МИНИСТЕРСТВО УГОЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ СССР
ГЛАВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ КАПИТАЛЬНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА
ВСЕСОЮЗНЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
ОРГАНИЗАЦИИ И МЕХАНИЗАЦИИ ШАХТНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА
ВНИИОМШС

ВРЕМЕННАЯ ИНСТРУКЦИЯ

ПО РАСЧЕТУ И СООРУЖЕНИЮ ПРЕДОХРАНИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ ПРИ УГЛУБКЕ ВЕРТИКАЛЬНЫХ СТВОЛОВ ШАХТ

Харьков — 1969

gost.e-ecolog.ru

МИНИСТЕРСТВО УГОЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ СССР

ГЛАВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ КАПИТАЛЬНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

ВСЕСОЮЗНЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
ОРГАНИЗАЦИИ И МЕХАНИЗАЦИИ ШАХТНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА
ВНИИОМШС

УТВЕРЖДАЮ
Заместитель министра
строительства предприятий
тяжелой промышленности СССР
Я. К. ЧУКСЕЕВ
20 июня 1968 г.

УТВЕРЖДАЮ
Заместитель министра
угольной промышленности СССР
И. А. ПОЛУЭКТОВ
10 июня 1968 г.

ВРЕМЕННАЯ ИНСТРУКЦИЯ

ПО РАСЧЕТУ И СООРУЖЕНИЮ ПРЕДОХРАНИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ ПРИ УГЛУБКЕ ВЕРТИКАЛЬНЫХ СТВОЛОВ ШАХТ

Харьков — 1969

Временная инструкция содержит приближенный расчет несущей способности искусственного горизонтального полка и предохранительного целика. Конструкции, сооруженные в соответствии с этими расчетами, испытаны на опытно-экспериментальной шахте ВНИИОМШС.

При составлении указаний по расчету и сооружению искусственных полков были использованы работы кафедры строительной механики Московского горного института по расчету искусственных полков для условий Кузбасса и зарубежный опыт.

Предлагаемый способ расчета предохранительных целиков обоснован работами ВНИИОМШС, выполненными совместно с кафедрой строительной механики Харьковского инженерно-строительного института.

Инструкция рассмотрена и одобрена секцией проектирования и шахтного строительства научно-технического совета Министерства угольной промышленности СССР.

Инструкцию составили канд. техн. наук Ю. П. Шутько и инженер И. Г. Могильная.

1. РАСЧЕТ И СООРУЖЕНИЕ ПРЕДОХРАНИТЕЛЬНОГО ЦЕЛИКА

ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1. Вопрос о сооружении предохранительного устройства для углубки вертикального ствола шахты в виде породного целика или искусственного полка должен решаться на основании их технико-экономического сравнения, выполненного с учетом всех особенностей конкретных условий.

1.2. Предохранительные целики следует оставлять в породах с крепостью не ниже 4 по шкале проф. М. М. Протодьяконова. Породы целика не должны быть трещиноватыми. Оставление целика из пород нескольких видов не допускается, если высота нижнего пласта, входящего в состав пород целика, у крепи ствола составляет менее 0,6 его диаметра.

При уменьшении высоты нижнего слоя в нем возможно появление опасных напряжений при изгибе.

1.3. При углубке ствола в породах с углом падения более 10° целик должен оставляться так, чтобы падение пород было направлено от вертикальной грани в сторону, противоположную углубочному отделению.

1.4. Оценка несущей способности предохранительного целика должна включать в себя:

1) изучение состава и состояния горных пород в месте предполагаемого сооружения целика. При этом используются данные маркшейдерской документации, полученные при проходке ствола, и результаты бурения разведочных скважин для определения физико-механических свойств пород целика.

При необходимости уточнения и дополнения исходных материалов осуществляется бурение в стенках ствола одной-двух контрольных скважин под углом 45° к горизонту;

2) определение физико-механических свойств пород целика;

3) определение потерь кинетической энергии свободно падающего подъемного сосуда на преодоление аэродинамических сопротивлений;

4) расчет целика;

5) расчет перекрытия, поддерживающего целик снизу.

1.5. Буровзрывные работы по проходке участка ствола при оконтуривании предохранительного целика должны производиться по паспортам, составленным в соответствии с рекомендациями настоящей инструкции.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПОРОДЫ ЦЕЛИКА

1.6. Физико-механические свойства породы в месте предполагаемого оставления предохранительного целика должны послужить исходным материалом для определения размеров целика, паспортов буровзрывных работ на оконтуривание отдельных граней целика и решения вопроса о креплении ствола на участке целика.

1.7. Шахтная проба должна включать не менее 12 кернов из 4 скважин, пробуренных в зумпфе вертикально через 90° по окружности контура ствола. В целях предотвращения значительного ослабления пород в районе целика бурение должно осуществляться с получением кернов минимального диаметра, позволяющего изготовление из них кубиков для испытаний размером $20 \times 20 \times 20$ мм.

Для испытаний должны отбираться керны с характерным петрографическим составом, не измененным агрессивным действием воды.

Непосредственно после отбора керны должны консервироваться парафинированием.

Задержка перед обработкой кернов не должна превышать 2—3 дней после отбора и доставки их в лабораторию. В течение этого времени керны должны находиться в закрытом прохладном сухом помещении.

1.8. При испытаниях породы должны определяться:

1) предел прочности на сжатие перпендикулярно слоистости $\sigma_{сж\perp}$.

2) предел прочности на растяжение параллельно слоистости $\sigma_{р\parallel}$.

3) предел прочности на растяжение перпендикулярно слоистости $\sigma_{р\perp}$.

4) модуль упругости параллельно слоистости $E_{\parallel}$;

5) модуль упругости перпендикулярно слоистости $E_{\perp}$;

6) коэффициент Пуассона $\nu_{\perp\parallel}$.

Проведение испытаний осуществляется по методике Дон УГИ (см. приложение 1).

1.9. На основании данных лабораторных испытаний физико-механических свойств породы целика должен быть построен паспорт прочности породы. Предельное касательное напряжение определяется из паспорта как предельное касательное напряжение при чистом сдвиге.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОТЕРЬ КИНЕТИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ СВОБОДНО ПАДАЮЩЕГО ПОДЪЕМНОГО СОСУДА НА ПРЕОДОЛЕНИЕ АЭРОДИНАМИЧЕСКИХ СОПРОТИВЛЕНИЙ

1.10. В качестве энергии удара следует принимать кинетическую энергию свободно падающего груженого сосуда. При глубине падения более 400 м необходимо учитывать аэродинамическое сопротивление свободному падению, поглощающее часть кинетической энергии подъемного сосуда.

1.11. Для определения потерь кинетической энергии свободно падающего подъемного сосуда следует пользоваться графиками зависимости величин скорости падения подъемных сосудов от высоты их падения (рис. 1).

Графики составлены для типовых сечений стволов угольных шахт, разработанных Южгипрошахтом, и типовых подъемных сосудов.

Если рассчитываемый полок сооружается не под типовым подъемным сосудом, следует брать величину скорости, соответствующую ближайшему меньшему по площади подъемному сосуду.

1.12. Энергия удара определяется формулой

$$K = \frac{q^2 \cdot H_{\text{прив}}}{q + Q},$$

где K — кинетическая энергия, расходуемая на деформацию предохранительного устройства, *кг·м;*

q — вес подъемного сосуда, *кг;*

Q — вес предохранительного устройства, *кг;*

$H_{\text{прив}}$ — приведенная высота падения подъемного сосуда.

Переход от qH к $qH_{\text{прив}}$, т. е. к энергии сосуда перед контактом с защитным приспособлением с учетом потерь на преодоление аэродинамических сопротивлений, следует производить по формуле

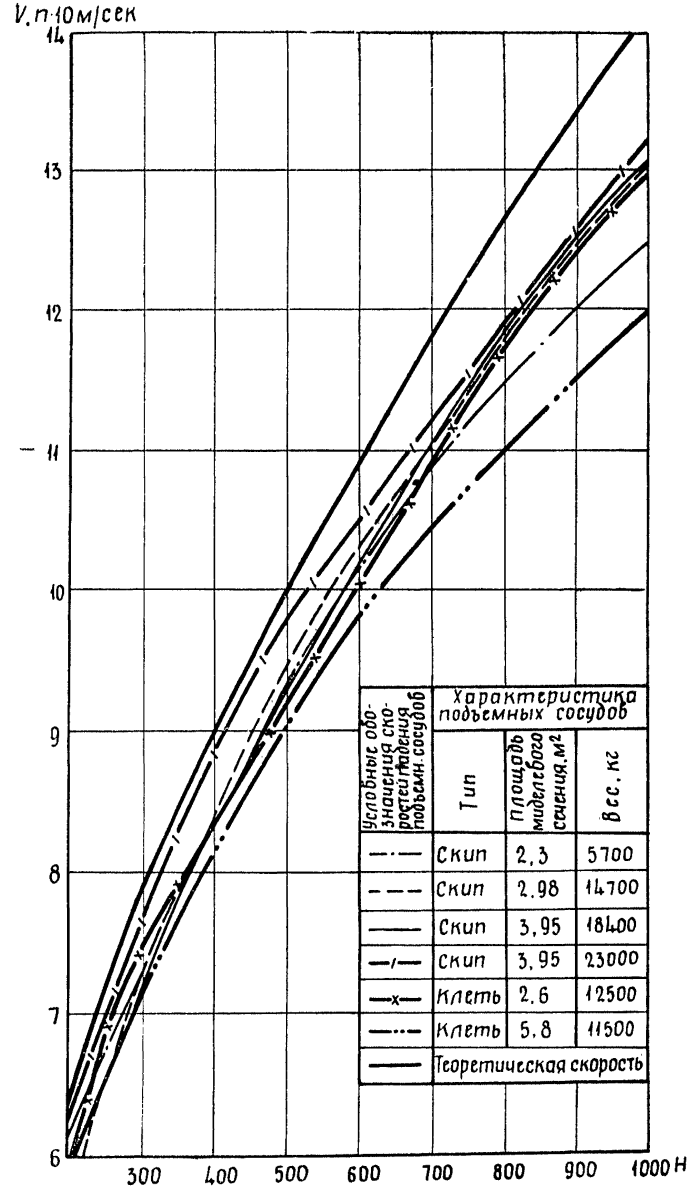
$$\frac{mV^2_{\text{ист}}}{2} = 2qH_{\text{прив}}\frac{1}{2}m = qH_{\text{прив}},$$

где m — масса подъемного сосуда, *кг · сек²/м;*

$V_{\text{ист}}$ — определенная по графику истинная скорость падения данного сосуда, *м/сек.*

РАСЧЕТ ЦЕЛИКА

1.13. При расчете предохранительного целика (рис. 2) касательное напряжение по наиболее опасному сечению целика, вызываемое ударом подъемного сосуда, должно определяться из условия



Условные обозначения скоростей движения подъемн. сосудов	Характеристика подъемных сосудов		
	Тип	площадь миделевого сечения, м²	Вес, кг
—·—	Скип	2,3	5700
— — —	Скип	2,98	14700
———	Скип	3,95	18400
—/—	Скип	3,95	23000
—x—	Клеть	2,6	12500
—·-·—	Клеть	5,8	11500
———	Теоретическая скорость		

Рис. 1.

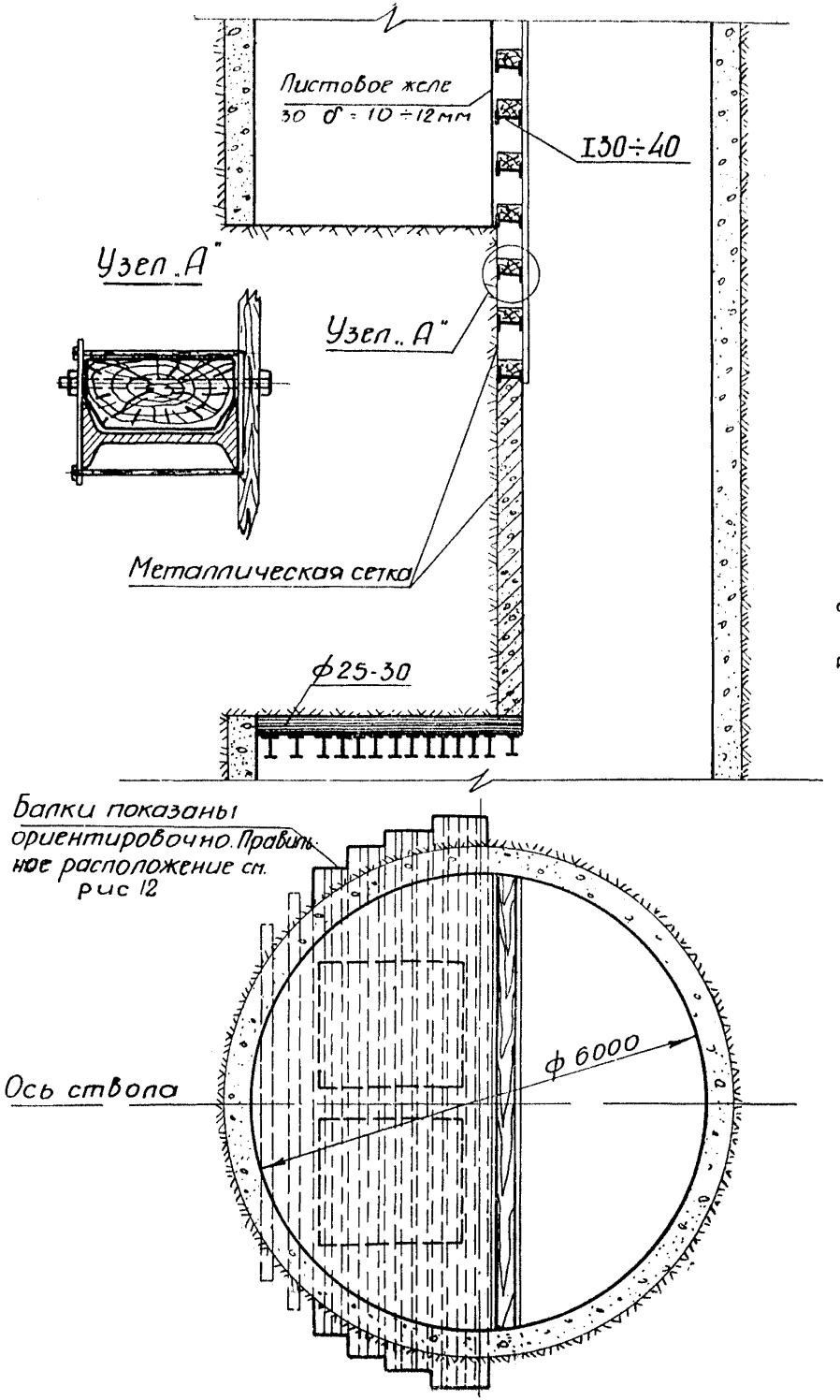

Листовое желе
30 δ = 10÷12мм
I30÷40
Узел „А"
Узел „А"
Металлическая сетка
ф25-30
Балки показаны ориентировочно. Правильное расположение см. рис 12
Ось ствола
ф 6000

Рис. 2.

$$\tau_p = 0{,}167 \frac{R}{hl},$$

где τ_p — расчетное касательное напряжение, *кг/см*^{2};

R — приближенное значение динамической силы, воздействующей на целик, *кг;*

h — высота целика, *см;*

l — периметр наиболее опасного сечения, *см.*

В качестве наиболее опасного сечения следует принимать боковую поверхность прямоугольного параллелепипеда, верхняя грань которого является поверхностью контакта подъемного сосуда и целика (сечение 1—2—3—4, рис. 3).

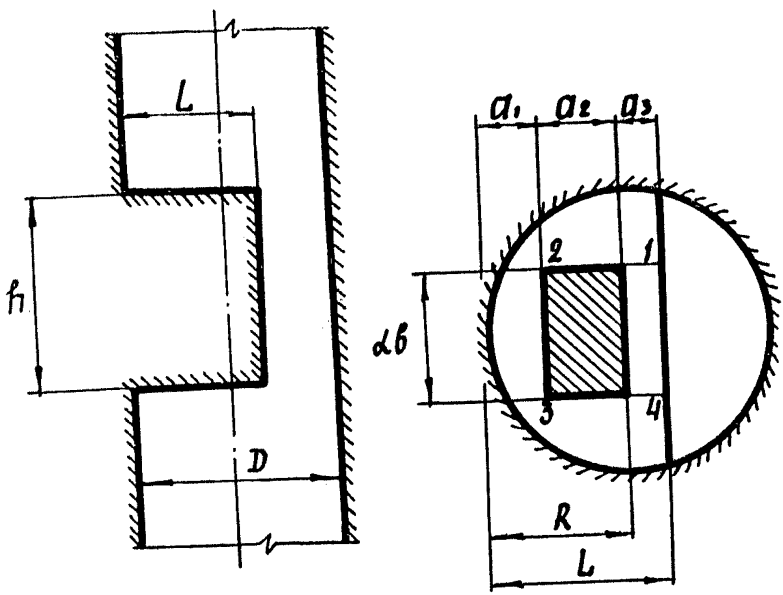


Рис. 3.

Тогда условие прочности должно удовлетворяться в виде

$$\tau_p < [\tau] = \frac{\tau_{пред}}{6}.$$

Примечания: 1. При одинаковой возможности падения на целик как подъемного сосуда, так и противовеса, при расчете учитываются оба случая и из двух h выбирается большее.

2. Во всех случаях h должно быть не меньше диаметра ствола вчерне.

1.14. Динамическая сила воздействия на целик по наиболее опасному сечению определяется выражением

$$R = \varepsilon u,$$

где ε — коэффициент жесткости на сдвиг, определяемый как сила, которую необходимо приложить к целику, чтобы вызвать единичный сдвиг по наиболее опасному сечению, *кг*;

u — перемещение целика по данному сечению от динамического усилия упавшего подъемного сосуда, *см*.

1.15. Перемещение по данному, наиболее опасному, сечению следует определять с учетом анизотропных свойств материала целика. Для определения перемещения используется формула

$$u = \sqrt{2{,}4 L_{\text{пр}} \left(\frac{q^2 \cdot H_{\text{прив}}}{q + Q} \right) \left(\frac{E_{\perp} + \nu_{\perp \text{II}} \cdot E_{\text{II}} + E_{\text{II}}}{E_{\text{II}} E_{\perp} hl} \right)},$$

где E_{II} — модуль упругости параллельно слоистости *кг/см*^{2};

$E_{\perp}$ — модуль упругости перпендикулярно слоистости *кг/см*^{2};

$\nu_{\perp \text{II}}$ — отношение деформации в направлении, перпендикулярном слоистости, к деформации в направлении параллельном слоистости, при сжатии в направлении параллельном слоистости;

$L_{\text{пр}}$ — приведенная высота сегмента целика, *см*; равна, $0{,}67L$ (рис. 3).

Примечания: 1. В тех случаях, когда требуется рассчитать целик, состоящий из пород нескольких видов, для определения перемещения следует использовать значения модулей упругости и коэффициента Пуассона породы нижнего слоя. Общая высота целика при этом должна быть определена с учетом п. 1.2 и 1.13.

2. При расчетах целика, занимающего все сечение ствола, приведенную высоту сегмента следует принимать равной 0,33L.

3. Обоснование приведенной формулы см. в приложении 2.

РАСЧЕТ ПЕРЕКРЫТИЯ, ПОДДЕРЖИВАЮЩЕГО ЦЕЛИК СНИЗУ

1.16. Для предотвращения падения отдельных кусков породы при частичном разрушении целика под ним должно устанавливаться перекрытие из двутавровых балок. Между породным целиком и металлическим перекрытием должен укладываться накатник из бревен.

Несущая способность перекрытия из двутавровых балок должна рассчитываться на общую нагрузку, равную $^1/_2$ веса всего целика.

1.17. В качестве расчетной схемы для определения несущей способности балок следует принимать балку, свободно опертую по концам с сосредоточенной нагрузкой.

Расчет балок должен производиться с учетом пластических деформаций по формуле

$$P = \frac{8 S_x \sigma_т}{l},$$

где P — несущая способность балки с учетом пластических деформаций, *кг*;

S_x — статический момент полусечения двутавра, *см*^{3};

$\sigma_т$ — предел текучести стали, *кг/см*^{2};

l — пролет балки, *см*.

Целик разрушается с образованием полости в форме неправильной усеченной пирамиды, нижнее основание которой повторяет нижнюю грань целика, а верхнее — площадку контакта подъемного сосуда и верхней грани.

При определении величины распределенной нагрузки от разрушенного породного целика на отдельные балки перекрытия следует принимать во внимание уменьшение нагрузки от площади контакта к периферии, а также увеличение несущей способности балок в связи с уменьшением пролета.

Примечание. В таблицах 2, 3 (приложение 4) приведены необходимые данные для определения конструкции нижнего перекрытия полка (номер двутавра, несущая способность балки и т. п.) для типовых сечений стволов. Схема размещения балок и количество рекомендуемого номера двутавра в перекрытии под целиком высотой 10 *м* приведены на рис. 12, 13 (приложение 4).

СООРУЖЕНИЕ ПРЕДОХРАНИТЕЛЬНОГО ЦЕЛИКА

1.18. При сооружении предохранительного целика необходимо вести буровзрывные работы таким образом, чтобы как можно меньше нарушить породный целик трещинами и получить сечение, наиболее близкое к проектному, с минимальной величиной переборов.

Для этого следует применять:

1) метод, в основе которого лежит правильный выбор коэффициента сближения (отношения расстояния между оконтуривающими шпурами к линии наименьшего сопротивления) или

2) метод контурного взрывания с оставлением при заряжании оконтуривающих шпуров воздушного промежутка

между зарядом и забойкой или заряжать такие шпуры патронами ВВ с продольной кумулятивной выемкой.

Рассредоточение зарядов путем оставления воздушных промежутков между частями заряда или заполнения этих промежутков инертными материалами, как и применение оконтуривающих шпуров уменьшенного диаметра, не разрешается.

Величина коэффициента сближения должна приниматься равной 0,6÷0,8 — для песчано-глинистых сланцев и аналогичных по крепости и структуре пород; 0,75÷1,0 — для песчаников и других однородных, аналогичных по крепости пород.

Глубина шпуров должна применяться не более 1,0÷1,3 *м*.

Примечание. Последовательность ведения работ по оконтуриванию целика и схемы расположения шпуров приведены в приложении 5.

1.19. Непосредственно над поверхностью целика, между углубочным и эксплуатационным отделением, должна устанавливаться вертикальная стенка, высота которой определяется по формуле

$$h_{в.ст.} = h_{сос.} + \frac{H}{100},$$

где $h_{в.ст.}$ — высота вертикальной стенки, *м*;
$h_{сос.}$ — высота подъемного сосуда, *м*;
H — глубина ствола до целика, *м*.

Вертикальная стенка должна сооружаться из двутавровых балок, уложенных плашмя (рис. 2).

Расстояние по вертикали между осями соседних балок должно быть не более 0,7 *м*.

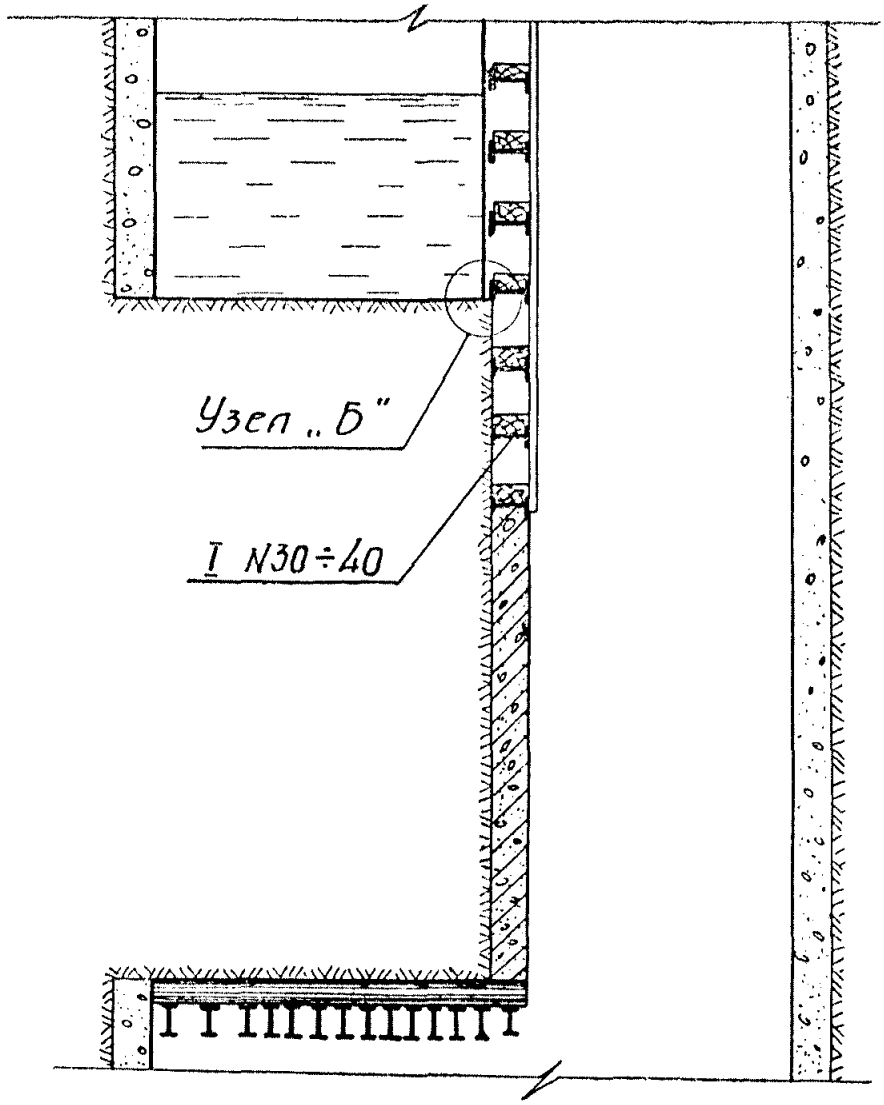
Для подъемных сосудов весом до 10 т следует использовать двутавровые балки № 30, от 10 до 15 *т* — № 40.

Внутренняя сторона стенки должна быть обшита металлическим листом толщиной 10— 12 *мм*.

Минимальное расстояние от вертикальной стенки до подъемного сосуда должно быть не менее 20 *см*.

1.20. Вертикальная грань целика на 1/3 высоты, считая от его верхней грани, должна крепиться двутавровыми балками. Конструкция этой крепи (номер двутавровой балки, их расположение и количество на 1 *пог. м.* по высоте) должна быть аналогичной с конструкцией вертикальной стенки. Вместо металлического листа толщиной 10—12 *мм* (п. 1,19) следует использовать металлическую сетку. Остальная часть вертикальной поверхности целика должна крепиться бетоном, армированным металлической сеткой или деревом.

1.21. В случае необходимости разрешается использовать верхнюю часть целика для сооружения водосборника. Макси-



Узел „Б"

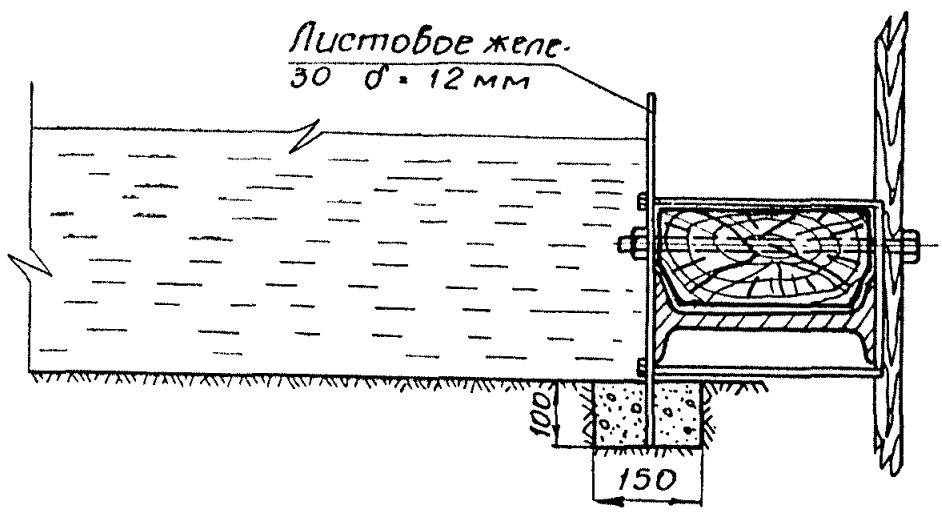


Рис. 4.

мально допустимая емкость водосборника должна определяться по формуле

$$V_в = \frac{\pi d^2}{8},$$

где $V_в$ — максимально допустимая емкость водосборника, $м^3$;

d — диаметр ствола вчерне, *м*.

Запрещается сооружать вертикальную стенку зумпф-целика из бетона или железобетона.

Примечание. Примерная конструкция зумпф-целика приведена на рис. 4.

1.22. При необходимости бурения вертикальных скважин в теле целика для пропуска канатов подвесного проходческого полка, металлической опалубки и др. проходческого оборудования следует рассмотреть возможность использования для этой цели разведочных скважин определения физико-механических свойств пород целика.

Запрещается бурение таких скважин по периметру наиболее опасного сечения (п. 1.13), как и расположение их ближе, чем на 1,5—2,0 *м* друг от друга. При этом максимально допустимый диаметр скважин — 80 *мм*.

2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ИСКУССТВЕННОГО ДВУХЭТАЖНОГО ГОРИЗОНТАЛЬНОГО ПОЛКА

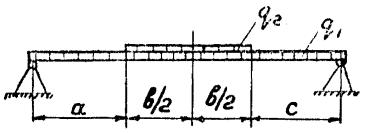
2.1. Искусственный горизонтальный предохранительный полок следует сооружать в виде двухэтажной конструкции.

Верхний этаж полка рассчитывается на поглощение кинетической энергии падающего подъемного сосуда.

На расстоянии 1,5—2,0 *м* ниже первого этажа полка сооружается второй этаж, рассчитываемый на удержание подъемного сосуда и верхнего этажа полка при его работе в опасном режиме (при частичном или полном разрушении несущей части конструкции).

Общий вид горизонтального искусственного предохранительного полка представлен на рис. 5.

2.2. Для расчетной схемы балок верхнего и нижнего этажей следует принимать балки, свободно опертые по краям.



Для верхнего этажа полка нагрузка считается равномерно распределенной по ширине подъемного сосуда.

Допустимая нагрузка на одну балку полка определяется выражением

$$q_2 = \frac{\sigma_т W_{пл} - 0{,}125 q_1 l^2}{K^1},$$

где q_2 — допустимая нагрузка на единицу длины балки, *кг/см*;

q_1 — вес единицы длины двутаровой балки и соответствующей части амортизирующей подушки, *кг/см*;

$\sigma_т$ — предел текучести материала балки, *кг/см*^{2};

$W_{пл}$ — момент сопротивления балки в стадии пластических деформаций, *см*^{3};

$в$ — ширина подъемного сосуда, *см*;

l — длина балки между опорами, *см*;

$$K^1 = \frac{в(2l - в)}{8}.$$

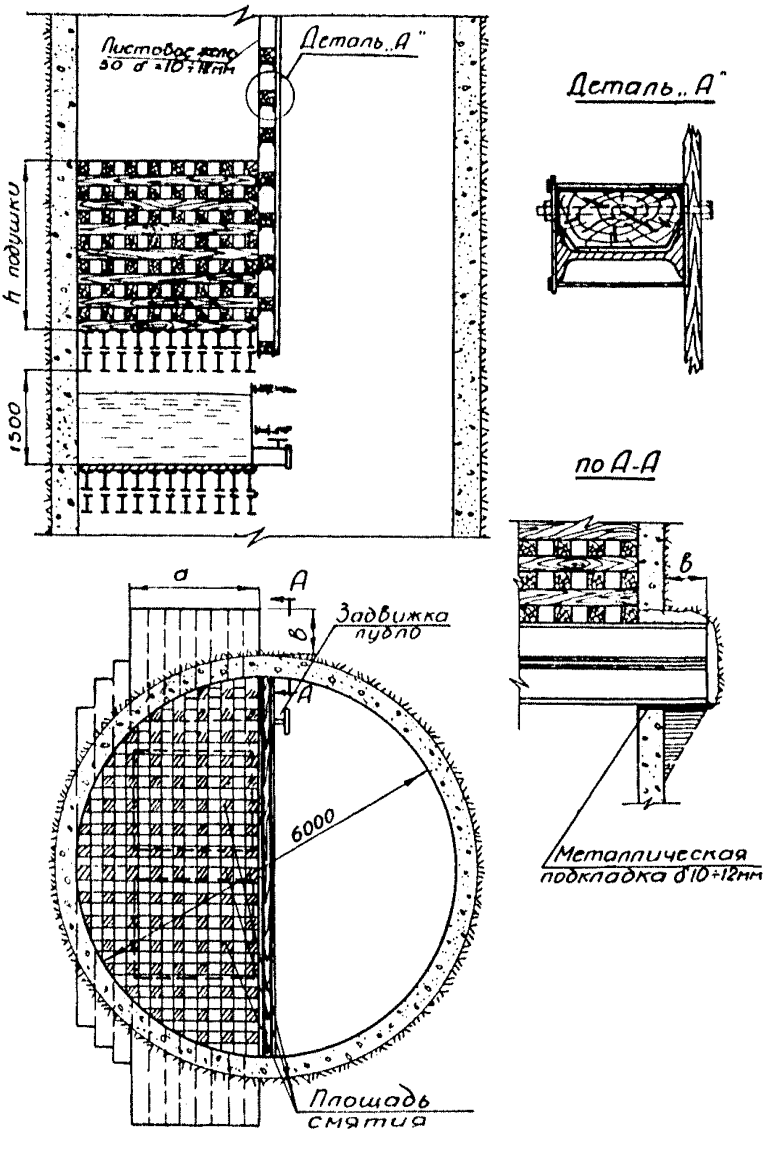

Листовое железо
50 δ =10÷12мм
Деталь „А"
h подушки
1500
Деталь „А"
по А-А
в
а
А
в
Задвижка
лубло
А
6000
Металлическая
подкладка δ10÷12мм
Площадь
смятия

Рис. 5.

Число балок в ряду, воспринимающих общую нагрузку, определяется частным от деления величины соответствующего размера подъемного сосуда (рис. 5) на ширину полки одной балки.

Общая нагрузка на верхний этаж полка определяется как произведение несущей способности одной балки на число балок, размещающихся под подъемным сосудом.

2.3. Для увеличения прочности как верхнего, так и нижнего этажей полка, на несущих балках должны сооружаться амортизирующие подушки.

Энергия, идущая на деформацию полка, определяется из следующего выражения:

$$K = \frac{1}{2} P_{\text{общ}} \Delta h,$$

где K — кинетическая энергия, идущая на деформацию предохранительного полка;

$P_{\text{общ}}$ — общая несущая способность балок этажа;

Δh — деформация подушки при ударе, равная $^1/_3$ ее полной высоты.

2.4. В качестве материала для сооружения предохранительной подушки (рис. 5) следует применять податливые клети, сложенные из деревянных брусьев (материал —сосна, лиственница). Брусья следует использовать сечением 10×10 или 20×20 *см*^{2}.

Не разрешается сооружать подушки предохранительных сооружений из таких материалов, как песок или опилки, которые вымываются шахтными водами и с течением времени снижают ее податливость, что в итоге значительно снижает прочность полка.

2.5. Рабочая площадь подушки (суммарная поверхность площадок смятия в ряду) должна определяться выражением

$$F_{\text{р}} = \frac{P_{\text{общ}}}{\sigma_{\text{пр}}},$$

где $F_{\text{р}}$ — рабочая площадь подушки, *см*^{2};

$\sigma_{\text{пр}}$ — предел прочности материала клети, *кг*/*см*^{2};

$P_{\text{общ}}$ — общая несущая способность всех балок перекрытия, *кг*;

При сечении брусьев 10×10 *см*^{2} необходимое количество площадок сжатия брусьев равно

$$n = \frac{F_{\text{р}}}{100}.$$

Примечание. За предел прочности материала клети следует принимать то напряжение, при котором образец, выдержанный в шахтных условиях, дает осадку при сжатии поперек волокон, равную $^1/_3$ его первоначальной высоты.

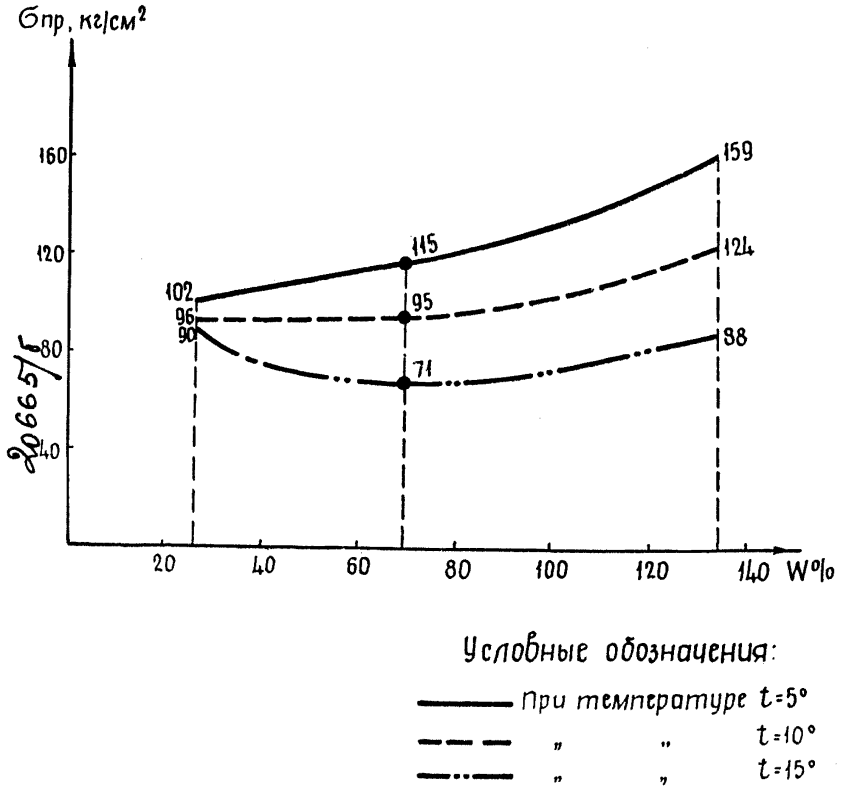


Рис. 6.

На рис. 6 приведены зависимости предела прочности сосны от влажности при различных температурах.

2. 6. На расстоянии 1,5 *м* от верхнего этажа полка следует сооружать нижний этаж, рассчитанный на нагрузку от веса верхнего этажа и оборвавшегося подъемного сосуда.

Расчет несущей способности балок и амортизирующей подушки для нижнего этажа следует производить так же, как и для верхнего, с той лишь разницей, что в качестве нагрузки следует принимать суммарный вес верхнего этажа полка и подъемного сосуда.

Нагрузку следует считать равномерно распределенной по всей длине балки. Допустимое напряжение для балок нижнего этажа — $[\sigma]$.

2.7. Площадь опирания балок $S=ab$ (рис. 5) должна определяться из условия прочности, записанного в виде

$$2S \leqslant \frac{P_{\text{общ}}}{\frac{\sigma_{\text{сж}}}{2}}$$

или

$$ab = \frac{P_{\text{общ}}}{\sigma_{\text{сж}}}$$

где $P_{\text{общ}}$ — общая нагрузка на все балки перекрытия, *кг*;
a и b — размеры площади опирания в плане, *см*;
$\sigma_{\text{сж}}$ — допускаемое напряжение породы опоры на сжатие в направлении действующей силы.

Крепь при определении опорного давления следует принимать во внимание только в том случае, если толщина ее превышает 50 *см*. Допускаемое опорное давление на крепь не должно превышать принятого для данного материала напряжения на сжатие с двукратным запасом прочности.

Для уменьшения удельного опорного давления следует увеличивать глубину заделки и устанавливать в лунки под балки металлические плиты из листов толщиной, равной толщине полок балки.

В целях предотвращения возможного нарушения сплошности опорных поверхностей под балки запрещается сооружение лунок буровзрывным способом.

2.8. Непосредственно над поверхностью несущих балок нижнего этажа, между углубочным и эксплуатационным отделением, должна устанавливаться вертикальная стенка. Высота вертикальной стенки должна определяться высотой обоих этажей искусственного полка с амортизирующей подушкой верхнего этажа плюс высота подъемного сосуда. Особенности конструкции вертикальной стенки должны предусматриваться в соответствии с п. 1.19.

2.9. В случае необходимости сооружения водосборника в пределах искусственного предохранительного полка его следует размещать на нижнем этаже полка.

Емкость водосборника не должна превышать объема, указанного в п. 1.21.

Лаз для чистки зумпфа должен устраиваться таким образом, чтобы не уменьшать несущую способность основного перекрытия верхнего этажа.

Определение физико-механических свойств породы полка

Характеристики породы определяются на образцах единой формы и размеров (кубики 20×20×20 *мм*). Торцовые поверхности кубиков шлифуются порошком 150. Выпуклость или вогнутость образцов по торцовым поверхностям должна быть меньше 0,05 *мм*. Образцы с отклонением от параллельности торцовых поверхностей и перпендикулярности их боковым поверхностям более 0,1 мм к раздавливанию и срезу не берутся.

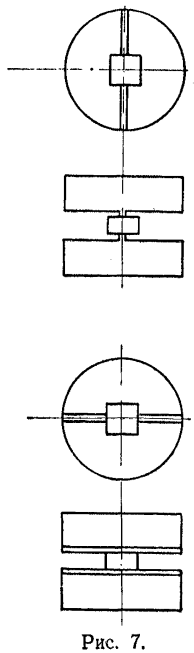


Рис. 7.

Определение предела прочности на сжатие $\sigma_{сж}$ производится на прессе, развивающем максимальное усилие ~ 100 *т*. Погрешность нагрузки отсчета не должна превышать ±1%.

Образцы устанавливаются в центре между плитами пресса. Скорость нагружения должна быть в пределах $20\frac{т}{т}$ 40 *кг/сек*. При испытании регистрируются длина, высота, ширина образцов. Измерения производятся штангелем с точностью до ±0,1 *мм*. Количество образцов для разрушения сжатием 6 шт.

Прочность на растяжение определяется с помощью того же пресса. Испытания ведутся с помощью специального приспособления (рис. 7), которое устанавливается в центре между плитами пресса.

Раскалывание производится стальными клиньями, имеющими радиус закругления 2,5 *мм*. Для равномерной передачи усилия пресса между верхней плитой и верхней частью приспособления рекомендуется прокладывать резиновую пластинку (кружок, d=70 *мм*, толщиной 10 *мм*). При испытаниях регистрируются размеры площадки, на которой произошел разрыв, вертикальный размер и разрушающая нагрузка. Количество образцов: 6 для $\sigma_{р\parallel}$ и 9 — для $\sigma_{р\perp}$.

Для определения модулей упругости параллельно и пер-

пендикулярно слоистости должна быть измерена скорость ультразвука соответственно параллельно и перпендикулярно слоистости. По скорости распространения продольных волн ультразвука с помощью эмпирической формулы определяются $E_{\parallel}$ и $E_{\perp}$.

Ниже описывается созданная ДонУГИ установка для таких измерений. Она состоит из 3 узлов (рис. 8): генератора электрических импульсов *1*, масляной ванны *7* (емкости для размещения образцов и пьезоэлектрических датчиков), осциллографа с ждущей разверткой *5*.

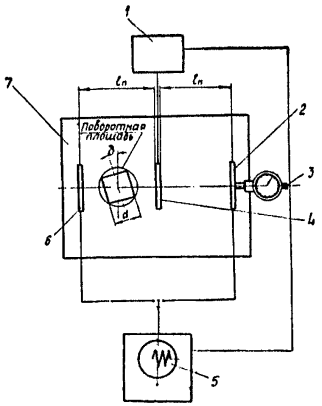


Рис. 8.

Датчик-излучатель *4* — общий для прибора и компаратора — жестко прикреплен к корпусу. Датчик-приемник прибора *6* также жестко закреплен. Датчик-приемник компаратора *2* подвижный, положение его фиксируется индикатором часового типа *3* с ценой деления 0,01 *мм*.

В прибор заливается трансформаторное масло. Датчики работают на частоте 500 *кгц*. Посылка сигналов на датчик-излучатель синхронизируется с разверткой осциллографа.

При измерениях образец породы помещается между датчиками прибора таким образом, чтобы он перекрывал движение фронта ультразвуковых волн. Поскольку скорость ультразвука в породах выше, чем в масле, принятый сигнал при помещении образца между датчиками сдвинется влево. Принятый сигнал, прошедший через компаратор, совмещается с сигналом, прошедшим через прибор, путем изменения расстояния между датчиками компаратора.

Совмещение принятых сигналов свидетельствует об одинаковом времени прохождения ультразвукового импульса по каналам прибора и компаратора. В этом случае $T_{п} = T_{к}$,

$T_{п}$, $T_{к}$ — время прохождения сигнала в приборе и компараторе

$$T_{к} = \frac{l_{к}}{C_{ж}},$$

где $l_к$ — расстояние между датчиком-излучателем и приемным датчиком компаратора;

$C_ж$ — скорость ультразвука в масле.

Здесь

$$T_п = \frac{l_п - d}{C_ж} + \frac{d}{C};$$

$l_п$ — расстояние между датчиком-излучателем и приемным датчиком прибора;

d — размер образца в направлении прозвучивания;

C — скорость ультразвука в образце.

Из этих равенств определяется скорость ультразвука

$$\frac{l_к}{C_ж} = \frac{l_п}{C_ж} - \frac{d}{C_ж} + \frac{d}{C}; \quad \frac{l_к - l_п + d}{C_ж} = \frac{d}{C}; \quad C = \frac{dC_ж}{l_к - l_п + d}.$$

Расстояние между датчиками компаратора можно выразить в виде суммы постоянной величины a и отсчета по индикатору $O_к$

$$l_к = a + O_к.$$

Кроме того, разность постоянных величин a и $l_п$ можно заменить одной величиной $a - l_п = -m$. Величина m — постоянная прибора, определяемая при его тарировке.

Окончательно

$$C = \frac{dC_ж}{O_к + d - m}.$$

Скорость ультразвука в жидкости — постоянная величина при постоянной температуре. Она определяется с большой точностью при тарировке прибора путем многократных измерений. Поправки на температуру вводятся специальной корректировочной таблицей. Таким образом, для определения скорости ультразвука необходимо определить две величины — $O_к$ и d.

Установка позволяет измерять скорость продольных и поперечных волн.

Для определения скорости продольных волн образец ставится так, чтобы плоскости, через которые вводятся колебания, были нормальными по отношению к направлению движения фронта ультразвуковых волн — линии, соединяющей центры датчиков.

Для определения скорости поперечных волн плоскости поворачиваются на угол 12—15°. При этом передняя часть пакета колебаний, соответствующая продольным волнам, исчезает, на экране осциллографа видны только поперечные волны.

Измерения ведутся обычным путем, следует только иметь в виду, что в данном случае d равен толщине образца, деленной на $\cos \delta$.

Для расчета E по указанной эмпирической формуле берется скорость продольных волн.

Первичные результаты испытаний по определению физико-механических характеристик сводятся в таблицу.

Расчет предела прочности на растяжение и сжатие производится по известной формуле

$$\sigma = \frac{P}{S}.$$

Коэффициент Пуассона ν с достаточной для вычислений точностью может быть определен по формулам:

$$\frac{\sigma_{p\perp}}{\sigma_{сж\perp}} = \nu_{II\perp}; \qquad \frac{\sigma_{pII}}{\sigma_{сжII}} = \nu_{\perp II},$$

$\sigma_{p\parallel}$ и $\sigma_{сж\perp}$ служат основанием для построения паспорта прочности породы. Предельное касательное напряжение определяется из паспорта как предельное касательное напряжение при чистом сдвиге; расчет скорости ультразвука—по формуле

$$C = \frac{dC_{ж}}{O_{к} + d - m},$$

где $C_{ж}$ — скорость ультразвука в жидкости, *мм/мксек;*
m — постоянная прибора, дается при тарировке;
d — размер образца в направлении прозвучивания.

Расчет модуля упругости производится по формуле

$$E = \frac{aC^2}{1 - bc^2},$$

где

$a = 0{,}135$
$b = 0{,}0415$ } эмпирические коэффициенты[1];

E — модуль упругости, *кг/см²* $\times 10^5$;
C — скорость ультразвука, *мм/мксек.*

---

[1] Указанные коэффициенты получены ДонУГИ для пород Донбасса: алевролитов, аргиллитов и песчаников.

Обоснование расчета предохранительного целика

Целик представляет собой толстую плиту, имеющую в плане форму сегмента круга с длиной сегмента (вылетом консоли) L и толщиной h (рис. 2 и 3).

С высоты H на целик падает клеть весом q, с размерами в плане $a_г$ и $a_в$, при этом место падения следует принять по центру, как наиболее опасное. Требуется определить такую толщину целика h, при которой напряжения в теле целика не превысят предельных.

Для решения задачи примем ряд допущений, упрощающих ее. Допущения относятся как к характеру напряженно-деформированного состояния целика в момент удара, так и к самому процессу удара клети по целику.

Размеры целика L и h одного порядка, поэтому его можно считать массивом, в котором основную роль играют касательные напряжения. Следовательно, массив в основном будет работать на сдвиг по наиболее опасному сечению. Сечение это выбирается с таким расчетом, чтобы напряжение в нем было наибольшим, а распределение касательных напряжений по сечению принимается равномерным.

Для характеристики процесса удара приняты следующие допущения. Удар считается абсолютно неупругим, так что коэффициент восстановления скорости равен нулю. Такое допущение дает основание рассматривать лишь один контакт клети с целиком после удара, а повторные соударения, связанные с местными упругими деформациями, не принимать во внимание.

Пренебрегаем местными неупругими деформациями в месте контакта клети с плитой, а также потерями энергии, связанными с внутренним трением в материале целика и клети.

Все эти допущения значительно упрощают теоретические исследования, получаемые при этом несколько завышенные значения ударной силы идут в запас прочности.

Для определения ударной силы, возникающей в момент контакта, используется энергетический метод.

Клеть в момент контакта претерпевает пластические деформации. Общая кинетическая энергия K падающей клети расходуется на деформацию клети A и на упругую деформацию целика W.

$$K = A + W. \qquad (1)$$

Определение А. Разрушение несущей конструкции клети, как портальной рамы, связано с потерей устойчивости и последующим выпучиванием ее стоек вплоть до образования определенного числа пластических шарниров, превращающих эту раму в механизм.

В результате этого работу, необходимую для разрушения клети, можно определить как произведение критической силы P_0, которая в процессе удара изменяется от наибольшего значения до нуля, на перемещение концов стоек рамы h_0, соответствующее образованию механизма.

Предполагаем, что сила, воздействующая на клеть, вплоть до ее разрушения меняется по закону квадратной параболы (рис. 9) от P_0 *до 0.*

Имея в виду, что

$$P_0(x) = a_0 + a_1 x + a_2 x^2, \tag{2}$$

и подбирая коэффициенты a_0, a_1, a_2 из условия

при $x = 0$, $P_0(0) = P_0$,
при $x = h$, $P_0(0) = 0$,

из уравнения (2) получаем

$$P_0(x) = P_0\left(1 - \frac{2x}{h_0} + \frac{x^2}{h_0^2}\right). \tag{3}$$

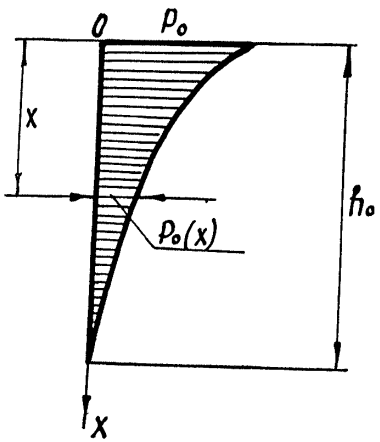


Рис. 9.

Работа силы $P_0(x)$ на перемещении h_0 представится площадью параболы, изображенной на рис. 9 в виде

$$A = \int_0^{h_0} P_0(x)\,dx = P_0\frac{h_0}{3}. \tag{4}$$

Пространственную портальную раму можно представить как сумму двух плоских симметричных рам, для которых наименьшей критической будет сила, соответствующая обратно симметричной форме потери устойчивости (рис. 10, б). Поэтому, решая задачу о критической силе по методу перемещений, можно воспользоваться расчетной схемой (рис. 10, в).

Используя метод перемещения и имея в виду, что для конкретного случая

$$\alpha=0{,}34 \qquad \beta=3{,}46 \text{ (см. рис. 10, в)},$$

получим моменты, возникающие на концах стойки и ригеля:

$$m_1 = m_2 = \frac{3{,}3 \cdot 46EI}{0{,}162\, b} = 64{,}5\, i,$$

откуда коэффициент податливости повороту концов стойки и ригеля

$$\eta_{12} = \eta_{21} = \frac{i}{64{,}5i} = 0{,}0155.$$

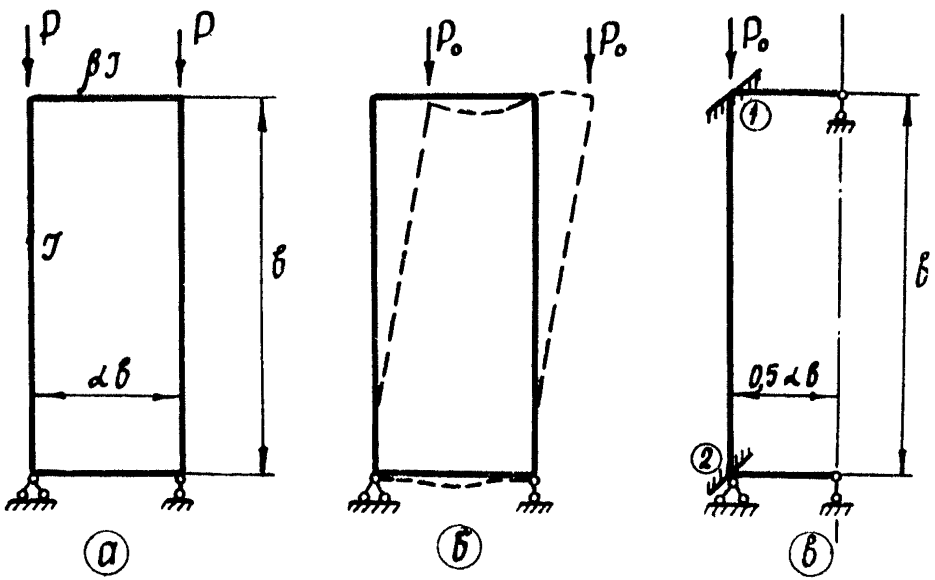


Рис. 10.

Теперь по табл. 1 отыскиваем μ; $\mu \leqq 1{,}03$ и, наконец

$$P_0 = 2\,\frac{\pi^2 EI}{(1{,}03\, b)^2} = 2\,\frac{9{,}3EI}{b^2}. \qquad (5)$$

Для определения сечения, где появятся пластические шарниры, превращающие раму в механизм, продольную нагрузку на стойку заменим эквивалентной поперечной (рис. 11).

$$P = -P_0 \frac{d^2y}{dx^2}, \qquad (6)$$

где $y(x)$ — прогиб стойки в любом сечении x.

Имея в виду, что пластические шарниры образуются в сечениях при $x=0$ и $x=b$,

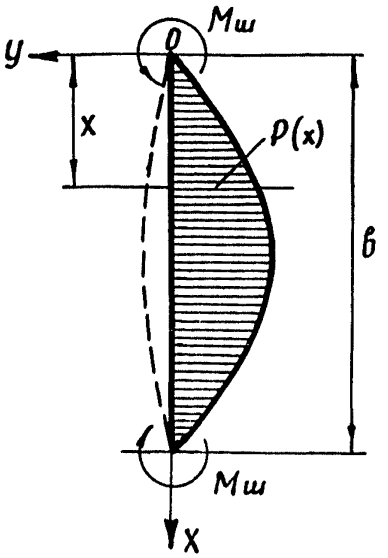


Рис. 11.

считаем

$$y = f \cdot \sin \frac{\pi x}{b}. \qquad (7)$$

Здесь f — прогиб центра стойки.

Подставляя выражение (7) в формулу (6), получим

$$P = P_0 f \frac{\pi^2}{b^2} \cdot \sin \frac{\pi x}{b} = \delta \sin \frac{\pi x}{b},$$

$$\left(\delta = P_0 f \frac{\pi^2}{b^2}\right).$$

Последний пластический шарнир образуется в центре стойки, так что можно записать:

$$M\,(x = 0{,}5b) = -M_{\text{ш}} + \frac{\delta_{\text{пр}} b}{3} \cdot \frac{b}{2} - \delta_{\text{пр}} \cdot \frac{b}{2} \cdot \frac{2}{3} \cdot \frac{3}{8} b.$$

Отсюда можно определить предельную интенсивность внешней нагрузки в виде:

$$\delta_{\text{пр}} = 48 \frac{M_{\text{ш}}}{b^2}. \qquad (8)$$

Здесь $M_{\text{ш}} = \sigma_{\text{т}} W_{\text{пл}}$ — предельный момент в сечении с пластическим шарниром. Используя зависимость (8), имеем

$$f_{\text{пр}} = \frac{4{,}9 M_{\text{пр}}}{P_0}, \qquad (9)$$

где f — предельный прогиб стойки, соответствующий превращению стойки в механизм.

Поступательное перемещение концов стоек h_0 связано с прогибом стойки такой зависимостью

$$h_0 = 0{,}5 \int_0^b (y')^2 \, dx. \qquad (10)$$

Используя зависимости (7) и (9) с учетом формулы (10) получим

$$h_0 = \frac{\pi^2}{4} \cdot \frac{f_{\text{пр}}^2}{b} = \frac{240}{4b} \cdot \frac{M_{\text{пр}}^2}{P_0^2}. \qquad (11)$$

Затем, подставив зависимости (5) и (11) в формулу (4), окончательно получим

$$A = 1{,}08\frac{M_{\text{пр}}^2 b}{EI},$$

или

$$A = 1{,}08\frac{\sigma_{\text{т}}^2 W_{\text{пл}}^2 b}{EI}. \tag{12}$$

В формуле (12)

$\sigma_{\text{т}}$ — предел текучести стали, из которой изготовлены рамы клети;

$W_{\text{пл}}$ — пластический момент сопротивления стойки рамы;

EI — жесткость рамы клети.

Определение W. Имея в виду сопротивление массива только сдвигу, введем понятие о коэффициенте жесткости ε сечения на сдвиг, как силы, которую необходимо приложить, чтобы вызвать единичный сдвиг по данному сечению

$$\varepsilon = \frac{GF}{rL_{\text{пр}}}. \tag{13}$$

Здесь $G = \dfrac{E_{\text{II}} E_{\perp}}{E_{\perp} + 2\nu_{\perp\text{II}} E_{\text{II}} + E_{\text{II}}}$ — модуль сдвига;

E_{II} — модуль упругости параллельно слоистости;

$E_{\perp}$ — модуль упругости перпендикулярно слоистости;

$\nu_{\perp\text{II}}$ — отношение деформации в направлении перпендикулярном слоистости, к деформации в направлении параллельном слоистости, при сжатии — параллельно слоистости;

r — безразмерный коэффициент, для прямоугольного сечения, равный 1,2;

$L_{\text{пр}}$ — приведенная высота сегмента целика $= 0{,}67L$. При расчетах целика, занимающего все сечение, $L_{\text{пр}} = 0{,}33L$.

Если обозначить перемещение целика u, то сила, совершающая работу на этом перемещении

$$R = \varepsilon u = \frac{GF}{rL_{\text{пр}}} u. \tag{14}$$

Тогда энергия деформации сдвига может быть выражена следующим образом:

$$W = 0{,}5Ru = 0{,}5\frac{GF}{rL_{\text{пр}}} u^2$$

или, заменив F равным ему lh, получим

$$W=\frac{E_{\text{II}}\,E_{\perp}\,hl}{2{,}4\,(E_{\perp}+2\nu_{\perp\text{II}}\,E_{\text{II}}+E_{\text{II}})L_{\text{пр}}}u^2. \tag{15}$$

Определение К. Кинетическая энергия падающей клети значительно уменьшится в связи со скачкообразным изменением скорости падения при ударе, и ее значение может быть получено на основе закона сохранения количества движения системы в виде

$$K=K_0\frac{1}{1+\frac{Q}{q}}, \tag{16}$$

где $K_0=\frac{mV^2}{2}=\frac{qV^2}{2g}$, $V^2=2gH_{\text{прив}}$;

Q — вес целика;
q — вес клети,

т. е. $K=qH_{\text{прив}}\frac{1}{1+\frac{Q}{q}}$. (17)

Окончательно, очевидно (см. формулу 1 и дальше),

$$u=\sqrt{\left(\frac{qH_{\text{прив}}}{1+\frac{Q}{q}}-1{,}08\frac{\sigma_{\text{т}}^2W_{\text{пл}}^2b}{EI}\right)\frac{2{,}4(E_{\perp}+2\nu_{\perp\text{II}}E_{\text{II}}+E_{\text{II}})L_{\text{пр}}}{E_{\text{II}}\,E_{\perp}\,hl}}. \tag{18}$$

Как показывают расчеты, расход кинетической энергии, идущей на деформацию клети при ударе, не превышает 5—6% общей энергии удара. Поэтому можно записать

$$u=\sqrt{2{,}4L_{\text{пр}}\left(\frac{q^2H_{\text{прив}}}{q+Q}\right)\left(\frac{E_{\perp}+2\nu_{\perp\text{II}}E_{\text{II}}+E_{\text{II}}}{E_{\text{II}}E_{\perp}\,hl}\right)}.$$

После этого можно определить динамическую силу воздействия на целик в данном сечении:

$$R=\varepsilon u.$$

Касательное напряжение соотв. $\tau_{\text{р}}=0{,}167\frac{R}{F}=0{,}167\frac{R^*}{hl}$.

Условие прочности может быть записано в таком виде:

$$\tau_{\text{р}}=0{,}167\frac{R}{hl}\leqslant[\tau].$$

* Коэффициент 0,167 получен экспериментальным путем.

Таблица 1

Значения μ для стержней с упругозащемленными линейно подвижными концами

μ \ η	∞	100	10	5	3	2	1,5	1,0	0,75	0,50	0,40	0,30	0,25	0,20	0,15	0,10	0,05	0
0	2,00	1,99	1,93	1,86	1,79	1,71	1,65	1,55	1,47	1,37	1,32	1,26	1,22	1,18	1,14	1,10	1,05	1,0
0,05	2,11	2,09	2,02	1,95	1,87	1,79	1,72	1,61	1,54	1,43	1,37	1,31	1,27	1,23	1,18	1,15	1,10	—
0,10	2,21	2,19	2,11	2,09	1,94	1,85	1,79	1,68	1,59	1,48	1,43	1,36	1,32	1,28	1,24	1,20	—	—
0,15	2,31	2,29	2,20	2,11	2,02	1,93	1,85	1,73	1,65	1,54	1,48	1,41	1,37	1,33	1,29	—	—	—
0,20	2,40	2,38	2,29	2,19	2,09	2,00	1,92	1,78	1,70	1,59	1,53	1,45	1,42	1,37	—	—	—	—
0,25	2,49	2,47	2,37	2,27	2,17	2,07	1,98	1,85	1,75	1,63	1,57	1,50	1,46	—	—	—	—	—
0,30	2,57	2,55	2,45	2,35	2,24	2,13	2,03	1,91	1,81	1,68	1,61	1,64	—	—	—	—	—	—
0,40	2,75	2,72	2,61	2,49	2,36	2,25	2,14	2,01	1,91	1,76	1,69	—	—	—	—	—	—	—
0,50	2,90	2,87	2,76	2,63	2,48	2,35	2,24	2,10	1,99	1,83	—	—	—	—	—	—	—	—
0,75	3,30	3,27	3,09	2,92	2,74	2,58	2,47	2,27	2,13	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1,00	3,68	3,63	3,37	3,17	2,96	2,77	2,61	2,40	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1,5	4,28	4,23	3,89	3,58	3,31	3,06	2,88	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2,0	4,80	4,74	4,29	3,92	3,58	3,27	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
3,0	5,71	5,65	4,93	4,42	3,96	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
5,0	7,35	7,05	5,84	5,07	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
10,0	10,0	9,47	7,07	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
100,0	27,3	19,4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Пример расчета несущей способности предохранительного целика

Исходные данные (рис. 3)

$H = 400$ *м*; $R = 3{,}5$ *м*; $L = 3{,}5$ *м*; $h = 8{,}0$ *м*;
$a_1 = 1{,}6$ *м*; $a_2 = 1{,}7$ *м*; $a_3 = 0{,}15$ *м*; $Q_ц = 430$ *т*;
$q = 10$ *т*; $\gamma = 2{,}65$ *т/м*^{3}; $l = 5{,}4$ *м*;
$\tau_{пр} = 140$ *кг/см*^{2};

Скип породный грузоподъемностью 10 *т* с односторонней разгрузкой и загрузкой разработан Южгипрошахтом (чертеж общего вида скипа Н-315-1Е, архив ЮГШ).

Стойки рамы скипа — из швеллера № 24.

Ригели рам скипа составлены из швеллеров № 24, соединенных сваркой с косынками.

Размеры скипа в плане: $a\,b = 1{,}7$ *м*; $a_2 = 1{,}7$ *м*;

Высота рамы скипа $b = 5{,}7$ *м*,

откуда $\alpha = \dfrac{1{,}7}{5{,}7} = 0{,}30$; $\beta = 2{,}0$.

Предел текучести материала рам скипа примем:

$$\sigma_т = 2500 \text{ кг/см}^2, \text{ а } E_{ст} = 2{,}1 \cdot 10^6 \text{ кг/см}^2.$$

Для породы примем

$$\nu_{\perp II} = 0{,}21; \quad E_\perp = 1{,}76 \cdot 10^5 \text{ кг/см}^2; \quad E_{II} = 2{,}73 \cdot 10^5 \text{ кг/см}^2.$$

В соответствии с нашими условиями моменты, возникающие на концах стойки и ригеля, будут равны (см. приложение 2).

$$m_1 = m_2 = \frac{3 \cdot 2{,}0EI}{0{,}155\,b} = 38{,}7i.$$

Огкуда коэффициент податливости повороту концов стойки и ригеля составит

$$\eta_{12} = \eta_{21} = \frac{i}{38{,}7\,i} = 0{,}026.$$

Тогда в соответствии с табл. 1 будем иметь

$$\mu = 1{,}02.$$

Критическая сила P_0 для скипа будет равна

$$P_0 = \frac{\pi^2 EI}{(1{,}02b)^2} = \frac{\pi^2 EI}{b^2}.$$

Перемещение концов стоек рамы скипа h_0, соответствующее образованию механизма, выразится зависимостью

$$h_0 = \frac{\pi^2 f_{\text{пр}}^2}{4b} = \frac{60 M_{\text{пр}}^2}{P_0^2 b}$$

Тогда работа, идущая на пластическую деформацию скипа выразится окончательно так

$$A = 2{,}16 \frac{\sigma_{\text{т}}^2 W_{\text{пл}}^2 b}{EI}.$$

Подставив соответствующие значения, получим окончательно

$$A = 2{,}16 \frac{(2500)^2 (86{,}8)^2 570}{2{,}1 \cdot 10^6 \cdot 284} = 97 \cdot 10^3 \ кг/см = 0{,}97 \ тм$$

По формуле (15) .

$$W = \frac{E_{\perp} E_{\text{II}} hl^*}{2{,}4 (E_{\perp} + 2\nu_{\perp \text{II}} E_{\text{II}} + E_{\text{II}}) L_{\text{пр}}} u^2.$$

Подставив условия примера, получим для целика высотой 8,0 *м*

$$W = \frac{1{,}76 \cdot 10^6 \cdot 2{,}73 \cdot 10^6 \, 8{,}0 \cdot 5{,}4}{2{,}4 \, (2{,}73 + 2{,}73 \cdot 0{,}21 + 1{,}76) \, 10^6 \, 3{,}5 \cdot 0{,}67} = 7{,}34 \cdot 10^6.$$

По формуле (16) для условий примера будем иметь

$$K = \frac{10 \cdot 400}{1 + \frac{430}{10}} = \frac{4000}{44{,}0} = 91 \ тм.$$

Теперь, воспользовавшись основной формулой (см. 18 приложение 2) определим перемещение по наиболее опасному сечению

$$u = \sqrt{\frac{91 - 0{,}97}{7{,}34 \cdot 10^6}} \cong 3{,}6 \cdot 10^{-3} \ м.$$

**где $hl = F$ — сечения среза 1, 2, 3, 4 (рис. 3).

Диаметр ствола, м	Номер профиля двутавра	балки																		Количество балок под целиком, шт	Общий вес балок, кг
		а		б		в		г		д		е		ж		з		и		к			
		длина, м / шт	вес, кг	длина, м / шт	вес, кг	длина, м / шт	вес, кг	длина, м / шт	вес, кг	длина, м / шт	вес, кг	длина, м / шт	вес, кг	длина, м / шт	вес, кг	длина, м / шт	вес, кг	длина, м / шт	вес, кг	длина, м / шт	вес, кг		
4,5	20	5,5 / 1	115	5,5 / 4	115	5,4 / 4	113	5,3 / 4	111	5,0 / 4	105	4,5 / 4	94,5	4,0 / 6	84	3,1 / 4	65	—	—	—		31	3033
5,0	22	6,0 / 1	144	6,0 / 4	144	5,9 / 4	141	5,8 / 4	139	5,5 / 4	132	5,2 / 4	125	4,7 / 6	113	3,9 / 4	94	3,3 / 4	79	—	—	35	4238
5,5	24	6,9 / 1	177	6,5 / 4	177	6,4 / 4	175	6,3 / 4	172	6,0 / 4	164	5,8 / 4	158	5,3 / 8	145	4,6 / 4	126	3,7 / 4	102	—	—	37	5343
6,0	27	7,0 / 1	220	7,0 / 4	220	6,9 / 4	218	6,8 / 4	214	6,5 / 4	205	6,2 / 4	195	6,0 / 6	189	5,3 / 4	167	4,6 / 4	145	3,4 / 4	114	39	7038
6,5	30	7,5 / 1	274	7,5 / 4	274	7,4 / 4	270	7,3 / 4	266	7,1 / 4	259	6,9 / 4	252	6,6 / 6	241	6,0 / 4	219	5,2 / 4	189	4,1 / 4	149	39	9232
7,0	33	8,0 / 1	337	8,0 / 4	337	7,9 / 4	333	7,8 / 4	329	7,7 / 4	324	7,4 / 4	312	7,2 / 6	304	6,6 / 4	278	5,7 / 4	240	4,5 / 4	190	39	11733
7,5	36	8,5 / 1	414	8,5 / 4	414	8,4 / 4	408	8,3 / 4	404	8,1 / 4	394	7,9 / 4	384	7,7 / 6	374	7,0 / 4	340	6,2 / 4	301	4,8 / 4	233	39	14170
8,0	40	9,0 / 1	505	9,0 / 4	505	8,9 / 4	500	8,8 / 4	494	8,7 / 4	488	8,5 / 4	477	8,3 / 6	466	7,6 / 4	427	6,7 / 4	376	5,1 / 4	286	39	17713

Схема расположения балок под предохранительным целиком

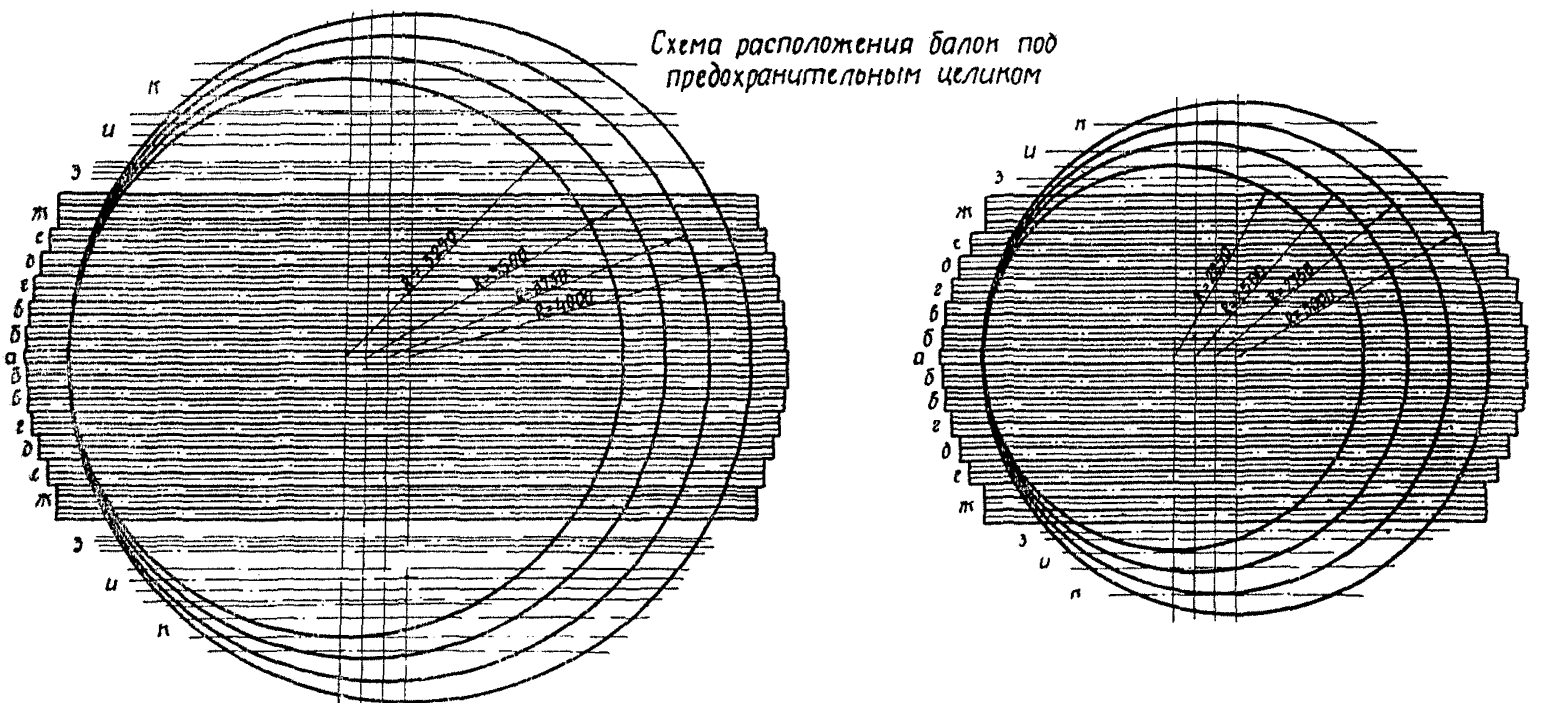


Рис. 12.

Диаметр ствола, м	Номер профиля двутавра	Балки																				Количество балок под целиком, шт	Общий вес балок, кг
		а		б		в		г		д		е		ж		з		и		к			
		длина/шт	вес, кг	длина/шт	вес, кг	длина/шт	вес, кг	длина/шт	вес, кг	длина/шт	вес кг	длина/шт	вес, кг	длина/шт	вес, кг	длина/шт	вес, кг	длина/шт	вес, кг	длина/шт	вес, кг		
4,5	20	5,5/1	115	5,5/2	115	5,4/2	113	5,3/2	111	5,0/2	105	4,5/2	94,5	4,0/3	84	3,1/2	65	—	—	—	—	16	1574
5,0	22	6,0/1	144	6,0/2	144	5,9/2	141	5,8/2	139	5,5/2	132	5,2/2	125	4,7/3	113	3,9/2	94	3,3/2	79	—	—	18	2191
5,5	24	6,5/1	177	6,5/2	177	6,4/2	175	6,3/2	172	6,0/2	164	5,8/2	158	5,3/3	145	4,6/2	126	3,7/2	112	–	—	18	2760
6,0	27	7,0/1	220	7,0/2	220	6,9/2	218	6,8/2	214	6,5/2	205	6,2/2	195	6,0/3	189	5,3/2	167	4,6/2	145	3,4/2	114	20	3629
6,5	30	7,5/1	274	7,5/2	274	7,4/2	270	7,3/2	266	7,1/2	259	6,9/2	252	6,6/3	241	6,0/2	219	5,2/2	189	4,1/2	149	20	4753
7,0	33	8,0/1	337	8,0/2	337	7,0/2	333	7,8/2	329	7,7/2	324	7,4/2	312	7,2/3	304	6,6/2	278	5,7/2	240	4,5/2	190	20	6035
7,5	36	8,5/1	414	8,5/2	414	8,4/2	408	8,3/2	404	8,1/2	394	7,9/2	384	7,7/3	394	1,0/2	340	6,2/2	301	4,8/2	233	20	7292
8,0	40	9,0/1	505	9,0/2	505	8,9/2	500	8,8/2	494	8,7/2	488	8,5/2	477	8,3/3	466	7,6/2	427	6,7/2	376	5,1/2	286	20	9109

Схема расположения балок под предохранительным целиком

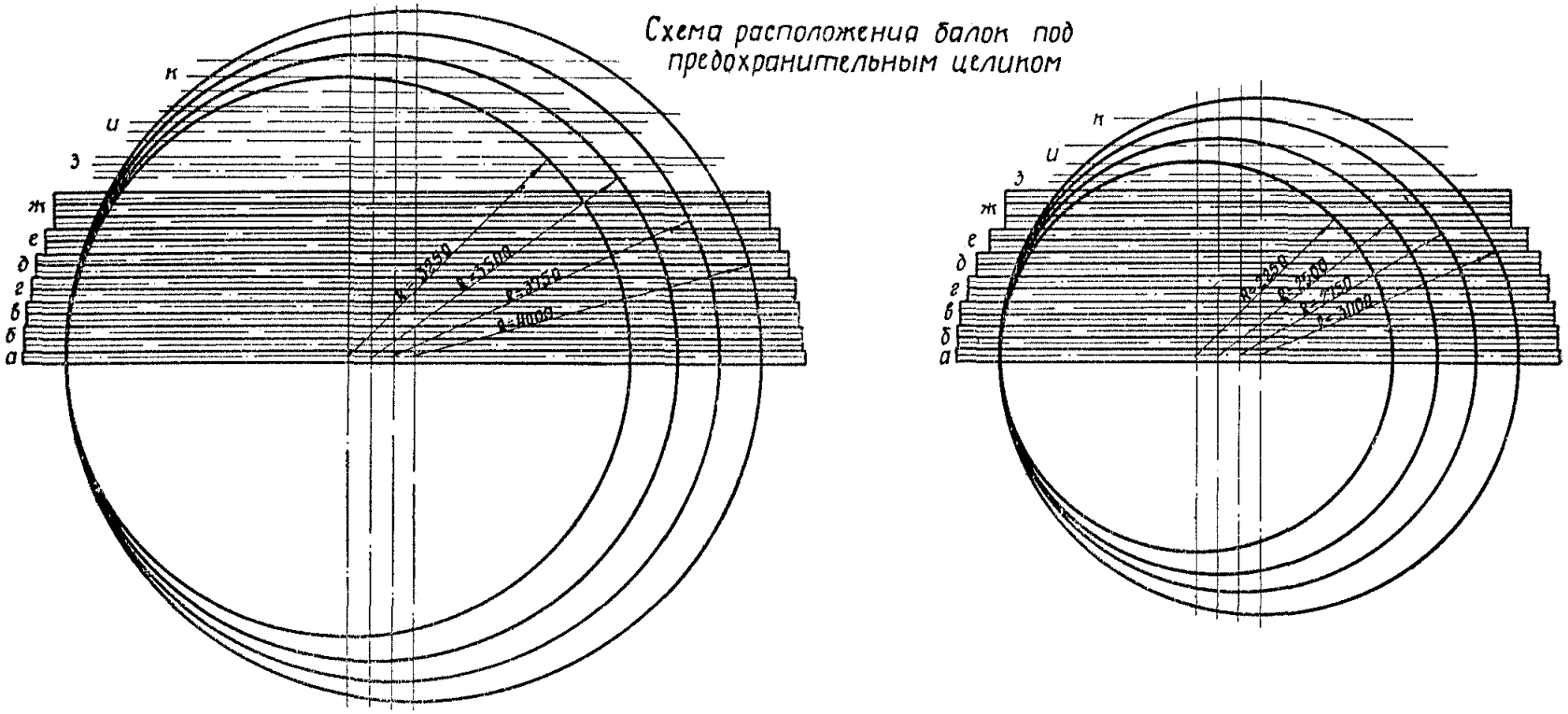


Рис. 13.

Жесткость целика, равная силе, вызывающей единичное перемещение, составит:

$$\varepsilon = \frac{1{,}76 \cdot 10^6 \cdot 2{,}73 \cdot 10^6 \cdot 8{,}0 \cdot 5{,}4}{3{,}5 \cdot 0{,}67 \cdot 1{,}2\,(1{,}76 + 2{,}73 \cdot 0{,}21 + 2{,}73) \cdot 10^6} = 14{,}68 \cdot 10^6\ m.$$

Напряжение, вызываемое силой, развивающейся в момент удара скипа о целик, определяется выражением

$$\tau_p = 0{,}167\,\frac{R}{F}.$$

Величина приближенного значения динамической силы определится такой зависимостью:

$$R = \varepsilon u = 14{,}68 \cdot 10^6 \cdot 3{,}6 \cdot 10^{-3} = 52{,}8 \cdot 10^3\ m.$$

Откуда напряжение сдвига, возникающее в целике от удара,

$$\tau_p = \frac{0{,}167 \cdot 52{,}8 \cdot 10^3}{43{,}2} = 0{,}20 \cdot 10^3\ m/м^2 = 20\ кг/см^2.$$

Исходное предельное напряжение сдвига принято

$$\tau_{пр} = 140\ кг/см^2,\ [\tau] = \frac{\tau_{пр}}{6} = 23\ кг/см^2.$$

Таким образом, условие прочности при падении 10-тонного скипа с высоты 400 *м* можно считать обспеченным.

Перекрытие, поддерживающее целик снизу

Таблица 2

Балки, расположенные в центре ствола

$Д_{св}$ ствола, *м*	4,5	5,0	5,5	6,0	6,5	7,0	7,5	8,0
Нагрузка, *т*	46,0	54,4	63,4	75,6	85,6	97,0	111,8	124,2
l балки, *м*	5,5	6,0	6,5	7,0	7,5	8,0	8,5	9,0

Номер двутавра	S_x	Несущая способность балок, *т*							
20	102	3,56*	3,26	3,04	2,78	2,62	2,45	2,3	2,18
22	130	4,53	4,18*	3,85	3,45	3,34	3,13	2,93	2,78
24	163	5,68	5,2	4,84*	4,5	4,25	3,95	3,7	3,48
27	210	7,32	6,72	6,2	5,78*	5,39	5,05	4,75	4,49
30	268	9,35	8,6	7,9	7,35	6,9*	6,45	6,1	5,72
33	339	11,8	10,8	10,0	9,25	8,65	8,2*	7,62	7,2
36	423	14,4	13,4	12,2	11,6	10,8	10,1	9,6*	9,0
40	540	18,8	17,3	15,9	14,7	13,8	13,0	12,2	11,5*

Таблица 3

Балки, удаленные от центра ствола на 1,7 *м*

$Д_{св}$ ствола, *м*	4,5	5,0	5,5	6,0	6,5	7,0	7,5	8,0
Нагрузка, *т*	9,4	14,2	20,8	28,8	37,4	47,4	61,8	75,4
l балки, *м*	4,0	4,7	5,4	6,0	6,5	7,0	7,7	8,2

Номер двутавра	S_x	Несущая способность балок, *т*							
20	102	4,9*	4,2	3,6	3,2	3,1	2,8	2,6	2,4
22	130	6,25	5,3*	4,6	4,2	3,9	3,6	3,25	3,05
24	163	7,9	6,7	5,8*	5,2	4,8	4,5	4,1	3,8
27	210	10,1	8,6	7,5	6,7*	6,2	5,8	5,2	4,9
30	268	12,8	11,0	9,5	8,6	7,9*	7,4	6,7	6,25
33	339	16,2	13,8	12.0	11,8	10,0	9,1*	8,4	7,9
36	423	20,3	17,3	15,0	13,4	12,3	11,6	10,5*	9,9
40	540	26,0	22,1	19,2	17,3	16,0	14,8	13,5	12,7*

Примечание. Количество балок под целиком определяется путем деления нагрузки на несущую способность балки нужного профиля. При этом количество балок в центральной части и на периферии определяется отдельно (согласно таблицам 2 и 3).

* Рекомендуемый для расчета номер профиля в зависимости от диаметра ствола.

Ведение работ по оконтуриванию целика

В качестве примера ведения буровзрывных работ при сооружении целика ниже приводятся порядок работ по оконтуриванию целика (рис. 14) и паспорта БВР для двух случаев.

При расчете типовых паспортов БВР значение K_c принято меньшим рекомендуемого, что в значительной мере должно улучшить результаты взрывания. K_c принят равным 0,5—0,6.

Кроме того, при составлении паспортов БВР для двух сечений были приняты следующие положения:

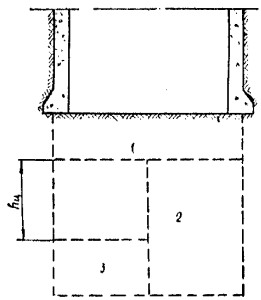


Рис. 14.

1. В качестве ВВ принят аммонит ПЖВ-20. Он обладает весьма низкой бризантностью, что обеспечивает минимальное нарушение сплошности пород целика при его оконтуривании.

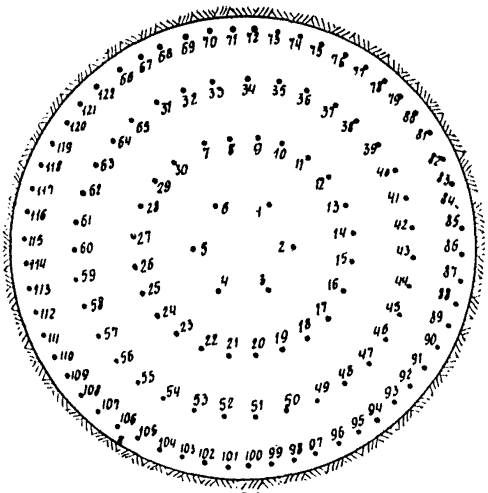
Кроме того, применение ПЖВ-20 дает возможность вести взрывные работы в газовом режиме. Целик может быть заложен именно в пределах 20-метровой зоны ниже пласта угля.

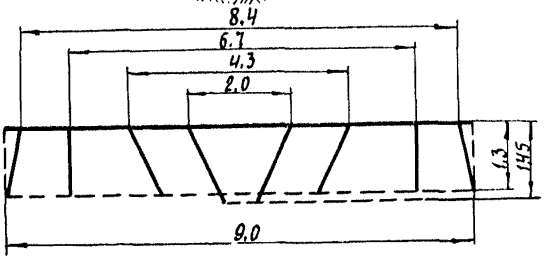
2. Диаметр оконтуривающих шпуров принят 52 *мм*, остальных — 43 *мм*. Диаметр патронов ВВ — 36 *мм*. Сочетание патрона ВВ диаметром 36 *мм* и шпура диаметром 52 *мм* создает особенно благоприятные условия для уменьшения нарушения породного целика при взрыве.

3. Коэффициент заполнения шпуров принят равным 0,5—0,57, т. е. менее рекомендованного для нормальных условий взрывания. Это позволит, с одной стороны, уменьшить концентрацию ВВ в шпуре и тем самым предотвратить излишнее трещинообразование, а с другой — увеличить количество шпуров по контуру, что приведет к лучшему оконтуриванию целика.

4. Глубина шпуров принята 1—1,3, что значительно уменьшает количество ВВ, взрываемого за один прием, а следовательно, и сейсмическое воздействие взрыва на породу.

Участок 1

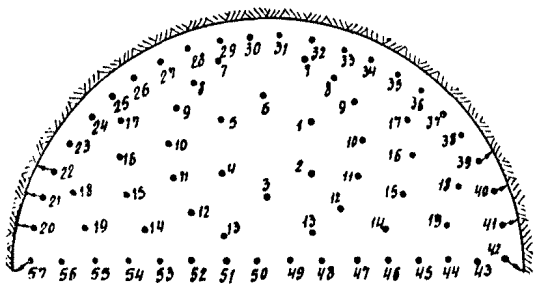


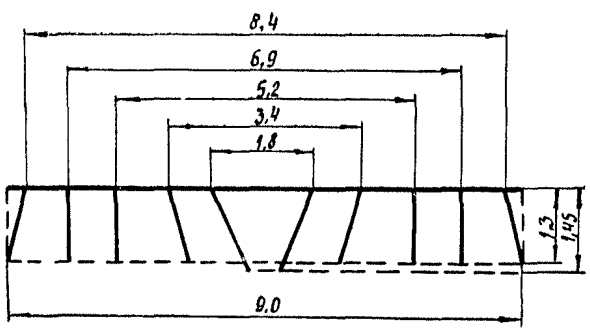


№№ шпуров, взрываемых за прием	К-во шпуров в серии, шт.	Длина шпура, м	Угол наклона шпуров, град		Вес заряда в шпуре, кг	Коэф. заполнения шпуров	Длина забойки м	Замедление, сек
			по вертикали	по горизонтали				
1-6	6	1,5	65	—	1,0	0,57	0,6	0
7-30	24	1,3	75	—	0,8	0,57	0,6	25
31-65	35	1,3	90	—	0,8	0,57	0,6	50
66-122	57	1,3	82	—	0,8	0,57	0,6	75
—	122	159,8	—	—	98,8	—	—	—

Рис. 15.

Участок 2

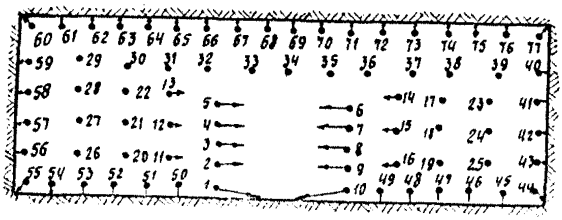


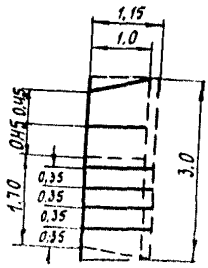


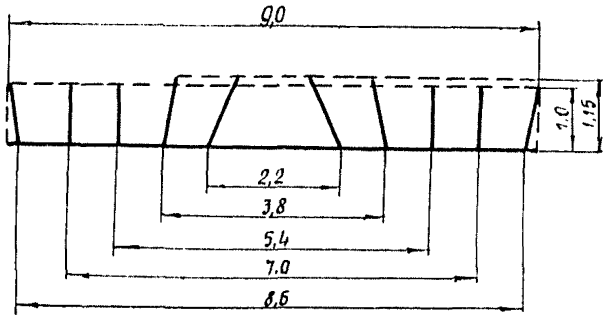
№№ шпуров, взрываемых за прием	К-во шпуров в серии, шт	Длина шпура, м	Угол наклона шпуров, град		Вес заряда в шпуре, кг	Коэффициент заполнения шпуров	Длина забойки, м	Замедление, мсек
			по вертикали	по горизонтали				
1-6	6	1,5	65	—	1,0	0,57	0,6	0
2 [7-13]	14	1,3	75	—	0,8	0,57	0,6	25
2 [14-17]	8	1,3	90	—	0,8	0,57	0,6	50
2 [18-19]	4	1,3	90	—	0,8	0,57	0,6	75
20-57	38	1,3	82	—	0,8	0,57	0,6	100
—	70	92,2	—	—	57,2	—	—	—

Рис. 16.

Участок 3



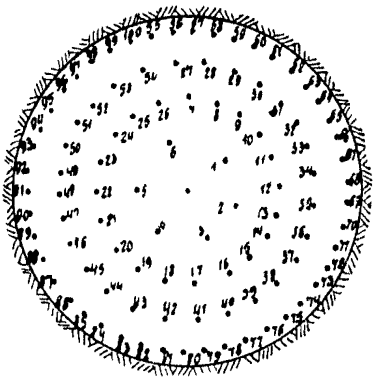


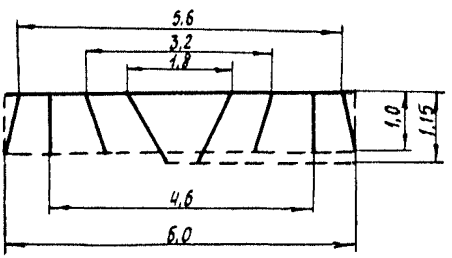


NN шпуров, взрываемых за прием	К-во шпуров в серии, шт	Длина шпура м	Угол наклона шпуров, град		Вес заряда в шпуре, кг	Коэффициент заполнения шпуров	Длина забойки, м	Замедление, мсек
			по вертикали	по горизонтали				
1-10	10	1,2	–	60	0,8	0,55	0,45	0
11-16	6	1,2	–	80	0,8	0,55	0,45	25
17-22	6	1,0	–	90	0,6	0,55	0,45	50
23-39	17	1,0	–	90	0,6	0,55	0,45	75
40-77	38	1,0	–	85	0,6	0,55	0,45	100
—	77	80,2	–	–	49,4	—	—	–

Рис. 17.

Участок 1



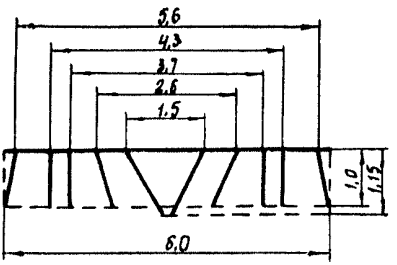


№№ шпуров, взрываемых за прием	К-во шпуров в серии, шт	Длина шпура, м	Угол наклона шпуров, град		Вес заряда в шпуре, кг	Коэф. заполнения шпуров	Длина забойки, м	Замедление, мсек
			по вертикали	по горизонтали				
1-6	6	1,2	60	—	0,8	0,55	0,45	0
7-26	20	1,0	75	—	0,6	0,55	0,45	25
27-54	28	1,0	90	—	0,6	0,55	0,45	50
55-100	46	1,0	83	—	0,6	0,55	0,45	75
—	100	101,2	—	—	61,2	—	—	—

Рис. 18.

Участок 2

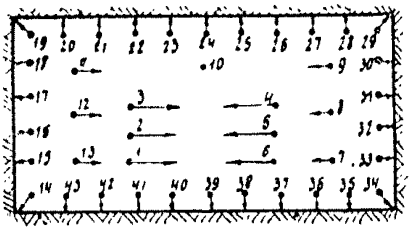


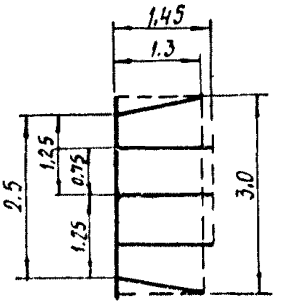


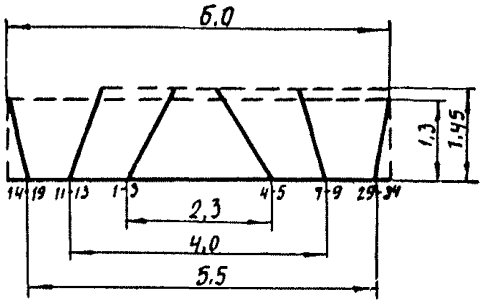
№№ шпуров, взрываемых за прием	К-во шпуров в серии, шт	Длина шпура, м	Угол наклона шпуров, град		Вес заряда в шпуре, кг	Коэф. заполнения шпуров	Длина забойки, м	Замедление, мсек
			по вертикали	по горизонтали				
1-8	8	1,2	60	—	0,8	0,55	0,45	0
2[9-13]	10	1,0	75	—	0,6	0,55	0,45	25
2[14-16]	6	1,0	90	—	0,6	0,55	0,45	50
2[17-18]	4	1,0	90	—	0,6	0,55	0,45	75
19-50	32	1,0	83	—	0,6	0,55	0,45	100
—	60	61,6	—	—	37,6	—	—	—

Рис. 19.

Участок 3







NN шпуров, взрываемых за прием	К-во шпуров в серии, шт	Длина шпура, м	Угол наклона шпуров, град		Вес заряда в шпуре, кг	Коэффициент заполнения шпуров	Длина забойки м	Замедление, мсек
			по вертикали	по горизонтали				
1-6	6	1,5	—	60	1,0	0,57	0,6	0
7-13	7	1,5	—	80	1,0	0,57	0,6	25
14-19	6	1,3	—	85	0,8	0,57	0,6	50
20-28	9	1,3	—	90	0,8	0,57	0,6	75
29-34	6	1,3	—	85	0,8	0,57	0,6	50
35-43	9	1,3	—	90	0,8	0,57	0,6	75
—	43	58,5	—	—	37,0	—	—	—

Рис. 20.

Пример расчета верхнего этажа искусственного предохранительного полка

Для примера определим допустимую нагрузку, количество балок и несущую способность одного ряда двутавровых балок № 55 для ствола $Д_{св} = 5{,}5$ *м* при следующих исходных данных:

$$в = 159 \text{ см} \qquad l = 550 \text{ см};$$

$$W_{пл} = 2S_x \qquad S_x = 2 \cdot 1150 = 2{,}3 \cdot 10^3 \text{ см}^3;$$

$$q_1 = 0{,}886 \text{ кг/см}^* \qquad L_{ск} = 184{,}6 \text{ см};$$

$$q_{ск} = 8000 \text{ кг}; \qquad H = 700 \text{ м}$$

Имеем:

$$K^1 = \frac{в\,(2l - в)}{8} = \frac{159\,(2 \cdot 5{,}5 \cdot 10^2 - 159)}{8} = 18 \cdot 7 \cdot 10^3$$

$$q_2 = \frac{\sigma_т W_{пл} - \frac{q_1 l^2}{8}}{K^1} = \frac{2{,}5 \cdot 10^3 \cdot 2{,}3 \cdot 10^3 - \frac{0{,}886\,(5{,}5 \cdot 10^2)^2}{8}}{18{,}7 \cdot 10^3} =$$

$$= 306 \text{ кг/см}.$$

Отсюда $P^1 = q_2 в = 306 \cdot 159 = 48600$ *кг*.

Количество балок в ряду при ширине полки $b^1 = 18$ *см*

$$n = \frac{L_{ск}}{b^1} = \frac{184{,}6}{18} = 10 \text{ шт.}$$

Несущая способность одного ряда балок равна

$$P_g = P^1 \cdot n = 48600 \cdot 10 = 486000 \text{ кг}.$$

Для увеличения прочности несущей конструкции полка, представляющей собой перекрытие, составленное из нескольких рядов двутавровых балок, на ней сооружается амортизирующая подушка из деревянных брусьев, уложенных в клеть.

---

* Условно без веса амортизирующей подушки.

Энергия, которая идет на деформацию подушки, определяется из следующего выражения:

$$K = \frac{1}{2} P_{\text{общ}} \Delta h,$$

где K — кинетическая энергия идущая на деформацию полка;

$P_{\text{общ}}$ — общая несущая способность всех балок перекрытия;

Δh — деформация подушки при ударе, принимается из опыта $\Delta h = \frac{1}{3} h$;

h — высота амортизирующей подушки.

Кинетическая энергия падающего сосуда

$$K_0 = q_{\text{скипа}} H$$

(H и $H_{\text{пр ив}}$ см. рис. 1, следует различать при высоте падения, большей 400 *м*).

Энергия удара $K = K_0 \eta$,

где

$$\eta = \frac{1}{1 + \frac{Q_{\text{полка}}}{q_{\text{скипа}}}}.$$

Q полка равняется весу балок металлического перекрытия плюс вес деревянных брусьев амортизирующей подушки. Тогда

$$K = K_0 \frac{1}{1 + \frac{Q_{\text{полка}}}{q_{\text{скипа}}}}.$$

Принимаем $h=5$ *м*, размер брусьев — 10×10 *см*, интервал — 8 *см*. Количество рядов двутавровых балок $N=3$.

$$\eta = \frac{1}{1 + \frac{28640}{8000}} = 0{,}218$$

Проверяем высоту подушки.
Из выражения

$$u = \frac{1}{6} P_{\text{общ}} h$$

$$h = \frac{6u\eta}{P_{\text{общ}}} = \frac{6 q_{\text{ск}} H \eta}{P_{\text{общ}}} = \frac{6 \cdot 8000 \cdot 700 \cdot 0{,}218}{486000 \cdot 3} = 5{,}0 \text{ м}.$$

Приложение 7

ОСНОВНЫЕ ПАРАМЕТРЫ ВЕРХНИХ ЭТАЖЕЙ ИСКУССТВЕННЫХ ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ ПОЛКОВ

Таблицы 4 и 5 составлены для ориентировочной прикидки особенностей конструкции полка в зависимости от величины нагрузки, диаметра ствола и номера профиля, принятого в качестве основного для несущей конструкции полка.

В табл. 4 указаны несущая способность балки P^1, количество балок n под подъемным сосудом и общая несущая способность одного ряда балок P для разных размеров стволов и различных по весу и размерам типовых скипов, разработанных Южгипрошахтом.

В табл. 5 приведены количество рядов балок N и высота подушки h для всех видов скипов, рассмотренных выше, в зависимости от диаметра ствола, высоты падения и принятого двутаврового профиля балок несущей конструкции.

После определения ориентировочных данных, содержащихся в таблице, они должны быть проверены расчетом для конкретных условий по методике, приведенной во второй главе.

Данные таблиц 4 и 5 составлены для верхнего этажа двухэтажного горизонтального полка по этой же методике.

Таблица 4

Номер профиля двутавра	Основные параметры полка	Диаметр ствола, *м*					
		5,5	6,0	6,5	7,0	7,5	8,0
Скип — 5,8 *т* (площадь основания — 2,3 *м*²)							
	P^1	22100	20100	18300	16800	15600	14500
40	*n*	11	11	11	11	11	11
	P_g	243000	221000	212000	185000	171500	159500
	P^1	28800	26000	23700	21800	20200	18800
45	*n*	11	11	11	11	11	11
	P_g	317000	286000	261000	240000	222000	207000
	P^1	37000	33500	30600	28200	26100	24300
	n	10	10	10	10	10	10
50	P_g	370000	335000	306000	282000	261000	243000
	P^1	47300	42900	39100	35900	33300	31000
	n	10	10	10	10	10	10
55	P_g	473000	429000	391000	359000	333000	310000
Скипы — 8,0; 10,8; 13,3; и 14,7 *т* (площадь основания — 2,94 *м*²)							
	P^1	22700	20500	18700	17200	15900	14800
40	*n*	12	12	12	12	12	12
	P_g	272000	246000	224000	206000	202000	179000
	P^1	29500	26700	24200	22300	20500	19100
	n	12	12	12	12	12	12
45	P_g	354000	320000	290000	267000	246000	229000
	P^1	38000	34300	31200	28700	26400	24500
50	*n*	11	11	11	11	11	11
	P_g	418000	377000	343000	316000	290000	270000
	P^1	48600	43900	40000	36600	33900	31500
55	*n*	11	11	11	11	11	11
	P_g	535000	484000	440000	403000	373000	346000

Таблица 5

Глубина ствола, м	$d = 5{,}5$ м			$d = 6{,}0$ м			$d = 6{,}5$ м			$d = 7{,}0$ м			$d = 7{,}5$ м			$d = 8{,}0$ м		
	№ двутавра	N	h	№ двутавра	N	h	№ двутавра	N	h	№ двутавра	N	h	№ двутавра	N	h	№ двутавра	N	h
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
							$Q = 5800$ кг											
200	40	2	3,6	40	2	3,5	40	2	3,4	40	2	3,2	40	2	3,1	40	2	3,0
300	45	2	3,9	45	2	3,8	45	2	3,7	45	2	3,6	45	2	3,6	45	2	3,5
500	45	3	3,9	45	3	3,8	45	3	3,7	45	3	3,6	45	3	3,6	45	3	3,5
700	50	3	4,1	50	3	3,0	50	3	3,7	50	3	3,5	50	3	3,3	50	3	3,2
900	50	3	5,0	50	3	4,8	50	3	4,6	50	3	4,4	50	3	4,2	50	3	4,0
							$Q = 8000$ кг											
200	45	2	3,8	45	2	3,7	45	2	3,7	45	2	3,6	45	2	3,6	45	2	3,5
300	40	3	4,5	40	3	4,4	40	3	4,3	40	3	4,2	40	3	4,1	40	3	4,0
500	50	3	4,4	50	3	4,3	50	3	4,2	50	3	4,1	50	3	4,0	50	3	3,9
700	55	3	4,9	55	3	4,7	55	3	4,5	55	3	4,3	55	3	4,1	55	3	4,0
900	55	3	5,5	55	3	5,4	55	3	5,3	55	3	5,2	55	3	5,1	55	3	4,9
							$Q = 10800$ кг											
200	45	3	3,9	45	3	3,8	45	3	3,7	45	3	3,6	45	3	3,5	45	3	3,4
300	50	3	4,7	50	3	4,6	50	3	4,5	50	3	4,4	50	3	4,3	50	3	4,1
500	55	3	5,5	55	3	5,4	55	3	5,2	55	3	5,0	55	3	4,8	55	3	4,7
700	55	4	5,0	55	4	4,9	55	4	4,8	55	4	4,6	55	4	4,5	55	4	4,3
900	55	4	6,2	55	4	6,0	55	4	5,8	55	4	5,6	55	4	5,5	55	4	5,4

Продолжение таблицы 5

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
									$Q = 13300$ кг									
200	50	3	4,2	50	3	4,2	50	3	4,1	50	3	4,1	50	3	4,0	50	3	4,0
300	55	3	4,7	55	3	4,6	55	3	4,6	55	3	4,5	55	3	4,5	55	3	4,4
500	55	4	5,2	55	4	5,1	55	4	5,0	55	4	4,9	55	4	4,8	55	4	4,7
700	55	4	6,6	55	4	6,4	55	4	6,2	55	4	6,1	55	4	6,0	55	4	5,9
900	55	4	8,2	55	4	8,0	55	4	7,8	55	4	7,6	55	4	7,4	55	4	7,2
									$Q = 14700$ кг									
200	55	3	3,9	55	3	3,8	55	3	3,7	55	3	3,6	55	3	3,6	55	3	3,5
300	55	3	5,6	55	3	5,5	55	3	5,4	55	3	5,3	55	3	5,2	55	3	5,0
500	55	4	5,9	55	4	5,8	55	4	5,7	55	4	5,6	55	4	5,5	55	4	5,3
700	55	4	7,6	55	4	7,4	55	4	7,2	55	4	7,0	55	4	6,9	55	4	6,8
900	55	4	9,5	55	4	9,2	55	4	8,9	55	4	8,6	55	4	8,3	55	4	8,0
									$Q = 18800$ кг									
200	55	3	4,6	55	3	4,6	55	3	4,5	55	3	4,4	55	3	4,3	55	3	4,3
300	55	3	6,6	55	3	6,5	55	3	6,4	55	3	6,3	55	3	6,2	55	3	6,1
500	55	4	7,2	55	4	7,1	55	4	7,0	55	4	6,9	55	4	6,8	55	4	6,6
700	55	4	9,2	55	4	9,0	55	4	8,8	55	4	8,6	55	4	8,5	55	4	8,4
900	55	4	11,5	55	4	11,2	55	4	10,9	55	4	10,6	55	4	10,3	55	4	10,0

СОДЕРЖАНИЕ

1. РАСЧЕТ И СООРУЖЕНИЕ ПРЕДОХРАНИТЕЛЬНОГО ЦЕЛИКА

Общие положения 3
Определение физико-механических свойств породы целика . . . 4
Определение потерь кинетической энергии свободно падающего подъемного сосуда на преодоление аэродинамических сопротивлений 5
Расчет целика 5
Расчет перекрытия, поддерживающего целик снизу 9
Сооружение предохранительного целика 10

2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ИСКУССТВЕННОГО ДВУХЭТАЖНОГО ГОРИЗОНТАЛЬНОГО ПОЛКА

Приложение 1.
Определение физико-механических свойств породы полка . . . 19
Приложение 2.
Обоснование расчета предохранительного целика 23
Приложение 3.
Пример расчета несущей способности предохранительного целика . 30
Приложение 4.
Перекрытие, поддерживающее целик снизу 33
Приложение 5.
Ведение работ по оконтуриванию целика 34
Приложение 6.
Пример расчета верхнего этажа искусственного предохранительного полка 43
Приложение 7.
Основные параметры верхних этажей искусственных горизонтальных полков 45

Ответственный за выпуск — канд. техн. наук *Ю. П. ШУТЬКО*

Подписано к печати 21.IV 1969 г. Формат 60×90¹/₁₆. Печ. л. 3, усл.-печ. л. 3 + 2 вклейки. Заказ 2865. Тираж 1000. Цена 28 коп.

Харьковская типография № 13 Областного управления по печати, ул. Артема, 44.

gost.e-ecolog.ru