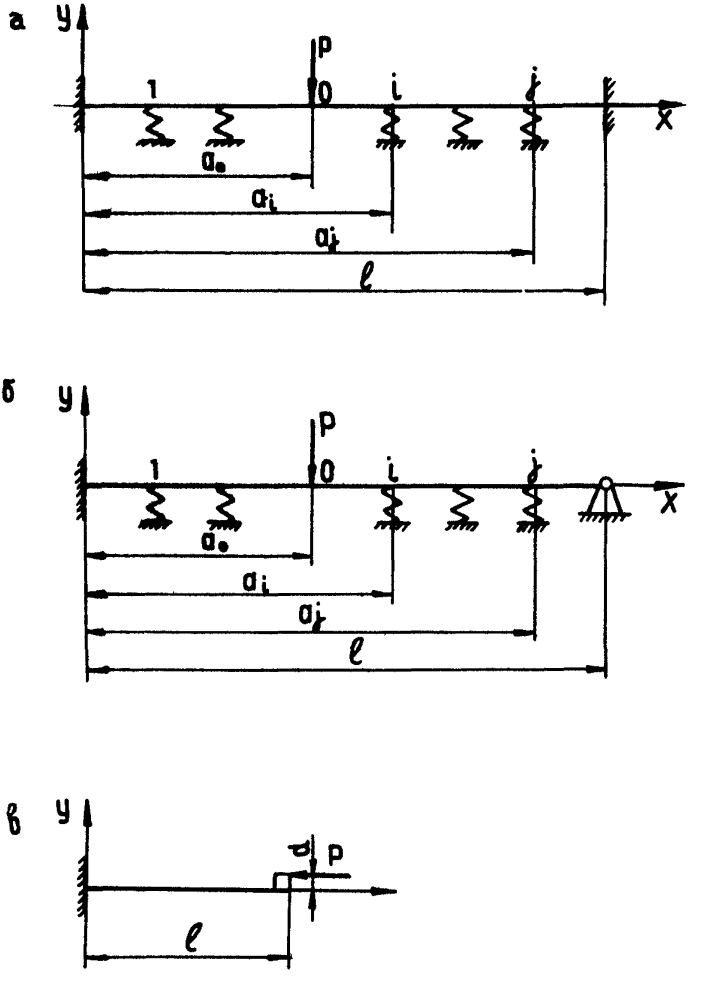


Рис. II.I.I

$$\delta_{ii}=\frac{a_i^3(\ell-a_i)^3}{3\nu_i E J_x \ell^3} \quad ; \quad \delta_{ij}=\frac{a_i^2[4\ell^3-a_i(3\ell-a_i)^2]}{12\nu_i E J_x \ell^3}. \qquad (П1.12)$$

П.I.2.2. Для консольных расстрельных балок лобовая жесткость определяется по формуле

$$C^1=\frac{EJFV}{\ell(d^2F+J)}, \qquad (П1.13)$$

где коэффициент V определяется из графиков рис. П.I.9,а в зависимости от параметров $\varkappa=\beta\ell$ и n.

П.I.3. Определение боковой жесткости расстрелов.

При определении боковой жесткости расстрелов дополнительные связи не учитываются.

П.I.3.I. Расчетная схема рис. П.I.2,а.

$$C^б=\frac{EV}{\frac{a_0}{F}+a_0(\ell-a_0)\frac{d^2}{J_x\ell^3}[3a_0^2-(3a_0-\ell)\ell]+\varphi}, \qquad (П1.14)$$

где V – коэффициент влияния заделки анкеров, определяемый в зависимости от параметров $\frac{a_0}{\ell}$, $\varkappa=\beta\ell$ и n по графикам рис. П.I.3,б–П.I.5,б.

П.I.3.2. Расчетная схема-рис. П.I.2,б.

$$C^б=\frac{EV}{\frac{a_0}{F}+a_0\frac{d^2}{4J_x\ell^3}[4\ell(3a_0^2+\ell^2)-3a_0(4\ell^2+a_0^2)]+\varphi}, \qquad (П1.15)$$

где V определяется в зависимости от параметров $\frac{a_0}{\ell}$, $\varkappa=\beta\ell$ и n по графикам рис. П.I.6,б–П.I.8,б.

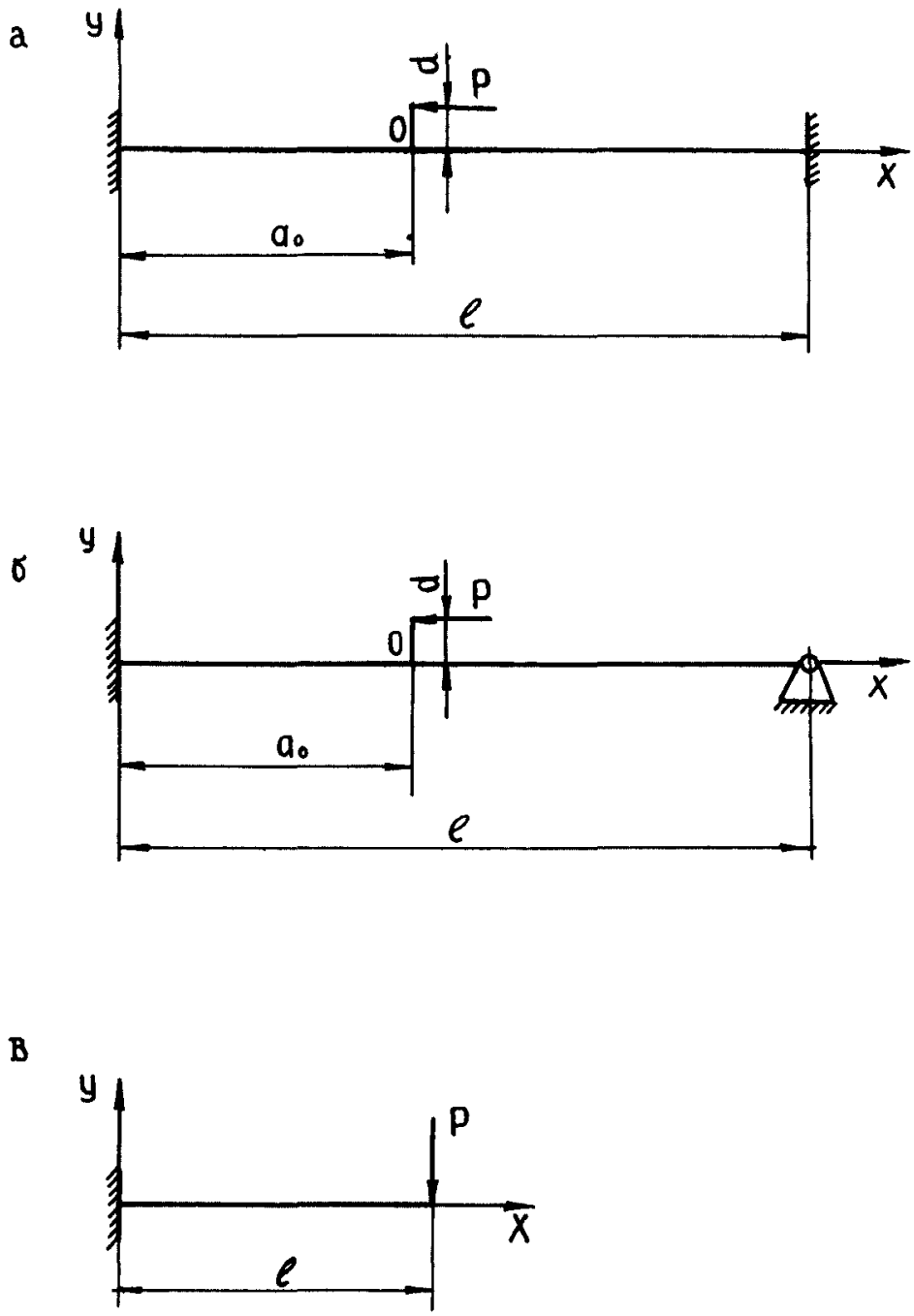
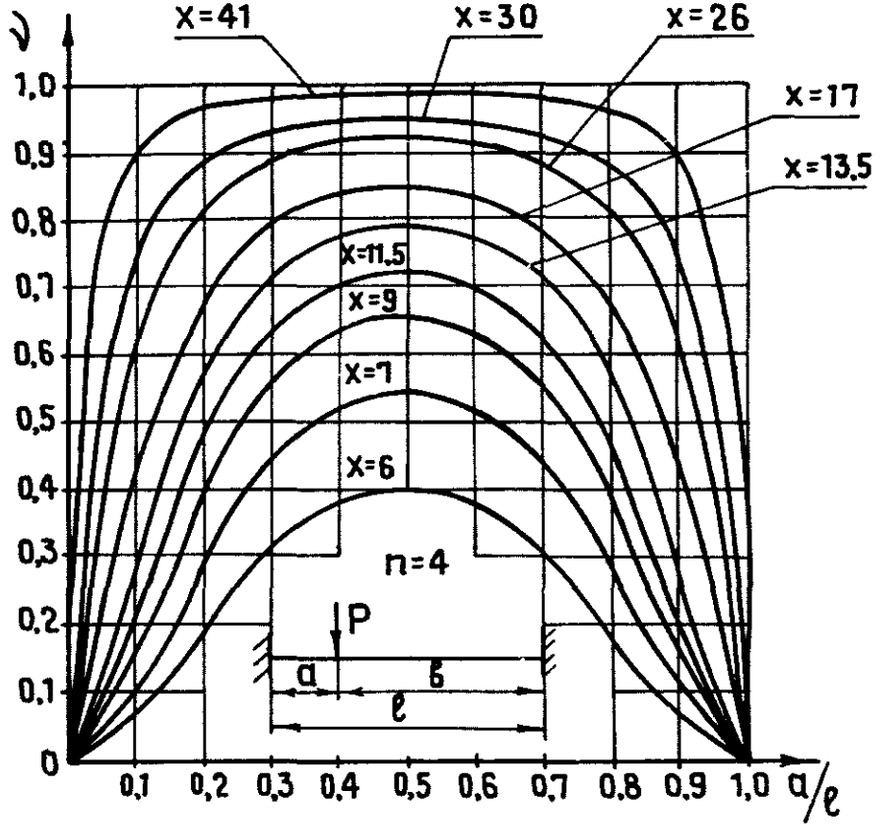


Рис. П.I.2

а


y
x=41
x=30
x=26
x=17
x=13,5
x=11,5
x=9
x=7
x=6
n=4
P
a
b
ℓ
1,0
0,9
0,8
0,7
0,6
0,5
0,4
0,3
0,2
0,1
0
0,1 0,2 0,3 0,4 0,5 0,6 0,7 0,8 0,9 1,0 a/ℓ

б

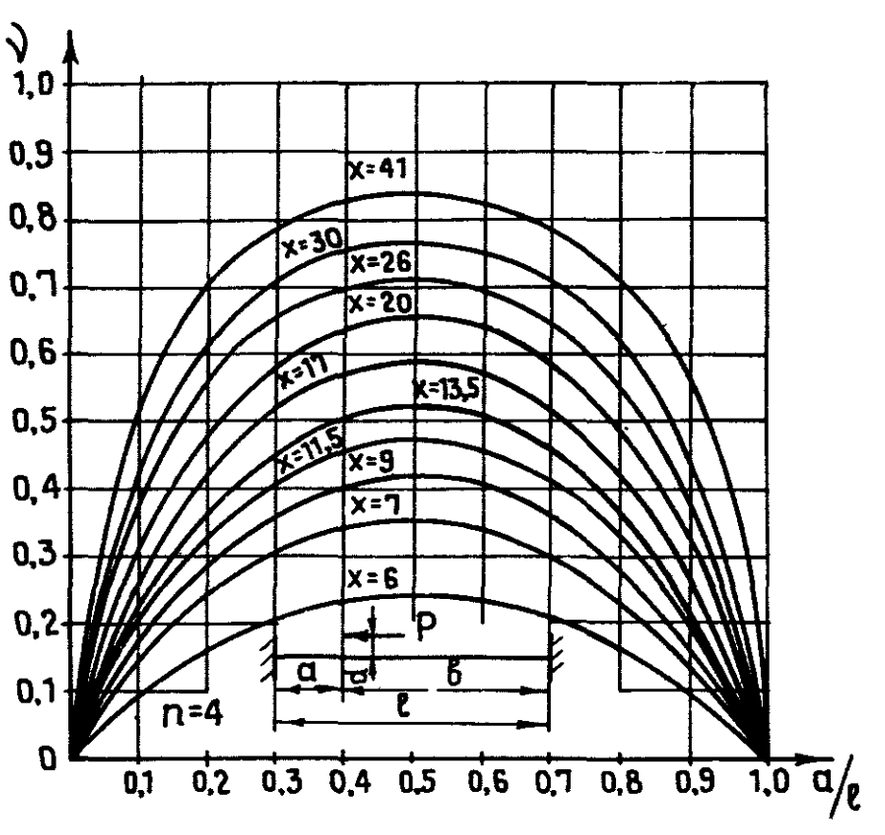

y
x=41
x=30
x=26
x=20
x=17
x=13,5
x=11,5
x=9
x=7
x=6
n=4
P
a
b
ℓ
1,0
0,9
0,8
0,7
0,6
0,5
0,4
0,3
0,2
0,1
0
0,1 0,2 0,3 0,4 0,5 0,6 0,7 0,8 0,9 1,0 a/ℓ

Рис. II.I.3

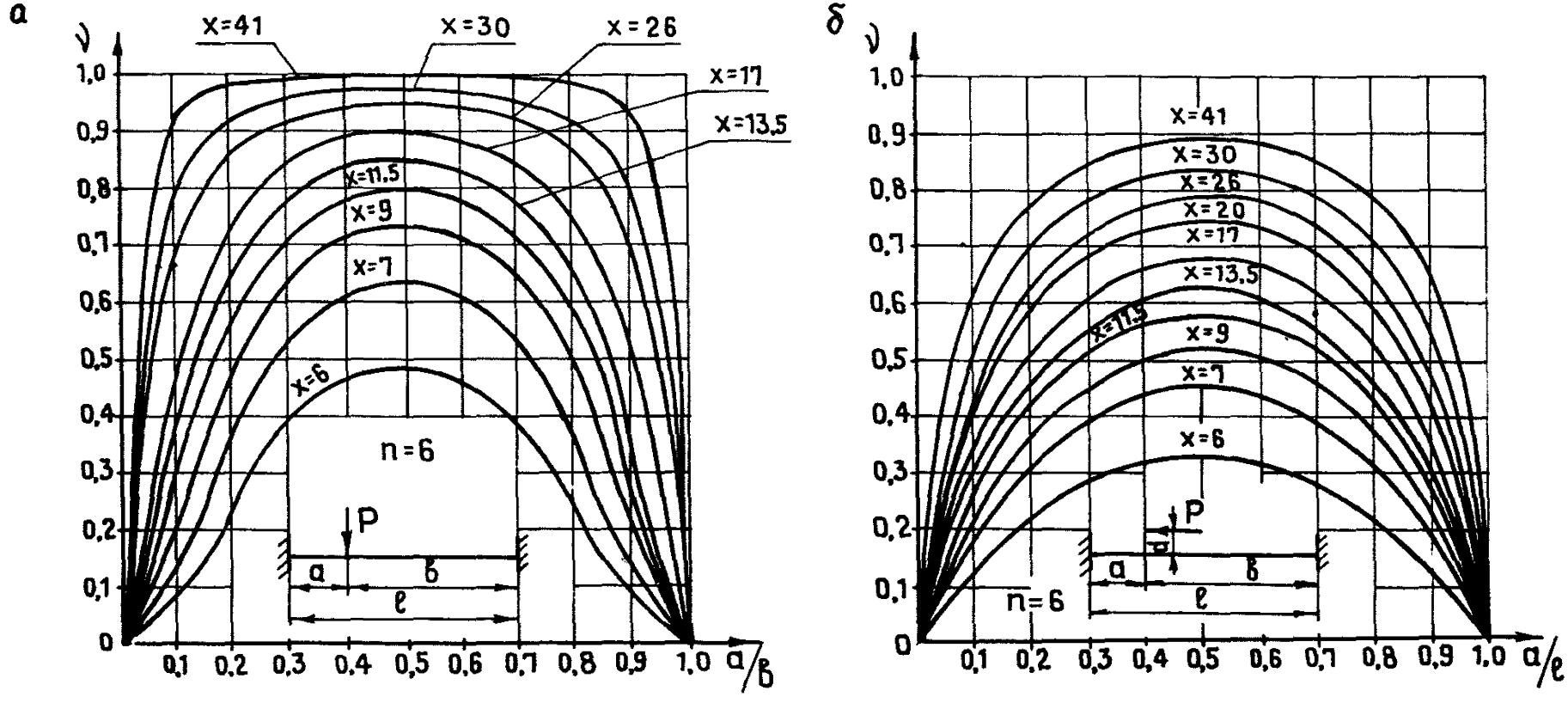

а
ν
x=41
x=30
x=26
x=17
x=13,5
x=11,5
x=9
x=7
x=6
n=6
P
a
b
ℓ
a/ℓ
б
ν
x=41
x=30
x=26
x=20
x=17
x=13,5
x=11,5
x=9
x=7
x=6
n=6
P
a
b
ℓ
a/ℓ

Рис. II.I.4

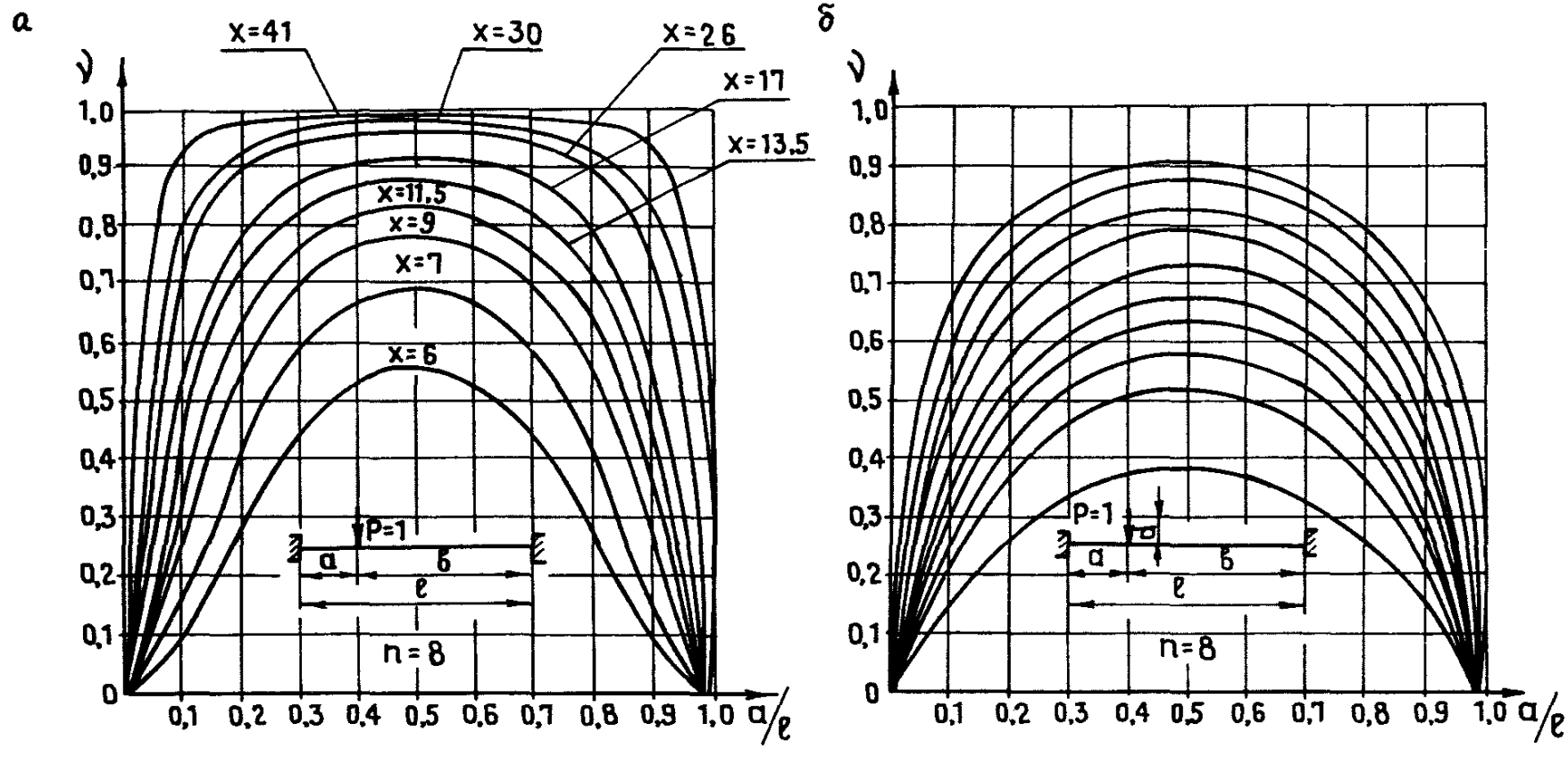
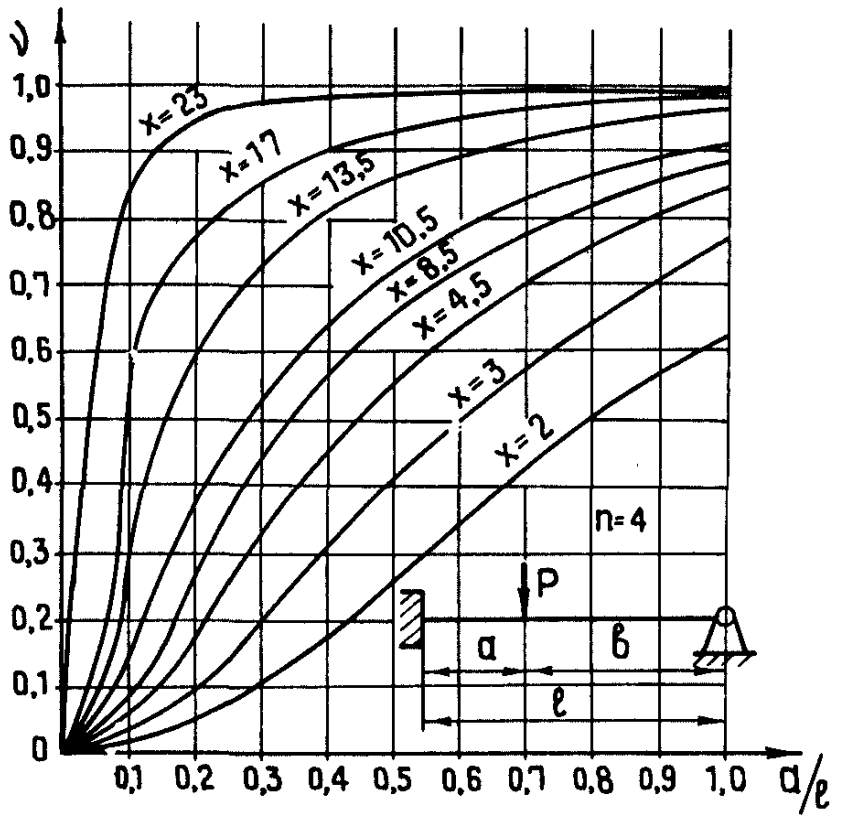

а
б
x=41
x=30
x=26
x=17
x=13,5
x=11,5
x=9
x=7
x=6
y
1,0
0,9
0,8
0,7
0,6
0,5
0,4
0,3
0,2
0,1
0
0,1 0,2 0,3 0,4 0,5 0,6 0,7 0,8 0,9 1,0 a/ℓ
P=1
a
b
ℓ
n=8

Рис. II.I.5

а


y
1,0
0,9
0,8
0,7
0,6
0,5
0,4
0,3
0,2
0,1
0
x=23
x=17
x=13,5
x=10,5
x=8,5
x=4,5
x=3
x=2
n=4
P
a
б
ℓ
0,1 0,2 0,3 0,4 0,5 0,6 0,7 0,8 0,9 1,0 a/ℓ

б

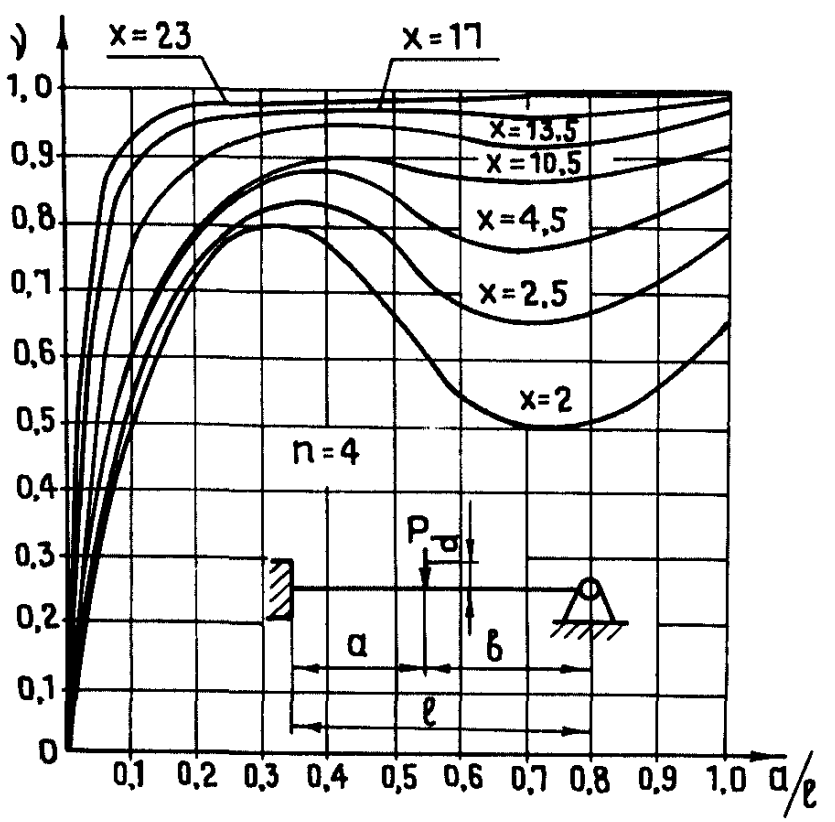
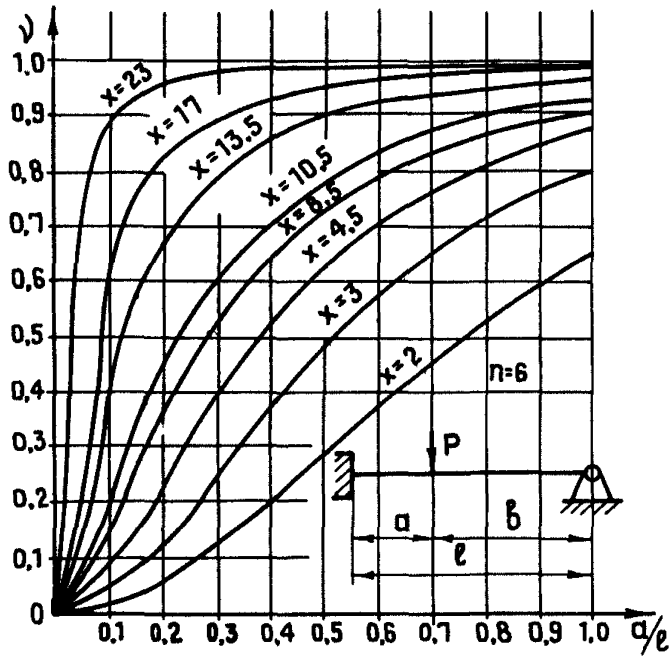

y
x=23
x=17
1,0
0,9
0,8
0,7
0,6
0,5
0,4
0,3
0,2
0,1
0
x=13,5
x=10,5
x=4,5
x=2,5
x=2
n=4
P
a
б
ℓ
0,1 0,2 0,3 0,4 0,5 0,6 0,7 0,8 0,9 1,0 a/ℓ

Рис. П.I.6

а


ν
1,0
0,9
0,8
0,7
0,6
0,5
0,4
0,3
0,2
0,1
0
x=23
x=17
x=13,5
x=10,5
x=6,5
x=4,5
x=3
x=2
n=6
P
a
b
ℓ
0,1 0,2 0,3 0,4 0,5 0,6 0,7 0,8 0,9 1,0
a/ℓ

б

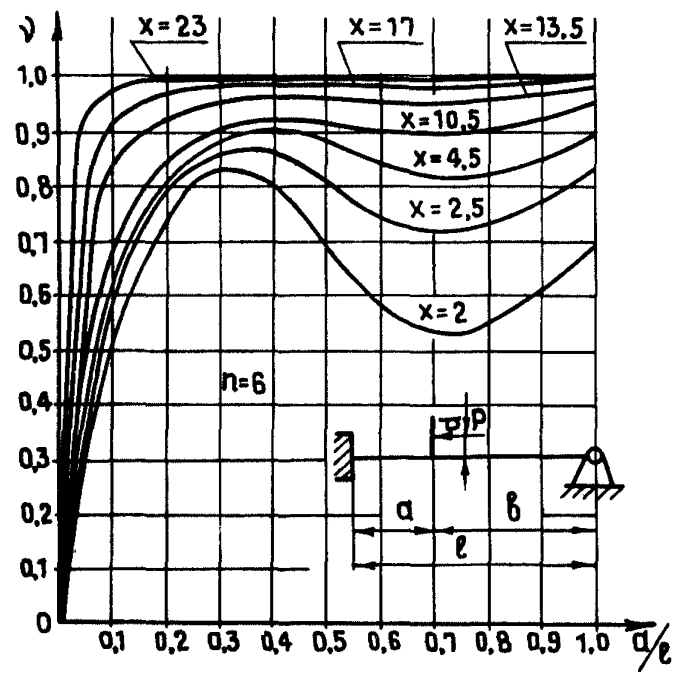
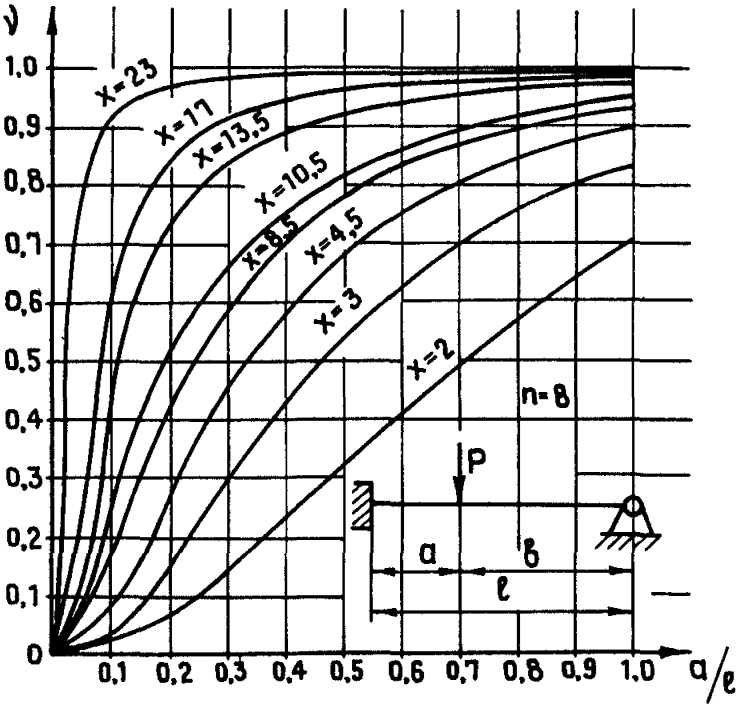

ν
x=23
x=17
x=13,5
x=10,5
x=4,5
x=2,5
x=2
n=6
P
a
b
ℓ
1,0
0,9
0,8
0,7
0,6
0,5
0,4
0,3
0,2
0,1
0
0,1 0,2 0,3 0,4 0,5 0,6 0,7 0,8 0,9 1,0
a/ℓ

Рис. II.I.7

а


ν
1,0
0,9
0,8
0,7
0,6
0,5
0,4
0,3
0,2
0,1
0
x=23
x=17
x=13,5
x=10,5
x=8,5
x=4,5
x=3
x=2
n=8
P
a
b
ℓ
0,1 0,2 0,3 0,4 0,5 0,6 0,7 0,8 0,9 1,0
a/ℓ

б

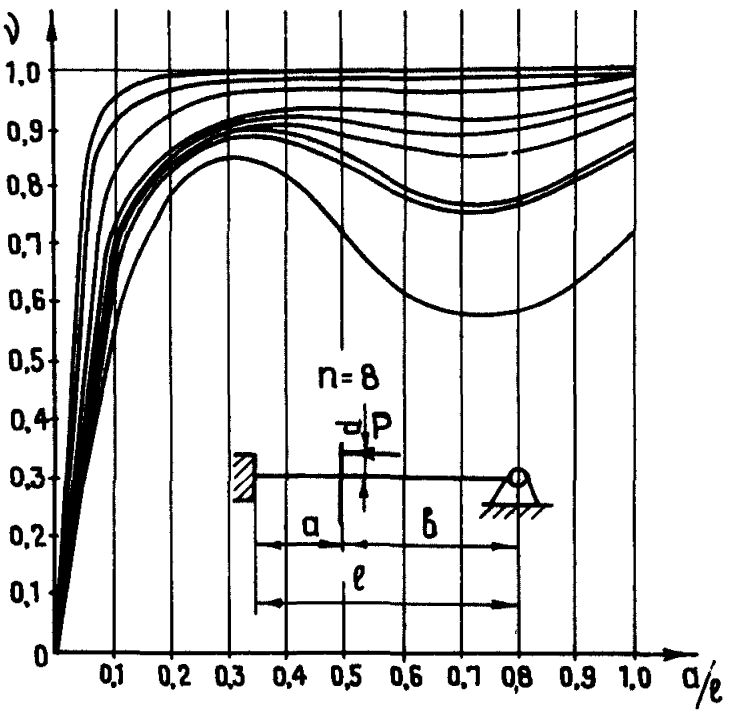
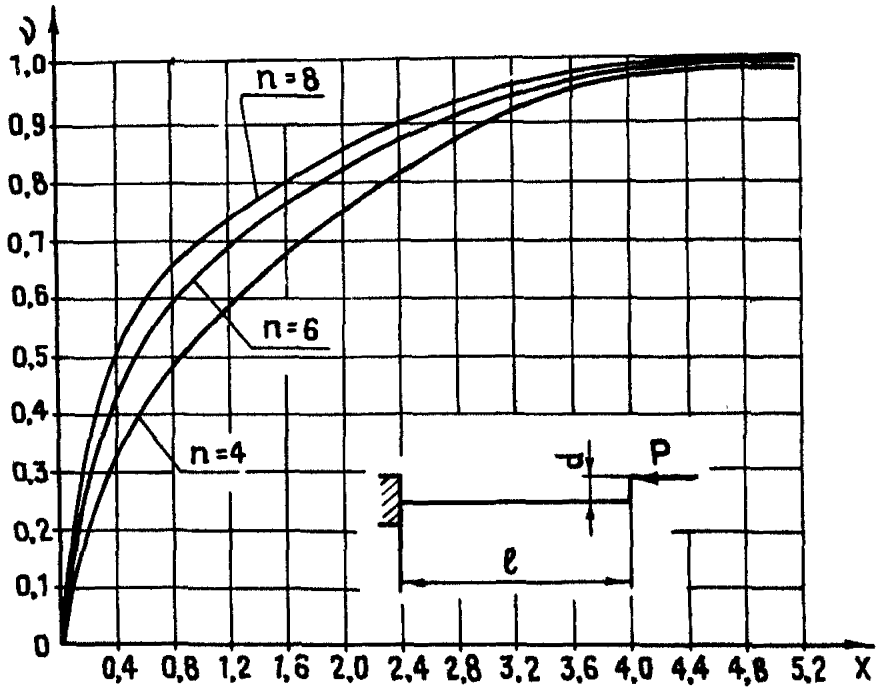

ν
1,0
0,9
0,8
0,7
0,6
0,5
0,4
0,3
0,2
0,1
0
n=8
d
P
a
b
ℓ
0,1 0,2 0,3 0,4 0,5 0,6 0,7 0,8 0,9 1,0
a/ℓ

Рис II.I. 8

а


ν
1,0
0,9
0,8
0,7
0,6
0,5
0,4
0,3
0,2
0,1
0
n=8
n=6
n=4
P
ℓ
0,4 0,8 1,2 1,6 2,0 2,4 2,8 3,2 3,6 4,0 4,4 4,8 5,2 X

б

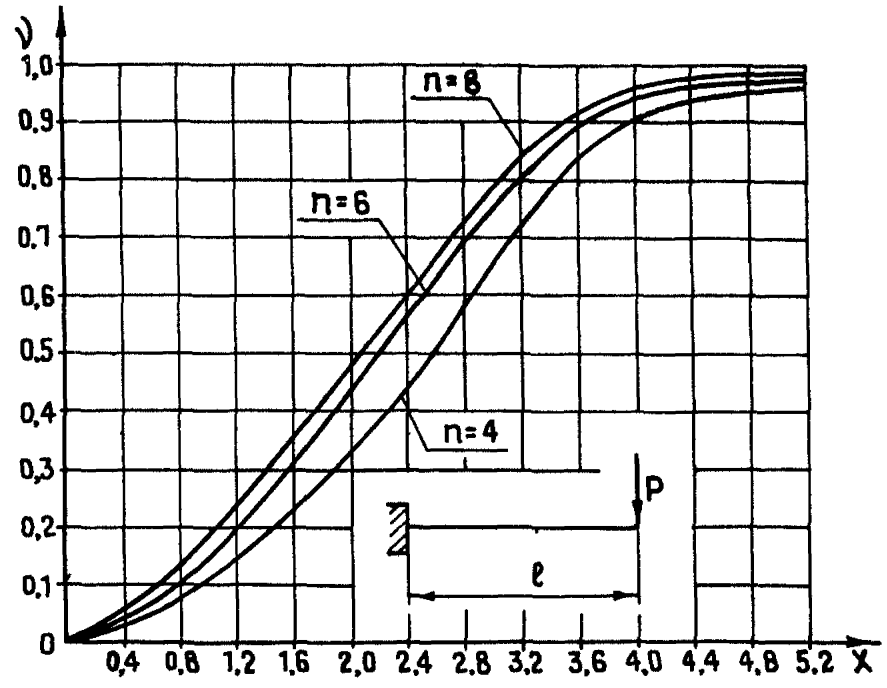

ν
1,0
0,9
0,8
0,7
0,6
0,5
0,4
0,3
0,2
0,1
0
n=8
n=6
n=4
P
ℓ
0,4 0,8 1,2 1,6 2,0 2,4 2,8 3,2 3,6 4,0 4,4 4,8 5,2 X

Рис. II.I.9

П. I.3.3. Расчетная схема-рис. П.I.2,в:

$$C^{\varepsilon} = \frac{3EJV}{\ell^3}, \qquad (П1.16)$$

где V определяется в зависимости от параметра $\alpha = \beta\ell$ и n по графиками рис. П.I.9,б.

П. I.4. Дальнейший расчет системы "сосуд-армировка" выполняется как проверочный по условиям устойчивости движения сосудов, прочности элементов армировки и кинематической связи направляющих сосуда с проводниками в соответствии с "Методикой расчета жестких армировок вертикальных стволов шахт".

Пример расчета узлов крепления элементов армировки клетевого ствола на анкерах.

П.2.I. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ ДЛЯ РАСЧЕТА

В качестве примера принят воздухоподающий ствол ш/у "Мирное" ПО "Ростовуголь".

П.2.I. I. Диаметр ствола в свету - 7 м.

П.2.I. 2. Глубина ствола - II30 м.

П.2.I. 3. Толщина бетонной крепи - 500 мм.

П.2.I. 4. Количество подъемов-2 (клети с противовесом).

П.2.I. 5. Тип клети - 2 КНА-4,0.

П.2.I. 6. Масса клети - 74I0 кг.

П.2.I. 7. Максимальная масса груженой клети - I7500 кг.

П.I.2. 8. Масса противовеса - I3800 кг.

П.2.I. 9. Максимальная скорость движения клетей - I0 м/с.

П.2.I.I0. Армировка ствола - жесткая металлическая с односторонним боковым расположением проводников.

П.2.I.II. Профиль проводника - рельс Р-43.

П.2.I.I2. Профиль расстрела - двутавр 27 Са.

П.2.I.I3. Шаг армировки - 6,25 м.

П.2.I.I4. Расположение подъемных сосудов и армировки в сечении ствола представлены на рис. П.2.I.

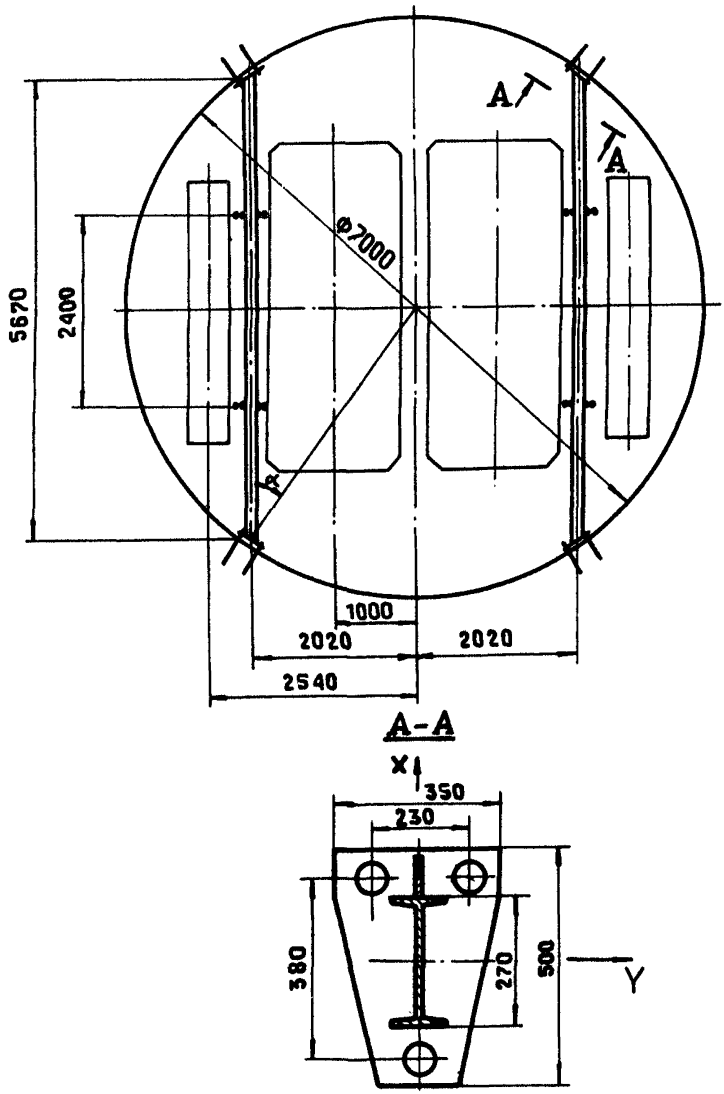


Рис. П.2.I. Эскиз конструкции

П.2.2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАГРУЗОК В ОПОРАХ

П.2.2.1. Горизонтальные нагрузки на расстрел в местах крепления проводников определяются в соответствии с "Методикой расчета жестких армировок вертикальных стволов шахт" с использованием пакета прикладных программ "Подъем по стволу" подсистемы "Комплекс главного и вспомогательного стволов" САПР-Уголь и равны:

в лобовом направлении – $Q_A = 7,2$ кН;

в боковом направлении – $Q_B = 3,3$ кН

(табл. "Силовые факторы при номинальном относительном смещении расстрелов").

В соответствии с расчетной схемой (рис. П.2.2) определяются силовые факторы, возникающие в узлах крепления.

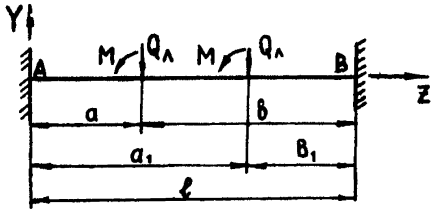


Рис. П.2.2

П.2.2.2. Момент, возникающий при действии боковой нагрузки

$$M = Q_B \cdot h ,$$

где h – расстояние от оси расстрела до головки проводникового рельса, м.

$$M = 3,3 \cdot 0,21 = 0,639 \text{ кНм.}$$

Опорные моменты от действия лобовой нагрузки:

$$M'_{Ax} = -\frac{Q_A(ab^2 + a_1 b_1 \ell)}{\ell^2} ;$$

$$M'_{Bx} = \frac{Q_A(a^2 b + a_1^2 b_1)}{\ell^2} ,$$

где ℓ – длина расстрела, м.

В случае симметричного расположения проводников, когда $a = b_1$ и $a_1 = b$, опорные моменты равны

$$M'_{A_x} = -M'_{B_x} = -\frac{Q_A a b}{\ell} = -8{,}377 \text{ кНм}.$$

П.2.2.3. Опорные реакции от действия лобовой нагрузки:

$$R'_{A_y} = \frac{Q_A \cdot (3a + b) b^2}{\ell^3};$$

$$R'_{B_y} = \frac{Q_A \cdot (a + 3b) a^2}{\ell^3}.$$

В случае симметричного расположения проводников:

$$R'_A = R'_B = Q_A = 7{,}2 \text{ кН}.$$

П.2.2.4. Опорные моменты от действия боковой нагрузки:

$$M''_{A_x} = \frac{M \cdot b}{\ell^2}(2a - b) + \frac{M \cdot b_1}{\ell^2}(2a_1 - b_1) = \frac{0{,}693 \cdot 4{,}035 \cdot (2 \cdot 1{,}635 - 4{,}035)}{5{,}67^2} +$$

$$+ \frac{0{,}639 \cdot 1{,}635 \cdot (2 \cdot 4{,}035 - 1{,}635)}{5{,}67^2} = 0{,}16 \text{ кНм}.$$

При симметричном расположении

$$M''_{A_x} = -M''_{B_x}.$$

П.2.2.5. Реакции опор от действия боковой нагрузки:

$$R''_{A_y} = -\left(\frac{6 M \cdot a \cdot b}{\ell^3} + \frac{6 M a' \cdot b'}{\ell^3}\right);$$

$$R''_{B_y} = -R''_A.$$

Для симметричного расположения:

$$R''_{A_y} = -\frac{3 M \cdot a \cdot b}{\ell^3}.$$

$$R''_{A_y} = -\frac{3 \cdot 0{,}693 \cdot 1{,}635 \cdot 4{,}035}{5{,}67^3} = -0{,}075 \text{ кН}.$$

$$R''_{B_y} = 0{,}075 \text{ кН}.$$

П.2.2.6. Результирующие реакции от нагрузок, передаваемых подъемным сосудом при более опасном сочетании:

$$M_{A_y} = |M'_{A_y}| + |M''_{A_y}| = 8{,}377 + 0{,}16 = 8{,}537 \text{ кНм};$$

$$M_{B_y} = |M'_{B_x}| + |M''_{B_y}| = 8{,}377 + 0{,}16 = 8{,}537 \text{ кНм};$$

$$R_{A_y} = R'_A + R''_A = 7{,}2 - 0{,}08 = 7{,}120 \text{ кН};$$

$$R_{B_y} = R'_B + R''_B = 7{,}2 + 0{,}08 = 7{,}200 \text{ кН}.$$

П.2.2.7. Опорные реакции от собственной массы армировки.

Расчетная схема для определения опорных реакций от собственной массы армировки приведена на рис. П.2.3.

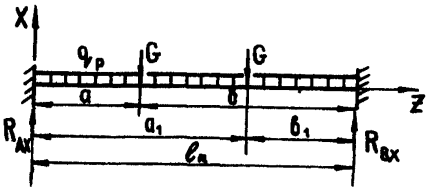


Рис. П.2.3

$$R_{A_x} = R_{B_x} = q_{fp} \cdot \frac{\ell}{2} \cdot g + G \cdot g \quad ,$$

здесь – $G = 2 q_{fпр} \cdot H \cdot K$,

где q_{fp} – масса одного погонного метра расстрела, кг/м;

ℓ – длина расстрела, м ;

g – ускорение свободного падения, м/с^2;

G – масса проводников, кг;

$q_{fпр}$ – масса одного погонного метра проводника, $q_{fпр}$ = 44,65кг/м;

H – шаг армировки, H = 6,25 м ;

K – коэффициент неравномерности распределения массы проводников по ярусам по условиям их закрепления на расстрелах, K = I,5 .

$G = 2 \cdot 44{,}65 \cdot 6{,}25 \cdot I{,}5 = 837{,}2$ кг.

$$R'_{A_x} = R'_{B_x} = 47 \cdot \frac{5{,}67}{2} \cdot 9{,}8I + 837{,}2 \cdot 9{,}8I = I307 + 82I3 = 9{,}52 \text{ кН}$$

П.2.2.8. Опорные моменты от масы расстрела:

$$M'_{A_y} = M'_{B_y} = \frac{q \ell^2 \cdot g}{I2} ;$$

$$M'_{A_y} = M'_{B_y} = \frac{47 \cdot 5{,}67^2 \cdot 9{,}8I}{I2} = I235 \text{ Нм} = I{,}235 \text{ кНм} .$$

Опорные моменты от массы проводников:

$$M''_{A_y} = \frac{G \cdot g \cdot (a \cdot b^2 + a_1 b_1^2)}{l^2};$$

$$M''_{B_y} = \frac{G \cdot g (a^2 \cdot b + a_1^2 b_1)}{l^2}.$$

В случае симметричного расположения проводника на пролете:

$$M''_{A_y} = M''_{B_y} = \frac{Gg \cdot a \cdot b}{l}.$$

$$M''_{A_y} = M''_{B_y} = \frac{837{,}2 \cdot 9{,}81 \cdot 1{,}635 \cdot 4{,}035}{5{,}67} = 9556 \text{ Нм} = 9{,}556 \text{ кНм}.$$

П.2.2.9. Опорные моменты от собственного веса арматуры:

$$M_{A_y} = M_{B_y} = M'_{A_y} + M''_{A_y} = 1{,}235 + 9{,}556 = 10{,}79 \text{ кНм}.$$

П.2.3. ОЦЕНКА НАПРЯЖЕНИЙ В УЗЛЕ КРЕПЛЕНИЯ

П.2.3.1. Оценка нормальных напряжений в опорной плите.

Напряжения в опорной плите

$$\sigma = \frac{Q}{n_o \cdot d_o \cdot h_п};$$

$$Q = \sqrt{R_{A_y}^2 + (R_{B_y} \cdot \cos\alpha + Q_в \cdot \sin\alpha)^2},$$

где Q – перерезывающая сила, кН;

n_o – количество отверстий в опорной плите;

d_o – диаметр отверстий, м;

$h_п$ – толщина плиты, м;

$$Q = \sqrt{7{,}275^2 + (9{,}52 \cos\alpha + 3{,}3 \cdot \sin\alpha)^2} = 12{,}1 \text{ кН},$$

$$\sigma = \frac{12{,}1}{3 \cdot 0{,}065 \cdot 0{,}02} = 3103 \text{ кН/м}^2.$$

П.2.3.2. Оценка нормальных напряжений в штангах.

Нормальные напряжения в штангах, возникающие под действием изгибающих моментов с тремя анкерами на опорной плите

$$\sigma = \frac{4N}{n_o d_ш^2 \cdot \pi} + \frac{4M_x}{d_ш^2 \cdot \pi \cdot a_y} + \frac{3M_y}{d_ш^2 \cdot \pi \cdot a_x}$$

где N – продольная сила, $N = Q_в \cdot \cos\alpha + R_y \cdot \sin\alpha$, кН;

$d_ш$ – диаметр штанги, м;

a_x – расстояние между штангами по оси OX, м;

λ_y – расстояние между штангами по оси OY, м.

$N = 3{,}3\cos\alpha + 7{,}275 \cdot \sin\alpha = 6{,}894$ кН,

$$\sigma = \frac{6{,}894 \cdot 4}{3 \cdot 0{,}026^2 \pi} + \frac{4\ 8{,}537}{\pi \cdot 0{,}026^2 \cdot 0{,}23} + \frac{3 \cdot 10{,}791}{\pi \cdot 0{,}026^2 \cdot 0{,}38} = 4328 + 69912 +$$

$+ 40115 = 114355$ кН/м^2.

П.2.3.3. Касательные напряжения в теле анкера от перерезывающей силы

$$\tau = \frac{4Q}{\pi \cdot n_o \cdot d_ш^2}.$$

$$\tau = \frac{12{,}1 \cdot 4}{\pi \cdot 3 \cdot 0{,}026^2} = 7597 \text{ кН/м}^2.$$

П.2.3.4. Оценка прочности сложно-напряженного состояния штанги

$$[\sigma] \geqslant \sqrt{\sigma^2 + 3 \cdot \tau^2}.$$

$$\sqrt{\sigma^2 + 3 \cdot \tau^2} = \sqrt{114355^2 + 3 \cdot 7597^2} = 115110 \text{ кН/м}^2 = 115{,}1 \text{ МПа}.$$

$$[\sigma] = R_u = R_{un} \frac{\gamma_c}{\gamma_m},$$

где R_u – расчетное сопротивление на растяжение, сжатие и изгиб проката и труб по пределу текучести (СНиП II-23-81[x]);

R_{un} – временное сопротивление стали растяжению, сжатию, изгибу, принимаемое равным минимальному значению $\sigma_в$:

- для проката по ГОСТ 5781-82 ;
- для труб по ГОСТ 8731 - 87;

γ_c – коэффициент условий работы, $\gamma_c = 0{,}7$ (для работы анкеров в шахте);

γ_m – коэффициент надежности по материалу.

$$[\sigma] = \frac{300 \cdot 0{,}7}{1{,}05} = 200 \text{ МПа}.$$

Условие прочности

$$[\sigma] > \sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2}$$

для штанг выполняется.

П.2.3.5. Оценка напряжений среза плиты в местах ее соединения с расстрелом.

Напряжения среза плиты будут равны:

$$\tau_{max} = \frac{N}{F_{пс}} + \frac{M_x}{W_{пс_x}} + \frac{M_y}{W_{пс_y}} ,$$

где $F_{пс}$ – площадь действия напряжений среза в плите.

$$F_{пс} = h_п \cdot \int_{\angle} dl ,$$

здесь: $h_п$ – толщина плиты, м;

$\angle$ – контур примыкающего к плите сечения расстрела;

l – координата на этом контуре, м;

$\int_{\angle} dl$ – периметр расстрела, примыкающего к плите, м;

$W_{пс_x}$ и $W_{пс_y}$ – моменты сопротивления срезу в плите при изгибе относительно осей OX и OY.

$$W_{пс_x} = \frac{h_п \int_{\angle} y^2 dl}{y_{max_{\angle}}} ;$$

$$W_{пс_y} = \frac{h_п \int_{\angle} x^2 dl}{x_{max_{\angle}}} ,$$

где $x_{max_{\angle}}$ – максимальная координата X на контуре $\angle$;

$y_{max_{\angle}}$ – максимальная координата У на контуре $\angle$.

Система координат должна удовлетворять условию

$$\begin{cases} 0 = \int_{\angle} y dl \\ 0 = \int_{\angle} x dl . \end{cases}$$

П.2.3.6. Координаты нейтральной оси, удовлетворяющие этому условию, будут равны

$$y_i^o = \frac{S_x}{F} ;$$

$$x_i^o = \frac{S_y}{F} ,$$

где $S_y = \sum h_п \cdot x_{цтi} \cdot l_i$ – статический момент площади участка контура примыкания расстрела к плите;

$F = \sum h_п \cdot l_i$ – площадь контура примыкания расстрела к плите.

На рис. П.2.4 предоставлена расчетная схема для определения геометрических характеристик сечения при срезе плиты.

$$\sum_{i=1}^{n} h_n l_i \bar{X}_{чтi} = h_n l_1 \cdot x_{чт1} + h_n \cdot l_2 \cdot x_{чт2} + h_n l_3 x_{чт3} =$$

$$= 0{,}02 \cdot 0{,}37 \cdot 0{,}05 + 0{,}02 \cdot 0{,}124 \cdot 0{,}135 + 0{,}02 \cdot 0{,}124 \cdot (-0{,}135) = 3{,}7 \cdot 10^{-4}.$$

$$\sum_{i=1}^{n} h_n \cdot l_i = 0{,}02 \cdot 0{,}37 + (0{,}02 \cdot 0{,}124) \cdot 2 = 1{,}24 \cdot 10^{-2}.$$

П.2.3.7. Координата X нейтральной оси Y_0 будет равна

$$= \frac{3{,}7 \cdot 10^{-4}}{1{,}24 \cdot 10^{-2}} = 2{,}9 \cdot 10^{-2}.$$

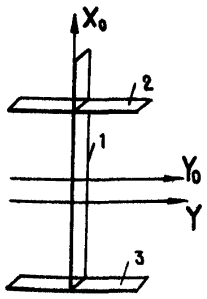


Рис. П.2.4

П.2.3.8. Момент сопротивления сечения:

$$W_{neX} = \Sigma (J_{yi} + F_i X_{чтi}^2) / X_{max} =$$

$$= \left(\frac{0{,}37^3 \cdot 0{,}02}{12} + 0{,}02 \cdot 0{,}04 \cdot 2{,}9 \cdot 10^{-2} + \right.$$

$$+ \frac{2 \cdot 0{,}02 \cdot 0{,}124}{12} + 0{,}02 \cdot 0{,}124 \cdot (2{,}9 \times$$

$$\times 10^{-2} + 0{,}14^2) \cdot 0{,}02 \cdot 0{,}124 (0{,}14 -$$

$$- 2{,}9\ 10^{-2})^2) / X_{max} = (\ 8{,}4 \cdot 10^{-5} + 6{,}6 \cdot 10^{-6} + 1{,}65 \cdot 10^{-7} + 6{,}75 \cdot 10^{-5} +$$

$$+ 2{,}6 \cdot 10^{-4}) \ / \ 2{,}05 \cdot 10^{-1} = 2{,}04 \cdot 10^{-3}.$$

П.2.3.9. Момент сопротивления сечения относительно центральной оси X_0:

$$W_{neX_0} = \left(\sum_{i=1}^{3} (J_{Xi} + F_i Y_{0чтi}^2) \right) / Y_{0max} = \left(\frac{0{,}02^3 \cdot 0{,}37}{12} + \left(\frac{0{,}02 \cdot 0{,}124^3}{12} \right) 2 \right) / 0{,}062 =$$

$$= \frac{2{,}4 \cdot 10^{-7}}{0{,}062} + \frac{6{,}35 \cdot 10^{-6}}{0{,}062} = 1{,}06 \cdot 10^{-4}.$$

$$\tau_{max} = \frac{6,894}{1,236\cdot10^{-2}} + \frac{8,537}{1,06485\cdot10^{-4}} + \frac{10,791}{2,044\cdot10^{-3}} = 557,74 + 8017,1 +$$

$$+ 5278,2 = 86007 \text{ кН/ м}^2 = 86,007 \text{ МПа}$$

П.2.310. Допустимые напряжения среза

$$[\tau] = 0,6\cdot[\sigma] / K_н \cdot K_\alpha ,$$

где $[\sigma]$ – предел текучести материала стали ;

$K_н$ – коэффициент неравномерности напряженного состояния, $K_н = 1,3$;

K_α – коэффициент, учитывающий концентрацию напряжений, зависящий от угла отклонения расстрела от перпендикуляра, при $\alpha = 35^0$, $K_\alpha = 1,37$.

$$[\tau] = 0,6\cdot275 / 1,3\cdot1,37 = 92,6 \text{ МПа}.$$

Условие $\tau_{max} \leqslant [\tau]$ выполняется.

П.2.311. Оценка напряжений в сварных швах на опорной плите.

Напряжения среза в сварных швах будут равны :

$$\tau_{max} = \frac{N}{F_{шв}} + \frac{M_y}{W_{швx}} + \frac{M_y}{W_{швy}} ;$$

здесь $F_{шв}$ – площадь действия напряжений в сварных швах;

$W_{швx}$, $W_{швy}$ – моменты сопротивления сварных швов относительно осей $0X_0$, $0Y_0$.

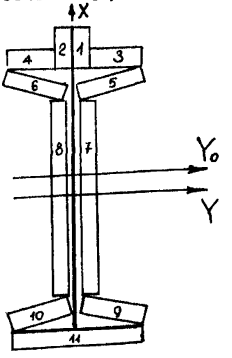


Рис.П.2.5

Принимаем катет сварного шва $K = 0,01$м

П.2.312. Площадь сварных швов :

$$F_{шв.} = \sum_{i=1}^{11} K_i h_{швi} = 2\cdot0,01\cdot0,1 + 2\left(\frac{0,124}{2} - \frac{0,01}{2} - 0,01\right)0,01 + 4\cdot0,057\cdot0,01 +$$

$$+ 2(0,27 - 2\cdot0,01 - 37\cdot4)0,01 + 0,124\cdot0,01 =$$

$$= 2\cdot10^{-3} + 9,4\cdot10^{-4} + 2,28\cdot10^{-3} + 3,904\cdot10^{-3} +$$

$$+ 1,24\cdot10^{-3} = 1,0364\cdot10^{-2} \text{ м}^2.$$

П.2.3.I3. Координата нейтральной оси $У_0$ определяется по формуле $$y_0 = \frac{S_x}{\Sigma_{шв.}}$$, где

$$S_x = \sum_{i=1}^{n} K_i h_{шв.i} \cdot y_{чтi} = 2\cdot0{,}0I\cdot0{,}I\cdot0{,}I85 + 2\left(\frac{0{,}I24}{2} - \frac{0{,}0I}{2} - 0{,}0I\right)\times$$

$$\times\, 0{,}0I\cdot0{,}I35 + 2\cdot0{,}057\cdot0{,}0I\left(\frac{0{,}27}{2} - 0{,}0I37\right) + 2\cdot(0{,}27 - 2\cdot0{,}0I -$$

$$- 0{,}0I4\cdot4)\cdot0{,}0I\cdot0 + 2\cdot0{,}057\cdot0{,}0I\left[-\left(\frac{0{,}27}{2} - 0{,}0I37\right)\right] + (0{,}I24\cdot0{,}0I\times$$

$$\times\left(\frac{0{,}27}{2}\right)) = 3{,}7\cdot I0^{-4} + 2{,}943\cdot I0^{-4} + I{,}38\cdot I0^{-4} + 0 - I{,}38\cdot I0^{-4} -$$

$$- I{,}674\cdot I0^{-4} = 4{,}969\cdot I0^{-4}\ м^3 .$$

$$y_0 = \frac{4{,}969\cdot I0^{-4}}{I{,}036\cdot I0^{-2}} = 4{,}794\cdot I0^{-2}\ м.$$

П.2.3.I4. Момент сопротивления сечения сварных швов без учета угла наклона полок двутавра будет равен (относительно нейтральной оси $У_0$): $$W_{шв_y} = \frac{\int h_{шв}\, y^2\, dt}{X_{max_T}} = \frac{\Sigma\left(J_{iy} + F_{шв.i}\cdot X^2_{чтi}\right)}{X_{max_T}}.$$

$$W_{шв_y} = \left(2\left[\frac{0{,}0I\cdot0{,}I^3}{I2} + 0{,}0I\cdot0{,}I\left(\frac{0{,}27}{2} + \frac{0{,}I}{2} - y_0\right)^2\right] + 2\left[\left(\frac{0{,}I24}{2} -\right.\right.$$

$$\left.\left. - \frac{0{,}0I}{2} - 0{,}0I\right)\frac{0{,}0I^3}{I2} + \left(\frac{0{,}I24}{2} - \frac{0{,}0I}{2} - 0{,}0I\right)\cdot0{,}0I\cdot\left(\frac{0{,}27}{2} - y_0\right)^2\right] +$$

$$+ 2\left[0{,}057\cdot\frac{0{,}0I^3}{I2} + 0{,}057\cdot0{,}0I\left(\frac{0{,}27}{2} - 0{,}0I4 - y_0\right)^2\right] + 2\left[0{,}0I\times\right.$$

$$\left.\frac{(0{,}27 - 4\cdot0{,}0I4 - 2\cdot0{,}0I)^3}{I2} + 0{,}0I(0{,}27 - 4\cdot0{,}0I4 - 0{,}02)\cdot y_0^2\right] +$$

$$+2\left[0{,}057\cdot\frac{0{,}0I^3}{I2} + 0{,}057\cdot0{,}0I\left(\frac{0{,}27}{2} - 0{,}0I4 + y_0\right)^2\right] + 0{,}I24\,\frac{0{,}0I^3}{I2} + 0{,}I24\times$$

$$\times\, 0{,}0I\left(\frac{0{,}27}{2} + y_0\right)^2\Big) \Big/ \left(\frac{0{,}27}{2} - y_0 + 0{,}05\right) = (2(8{,}3\cdot I0^{-7} + I{,}9\cdot I0^{-5}) +$$

$$+ 2\cdot(3{,}9\cdot I0^{-9} + 3{,}6\cdot I0^{-6}) + 2(4{,}75\cdot I0^{-9} + 3{,}I\cdot I0^{-6}) + 2(I{,}3\cdot I0^{-5} +$$

$$+ I{,}2\cdot I0^{-4}) + 2(4{,}8\cdot I0^{-9} + I{,}6\cdot I0^{-5}) + I{,}0\cdot I0^{-8} + 4{,}2\cdot I0^{-5}\Big) / I{,}37\cdot I0^{-I}$$

$$= I{,}08\cdot I0^{-3}\ м^3.$$

П.2.3.I5. Момент сопротивления сечения сварных швов относительно оси X.

$$W_{шв_x} = \frac{\int h_{шв} \cdot y^2 dt}{y_{max_T}} = \frac{\Sigma(J_{i_x} + F_{шв_i} \cdot y^2_{цт_i})}{y_{max_T}}.$$

$$W_{шв_x} = (2(0,1\,\frac{0,01^3}{12} + 0,1 \cdot 0,01 \cdot 0,005^2) + 2\Big[(\frac{0,124}{2} - \frac{0,01}{2} - 0,01)^3\,\frac{0,01}{12} +$$

$$+ (\frac{0,124}{2} - \frac{0,01}{2} - 0,01) \cdot 0,01 \cdot (\frac{0,124}{4} + \frac{0,01}{4} + \frac{0,01}{2})^2\Big] + 4\Big[\frac{0,01 \cdot 0,057^3}{12} +$$

$$+ 0,01 \cdot 0,06 \cdot (0,06 + \frac{0,01}{2})^2\Big] + 2\Big[(0,27 - 4 \cdot 0,014 - 2 \cdot 0,01) \cdot \frac{0,01^3}{12}\Big] +$$

$$+ (0,27 - 4 \cdot 0,014 - 2 \cdot 0,01) \cdot 0,01 \cdot (\frac{0,01}{2})^2 + \frac{0,01 \cdot 0,124^3}{12}\Big) \Big/ \frac{0,124}{2} =$$

$$= 2((8,3 \cdot 10^{-9} + 2,5 \cdot 10^{-8}) + 2(8,7 \cdot 10^{-8} + 6,97 \cdot 10^{-7}) + 4(1,5 \cdot 10^{-7} +$$

$$+ 2,2 \cdot 10^{-6}) + 2(1,6 \cdot 10^{-8} + 5,4 \cdot 10^{-8})) \Big/ 6,2 \cdot 10^{-2} = \frac{1,28 \cdot 10^{-5}}{6,2 \cdot 10^{-2}} =$$

$$= 2,07 \cdot 10^{-4}\ м^3.$$

П.2.3.16. Напряжение среза в сварных швах

$$\tau_{max} = \frac{6,89}{1,036 \cdot 10^{-2}} + \frac{8,537}{2,06 \cdot 10^{-4}} + \frac{10,791}{1,08 \cdot 10^{-3}} = 665 + 41304 + 9989 = 51958\ кН/м^2 =$$

$$= 52\ МПа.$$

П.2.3.17. Допустимые напряжения среза будут равны

$$[\tau] = R_{wf}/K_н \cdot K_\alpha,$$

здесь R_{wf} – расчетное сопротивление угловых швов срезу (условному) по металлу шва; для электродов типа Э42 А R_{wf}=180 МПа.

$$[\tau] = \frac{180}{1,3 \cdot 1,37} = 101\ МПа.$$

$$[\tau] > \tau_{max}$$

П.2.3.18. Оценка напряжений в расстреле, усиленном косынками, примыкающего к опорной плите

$$\sigma_{max} = \frac{N}{F_н} + \frac{M_x}{W_{нx}} + \frac{M_y}{W_{нy}},$$

где $F_н, W_{нx}, W_{нy}$ – площадь и моменты сопротивления сечения расстрела с косынками примыкающего к опорной плите

$$F_н = \int_F dF = \Sigma F_i.$$

$$\Sigma F_i = F_I + F_K = 5,9 \cdot 9 \cdot 10^{-3} \cdot 0,1 \cdot 0,01 = 6,99 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2.$$

П.2.3.19. Положение нейтральной оси y_0:

$$\frac{\Sigma F_i \cdot x_{цтi}}{\Sigma F_i} = \frac{F_I \cdot 0 + F_K \left(\frac{H_I}{2} + \frac{H_K}{2}\right)}{F_I + F_K} =$$

$$= \frac{0 + 0,01 \cdot 0,1 \left(\frac{0,27}{2} + \frac{0,1}{2}\right)}{6,99 \cdot 10^{-3}} = 2,65 \cdot 10^{-2} \text{ м}.$$

П.2.3.20. Момент сопротивления сечения относительно нейтральной оси y_0

$$W_{y_0} = \frac{\sum_i \left(J_{yi} + F_i x_{цтi}^2\right)}{x_{max}} = \left(6,87 \cdot 10^{-5} + 5,99 \cdot 10^{-3} \cdot \left(2,65\ 19^{-2}\right)^2 + \right.$$

$$\left. + \frac{0,01 \cdot 0,1^3}{12} + 0,01 \cdot 0,1 \left(\frac{0,27}{2} + \frac{0,1}{2} - x_{но}\right)^2\right) / \frac{0,27}{2} + 0,1 - x_{но} =$$

$$= \left(6,87 \cdot 10^{-5} + 4,2 \cdot 10^{-6} + 8,3 \cdot 10^{-7} + 2,5 \cdot 10^{-5}\right) / 2,08 \cdot 10^{-1} =$$

$$= 2,08 \cdot 10^{-1} = 4,74 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3.$$

П.2.3.21. Момент сопротивления сечения относительно оси X

$$W_{x_0} = \frac{\Sigma \left(J_x + F_i y_i^2\right)}{y_{max}} = \frac{3,66 \cdot 10^{-6} + \frac{0,1 \cdot 0,01^3}{12}}{b/2} = 5,91 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3.$$

П.2.3.22. Максимальные напряжения в расстреле будут равны:

$$\sigma_{max} = \frac{6,89}{6,99 \cdot 10^{-3}} + \frac{8,54}{5,92 \cdot 10^{-5}} + \frac{10,79}{4,74 \cdot 10^{-4}} = 986 + 144287 + 22762 =$$

$$= 168035 \text{ кН/м}^2 = 168 \text{ МПа},$$

$$\sigma_{max} < [\sigma] = \frac{R_u}{K_\alpha} = \frac{240}{1,37} = 175 \text{ МПа},$$

где R_u – расчетное сопротивление стали растяжению, сжатию, изгибу по временному сопротивлению.

Для стали ВСт3оп5-I при толщине листа 4-10 мм $R_u = 240$ МПа.

П.2.3.23. Допустимые напряжения в расстреле:

$$[\sigma] = \frac{240}{1,37} = 175 \text{ МПа}.$$

П.2.3.24. Оценка напряжений среза плиты вблизи отверстий.

Для опорной плиты с тремя отверстиями:

$$\tau = \frac{N}{n_o F_{co}} + \frac{M_x}{F_{co} \cdot a_y} + \frac{M_y}{4/3\, F_{co} \cdot a_x},$$

где F_{co} – площадь, на которой действуют напряжения среза.

$$F_{co} = \pi \cdot d_o \cdot h_c,$$

здесь: d_o – диаметр отверстий в опорной плите, м;

n_o – количество отверстий в опорной плите.

$$F_{co} = \pi \cdot 0,07 \cdot 0,02 = 4,39 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2.$$

$$\tau = \frac{6,89}{3\ 4,398 \cdot 10^{-3}} + \frac{8,537}{4,398 \cdot 10^{-3} 0,23} + \frac{10,791}{4/3\ 4,398\ 10\quad 0,38} =$$

$$= 522 + 8439 + 4842 = 13803 \text{ кН/м}^2 = 13 \text{ МПа}.$$

П.2.3.25. Напряжения среза в бетоне, окружающем анкер, при стержне анкера из периодического профиля класса АП диаметром 0,032 м будут равны

$$\tau_{max} = \left(\frac{0,092}{Д_{ст}} + \frac{1,313}{Д_{ст}}\right) 10^{-3},$$

где τ_{max} – максимальные напряжения среза в бетоне, окружающем анкер;

$P = \frac{N}{n}$ – осевое усилие на анкер, кН;

$Д_{ст}$ – диаметр стержня анкера, м.

$$P = \frac{6,894}{3} = 2,298 \text{ кН};$$

$$\tau_{max} = \left(\frac{0,092}{0,032^2} + \frac{1,313}{0,032}\right) \cdot 10^{-3} \cdot 2,298 = (89,844 + 41,031) \cdot 10^{-3} \cdot 2,29 =$$

$$= 0,301 \text{ МПа}.$$

Допустимые напряжения среза в бетоне согласно [2] (I,5 а) будут равны

$$[\tau] = 0{,}75\sqrt{R_б \cdot R_{бt}},$$

где $R_б$ - расчетное сопротивление бетона осевому сжатию для предельных состояний первой группы согласно [3].

$R_{бt}$ - расчетное сопротивление бетона осевому растяжению для предельных состояний первой группы.

При бетоне класса В20 $R_б$ = II,5 кг/см^2, $R_{бt}$ = 0,9 МПа

$$[\tau] = 0{,}75\sqrt{II{,}5 \cdot 0{,}9} = 2{,}4I \text{ МПа}$$

Таким образом условие прочности

$$\tau_{max} < [\tau]$$

выполняется.

ВЫВОДЫ

Предложенная конструкция узла крепления расстрела обладает достаточной прочностью. Напряжения во всех элементах узлов крепления: в штангах анкера, в плите , в местах присоединения расстрела с косынками, в сварных швах на плите и в бетоне, окружающем анкер, ниже допустимых.

Проектная схема яруса армировки клетевого ствола с анкерным закреплением приведена на рисунке П.2.6.

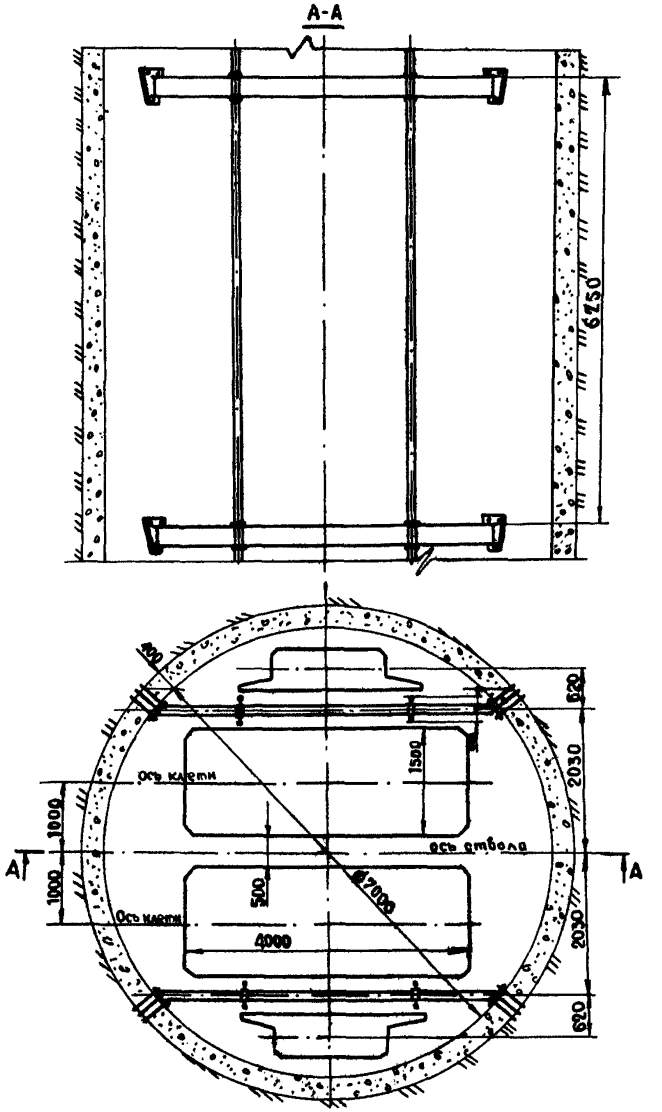


Рис. П.2.6. Проектная схема яруса армировки клетевого ствола

Приложение 3

УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

a_x - расстояние между штангами по оси OX, м;

a_y - расстояние между штангами по оси OY, м ;

a_i, a_j - расстояние по оси расстрела от крепи ствола до i -ой или j -ой связи, см;

$a_к$ - расстояние по оси расстрела от левой опорной плиты до K-го проводника ;

b - горизонтальное расстояние от оси расстрела до подошвы провоцника , см;

$b_к$ - расстояние по оси расстрела от K-го проводника до правой опорной плиты, м;

D - наружный диаметр анкера, см;

d_o - диаметр отверотий, м;

$d_ш$ - диаметр штанги, м;

F - площадь сечения, $м^2$;

F - площадь поперечного сечения расстрела, $см^2$;

F_{oi} - площадь поперечного сечения распора "пальцев", установленных между крепью ствола и основным расстрелом, $см^2$;

dF - элементарный участок сечения, $м^2$;

$F_н$ - площадь сечения косынки, $м^2$;

$F_{пс}$ - площадь действия напряжений среза в плите, $м^2$;

F_{co} - площадь , на которой действуют напряжения среза, $м^2$;

$F_{шв}$ - площадь, действия напряжений на сварных швах, $м^2$;

g - ускорение свободного падения, $м/с^2$;

G - масса проводников,кг;

H - шаг армировки, м;

H_i - высота профиля проводника, см;

h - расстояние от оси расстрела до головки проводникового рельса, м;

h_o - высота отверстия, м;

$h_п$ - толщина плиты, м;

$h_{шв}$ - толщина сварного шва на опорной плите, м;

$h_{шр}$ - толщина сварного шва на расстреле, м;

J_{iy}, J_{ix} - момент инерции относительно осей X и Y, $см^4$;

$J^л$ - лобовой момент инерции проводника, $см^4$;

$J^б$ - боковой момент инерции проводника, $см^4$;

J_z - момент инерции расстрельной балки относительно центральной вертикальной оси;

K_α - коэффициент, учитывающий концентрацию напряжений, зависящий от угла отклонения α расстрела от перпендикуляра;

K - коэффициент неравномерности распределения массы проводников по ярусам;

$K_н$ - коэффициент, учитывающий неравномерность напряженного состояния, рекомендуется I,3;

$K_{пр}$ - тип узла крепления;

L - контур примыкающего к плите сечения расстрела, м;

ℓ - координата на контуре L, м;

M_x - момент относительно оси X, кНм;

M_y - момент, возникающий при действии боковой нагрузки, кНм;

$M'_{ау}, M'_{бу}, M''_{ау}, M''_{бу}$ - опорные моменты от массы расстрела, кНм;

$\int d\ell$ - периметр расстрела, примыкающего к плите, м;

$M''_{ах}, M'_{бх}$ - опорные моменты от действия лобовой нагрузки, кНм;

$M'_{ах}, M'_{бх}$ - опорные моменты от действия боковой нагрузки, кНм;

$\ell_п$ - длина пролета, м;

N - продольная сила, кН;,

n_o – количество отверстий в плите;

Q – перерезывающая сила, кН ;

$Q_л$ – горизонтальные нагрузки на расстрел в лобовом направлении, кН;

Q_m – масса провощника, передающая нагрузку на ярус по условиям закрепления на расстреле, кг;

$Q_б$ – горизонтальные нагрузки в боковом направлении, кН;

$q_р$ – масса одного погонного метра расстрела, кг;

$q_{пр}$ – масса одного погонного метра проводника, кг;

R – контур сварного шва на расстреле, м;

z – координата на контуре R , м;

$z_р$ – высота головки рельса, см (для рельсовых проводников);

$R_н$ – расчетное сопротивление на растяжение, сжатие и изгиб проката труб по пределу текучести (СНиП II-23-81*);

$R_{нп}$ – временное сопротивление стали растяжению, сжатию, изгибу;

$R'_{лу}, R'_{ву}$ – опорные реакции от действия лобовой нагрузки, Н;

$R''_{лу}, R''_{ву}$ – реакции опор от действия боковой нагрузки, кН;

$R_{\omega f}$ – расчетное сопротивление угловых швов срезу (условному) по металлу шва;

T – контур сварного шва на плите, м;

t – координата на контуре Т, м;

$S_ц$ – статистический момент площади участка контура примыкания расстрела к плите;

Y_{max_F} – максимальное значение Y на сечении F , м;

X_{max_F} – максимальное значение X на сечении F , м;

X_{max_L} – максимальная координата X на контуре L ,м;

Y_{max_L} – максимальная координата Y на контуре L ,м;

Y_{max_R} – максимальное значение Y на контуре R , м;

X_{max_R} – максимальное значение X на контуре R , м;

Y_1^o, X_1^o – координата нейтральной оси , м;

$W_{нх}, W_{ну}$ – моменты сопротивления нормальным напряжениям в косынках относительно осей OX и OY ,$м^3$;

$W_{ск_x}, W_{ск_y}$ – моменты сопротивления срезу, $м^3$;

$W_{пе_x}, W_{пе_y}$ – моменты сопротивления сечения относительно нейтральных осей Y_o и X_o ,$м^3$;

$W_{шр_x}$ – моменты сопротивления напряжениям при действии момента относительно оси OX ,$м^3$;

$W_{шр_y}$ – момент сопротивления напряжениям при действии момента относительно оси Y ,$м^3$;

$W_{шв_x}$ – момент сопротивления сварных швов напряжениям при действии момента относительно оси OX ,$м^3$;

$W_{шв_y}$ – момент сопротивления сварных швов напряжениям при действии момента относительно оси OY ,$м^3$;

σ – нормальные напряжения, МПа;

γ_c – коэффициент условий работы;

γ_m – коэффициент надежности по материалу,

τ – касательные напряжения, МПа:

$[\sigma]$ – допустимое напряжение, МПа;

$D_{ст}$ – диаметр стержня анкера, м;

P – осевое усилие на анкер, кН;

L_a – длина заделки анкера, м;

ЛИТЕРАТУРА

I. Методика расчета жестких армировок вертикальных стволов шахт. Донецк: ВНИИГМ, 1985.

2. Сахновский К.В. Железобетонные конструкции. М.: Госстройиздат, 1959.

3. Строительные нормы и правила: Бетонные и железобетонные конструкции. СНиП 2.03.01-84*. М.: Госстрой СССР, 1989 .

СОДЕРЖАНИЕ

		стр.
	Введение	3
I.	Общие положения	5
2.	Рекомендуемые конструкции узлов крепления элементов армировки на анкерах	5
3.	Расчет узлов крепления	I5
4.	Технологические особенности армирования стволов с креплением элементов армировки на анкерах	30
	Приложения	35
	Приложение I. Расчет жесткостных характеристик армировки	37
	Приложение 2. Пример расчета узлов крепления элементов армировки клетевого ствола на анкерах	53
	Приложение 3. Условные обозначения	69
	Литература	73