Министерство угольной промышленности СССР

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
МАКЕЕВСКИЙ ОРДЕНА ОКТЯБРЬСКОЙ РЕВОЛЮЦИИ
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
по безопасности работ в горной промышленности
МакНИИ

НОРМЫ БЕЗОПАСНОСТИ

НА ПРОЕКТИРОВАНИЕ И ЭКСПЛУАТАЦИЮ КАНАТНЫХ ПРОВОДНИКОВ МНОГОКАНАТНЫХ ПОДЪЕМНЫХ УСТАНОВОК

Макеевка—Донбасс
1983

gost.e-ecolog.ru

Министерство угольной промышленности СССР

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ МАКЕЕВСКИЙ ОРДЕНА ОКТЯБРЬСКОЙ РЕВОЛЮЦИИ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ ПО БЕЗОПАСНОСТИ РАБОТ В ГОРНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ (МакНИИ)

Утверждаю
Заместитель Председателя Госгортехнадзора СССР
(подпись, печать) В.С.Шаталов
22 февраля 1982 г.

Утверждаю
Заместитель Министра угольной промышленности СССР
(подпись, печать) В.Д.Никитин
15 января 1982 г.

Согласовано
Энергомеханическое управление Минуглепрома СССР
(подпись, печать) В.А.Попов
14 января 1982 г.

Согласовано
Управление техники безопасности и промсанитарии Минуглепрома СССР
(подпись, печать) Г.И.Капельшников
14 января 1982 г.

НОРМЫ БЕЗОПАСНОСТИ НА ПРОЕКТИРОВАНИЕ И ЭКСПЛУАТАЦИЮ КАНАТНЫХ ПРОВОДНИКОВ МНОГОКАНАТНЫХ ПОДЪЕМНЫХ УСТАНОВОК

Макеевка - Донбасс
1982

О Г Л А В Л Е Н И Е

Стр.

1. Общие положения и определения. 5

2. Нормы безопасности на проектирование канатных проводников многоканатных подъемных установок. II

2.1. Количество и расположение канатных проводников и отбойных канатов. II

2.2. Проектные зазоры в стволе I2

2.3. Канатные проводники и отбойные канаты I3

2.4. Крепление канатных проводников и отбойных канатов. I4

2.5. Натяжение канатных проводников и отбойных канатов, требования к натяжным устройствам I6

2.6. Направляющие устройства подъемных сосудов I7

2.7. Оборудование приемных площадок конечных и промежуточных горизонтов, ... I8

2.8. З у м п ф ы. I9

3. Нормы безопасности на эксплуатацию канатных проводников многоканатных подъемных установок. 20

3.I. Надзор и контроль. Общие положения. 20

3.2. Надзор за канатными проводниками и отбойными канатами. 20

3.3. Надзор за прицепными устройствами 23

3.4. Надзор за направляющими устройствами подъемных сосудов. 24

3.5. Контроль натяжения канатных проводников и отбойных канатов. 24

3.6. Контроль натяжения головных канатов. 26

3.7. Контроль жестких проводников. 26

3.8. Контроль зазоров в стволе 26

4. Методика расчета перемещений подъемных сосудов и зазоров в стволе 28

4.I. Обоснование принципов расчета и основные расчетные соотношения. 28

4.2. Определение величин угловых перемещений подъемных сосудов 32

Стр.

4.3. Определение величин поступательных перемещений подъемных сосудов. 33

4.4. Определение зазоров в стволе 34

ПРИЛОЖЕНИЕ (рекомендуемое) I.

Методические указания по расчету ожидаемых искривлений вертикальных стволов. 36

ПРИЛОЖЕНИЕ 2.

Примеры расчетов зазоров и определение диаметров стволов с канатными проводниками 53

В В Е Д Е Н И Е

"Нормы безопасности на проектирование и эксплуатацию канатных проводников многоканатных подъемных установок"*) разработаны на основе выполненных МакНИИ исследований, включающих в себя:

изучение опыта эксплуатации действующих подъемных установок с канатными проводниками;

выбор основных факторов, влияющих на поведение движущихся по канатным проводникам подъемных сосудов;

решение задач, определяющих колебания подъемного сосуда под влиянием аэродинамических возмущающих воздействий и моментов, передаваемых от головных канатов;

результаты экспериментов, проведенных на действующих подъемных установках эксплуатационных и строящихся шахт Донбасса, по измерению фактических величин угловых и поступательных перемещений подъемных сосудов и неравномерности распределения усилий между головными канатами;

анализ экономической эффективности применения гибкой армировки в вертикальных стволах угольных шахт.

"Нормы безопасности..." разработаны в лаборатории шахтного подъема МакНИИ (к.т.н.Самородов А.И., инж.Исеров Б.И.). При их подготовке использованы предложения ВНИИМ в части проверки соотношения геометрических элементов гибкой армировки и учета деформаций стволов. Апробация норм и методики расчета перемещений сосудов, уточнение формул и нормативов на определение зазоров в стволе и примеры расчетов выполнены Южгипрошахтом.

С введением в действие настоящих "Норм безопасности..." утрачивают силу "Временные нормы и рекомендации на проектирование канатных проводников многоканатных подъемных установок", утвержденные Минуглепромом СССР в 1967 году.

---

*) В дальнейшем именуются "Нормы безопасности..."

I. Общие положения и определения

I.I. Настоящие "Нормы безопасности..." распространяются на многоканатные подъемные установки с канатными проводниками (гибкой армировкой) угольных шахт со следующими параметрами: глубина стволов - до I400 м, концевая нагрузка (без учета веса канатов) - до 63600 Н (65 т), скорость движения подъемных сосудов - при транспортировке людей до I2 м/с, груза - до I6 м/с. Допускается по согласованию с МакНИИ проектирование подъемных установок с некоторыми параметрами, превышающими указанные.

I.2. К подъемным установкам с канатными проводниками предъявляются все требования действующих "Правил безопасности в угольных и сланцевых шахтах", "Правил технической эксплуатации угольных и сланцевых шахт", инструкций по эксплуатации и испытанию шахтных подъемных установок и отдельных их элементов.

I.3. Требования настоящих "Норм безопасности..." обязательны при проектировании и эксплуатации многоканатных подъемных установок с канатными проводниками.

I.4. Допускается совместное применение в одном стволе гибкой и жесткой армировок как для отдельных подъемных установок, так и для отдельных подъемных сосудов.

I.5. К основным конструктивным элементам подъемных установок с гибкой армировкой относятся (рис.I.I):

I.5.I. Канатные проводники (I) - предназначены для направленного движения подъемных сосудов в вертикальных стволах;

I.5.2. Отбойные канаты (2) - предназначены для предупреждения столкновения движущихся по канатным проводникам подъемных сосудов при их встрече;

I.5.3. Прицепные устройства (3) - предназначены для закрепления канатных проводников и отбойных канатов и крепления к ним натяжных устройств;

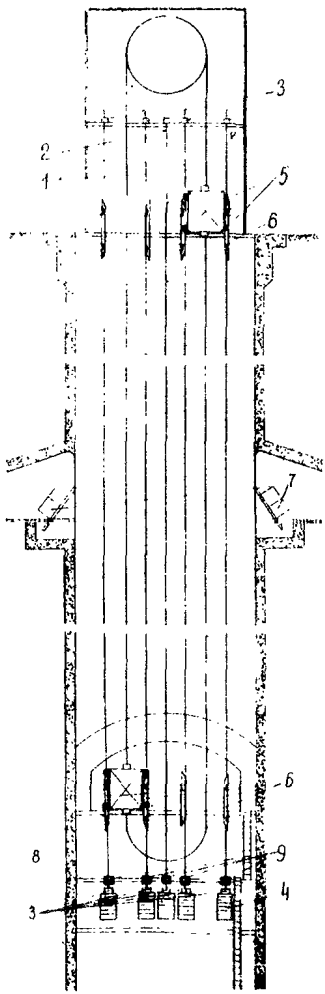

Рис.I.I. Основные конструктивные элементы подъемной установки с гибкой армировкой.

I.5.4. Натяжные устройства (4) - предназначены для натяжения канатных проводников и отбойных канатов;

I.5.5. Направляющие устройства подъемных сосудов (5) - предназначены для связи подъемного сосуда с проводниками армировки ствола;

I.5.6. Отбойные лыжи подъемных сосудов (на рисунке не показаны) - предназначены для предохранения отбойных канатов и подъемных сосудов от повреждений;

I.5.7. Жесткие проводники (6) - предназначены для фиксации подъемных сосудов на приемных площадках при их загрузке или разгрузке;

I.5.8. Фиксирующие устройства (7) - предназначены для фиксации подъемных сосудов на промежуточных горизонтах;

I.5.9. Устройства для фиксации нижних концов проводниковых и отбойных канатов (8) и направляющие втулки (9), служащие для пропускания этих канатов.

I.6. Вновь создаваемое оборудование или отдельные элементы гибкой армировки (проводниковые и отбойные канаты, прицепные устройства, натяжные устройства, направляющие устройства подъемных сосудов) допускаются к применению на шахтах в соответствии с действующими стандартами на пуск и опытную эксплуатацию изделий новой техники.

I.7. Основными геометрическими элементами и параметрами гибкой армировки являются (рис.I.2, рис.I.3):

I.7.I. Горизонт подвеса и горизонт фиксирования - горизонтальные плоскости, в которых расположены, соответственно, опорные поверхности подвесных устройств и центры направляющих втулок, служащих для пропускания нижних концов проводниковых и отбойных канатов;

I.7.2. Точка подвеса и точка фиксирования проводникового и отбойного канатов - точки пересечения оси каната с горизонтом подвеса и, соответственно, с горизонтом фиксирования;

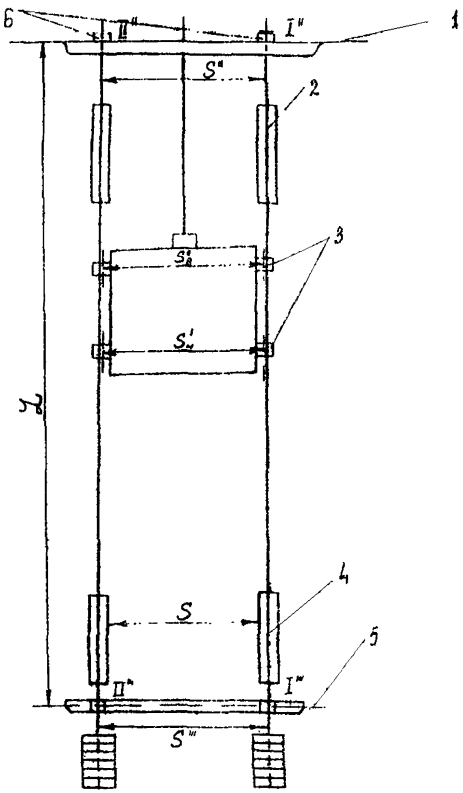

Рис.I.2. Основные геометрические элементы и параметры гибкой армировки:

I-горизонт подвеса; 2,4-оси жестких проводников; 3-ось направляющей муфты; 5-горизонт фиксирования; 6-ось клиновой муфты; I'',II'' и I''',II''' -соответственно точки подвеса и точки фиксирования канатных проводников; S -колея жестких проводников; $S_ш$ и $S_к$ -колея на подъемном сосуде; S'' и S''' -колеи канатных проводников; L -длина канатных проводников.

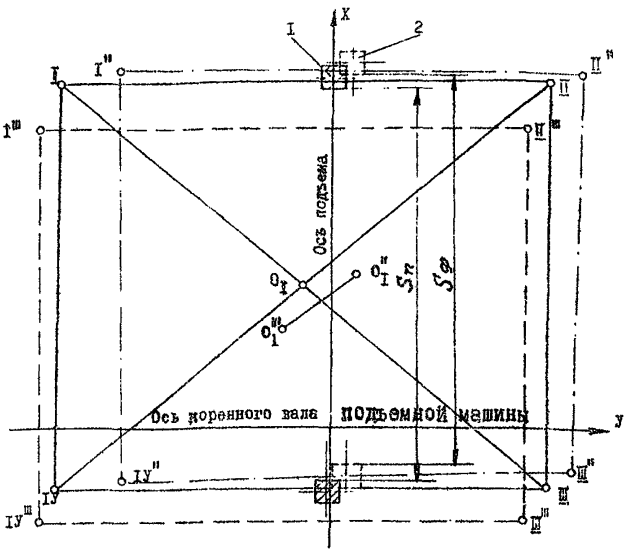

Рис.I.3. Положение геометрических элементов гибкой армировки относительно осей многоканатной подъемной машины:

I,2-проектное и фактическое положение жесткого проводника; I-IV-проектные точки закрепления канатных проводников подъемного отделения; I''-IV''' и I'''-IV''' -фактические точки подвеса и точки фиксирования; O_I-проектное положение средней точки подвеса канатных проводников; O_I'' и O_I''' -средняя точка подвеса и средняя точка фиксирования; $S_п$ -проектная колея жестких проводников; $S_ф$ -фактическая колея жестких проводников.

I.7.3. Ось системы проводниковых канатов - прямая линия, соединяющая центры расположения точек подвеса и точек фиксации проводников;

I.7.4. Колея канатных проводников - расстояние между осями двух канатов;

I.7.5. Колея на подъемном сосуде - расстояние между осями двух направляющих устройств;

I.7.6. Колея жестких проводников - расстояние между двумя жесткими проводниками одного подъемного отделения;

I.7.7. Длина канатных проводников - расстояние между точками подвеса и фиксирования.

2. Нормы безопасности на проектирование канатных проводников многоканатных подъемных установок

2.I. Количество и расположение канатных проводников и отбойных канатов.

2.I.I. Количество канатных проводников для каждого подъемного сосуда и противовеса должно быть не менее четырех.

Для противовеса допускается применение трех канатных проводников.

2.I.2. Канатные проводники рекомендуется располагать, как правило, симметрично по углам подъемного сосуда или противовеса на возможно большем расстоянии от его центра. Для противовеса допускается расположение канатных проводников вдоль длинной его оси по два с каждой стороны.

При применении трех канатных проводников два из них рекомендуется располагать по оси или вдоль одной длинной стороны, а третий - посредине (или близко к ней) противоположной стороны противовеса. Третий проводник рекомендуется располагать со стороны крепи ствола.

2.I.3. На каждой людской и грузо-людской подъемной установке с канатными проводниками обязательна установка не менее двух отбойных канатов, размещенных в промежутке между клетями или клетью и ее противовесом. Отбойные канаты должны устанавливаться и между клетями смежных подъемных установок.

Расстояние между клетями и отбойными канатами должно быть одинаковым с каждой стороны. Расстояние между канатами должно выбираться таким, чтобы отбойные лыжи клетей при повороте последних на максимальный расчетный угол опирались на отбойные канаты.

Допускается отсутствие отбойных канатов, если принятые проектные зазоры между клетями превышают расчетные на 100 мм и более.

В скиповых стволах установка отбойных канатов не обязательна.

2.2. Проектные зазоры в стволе.

2.2.I. Минимальная величина проектного зазора между наиболее выступающими частями подъемного сосуда или противовеса и крепью ствола или расстрелом трубно-лестничного отделения определяется по формуле

$$\sigma = \Delta_{г} + \Delta_{п.с.} + \Delta_{г.с.} + \sqrt{\Delta^2_{к.б.} + \Delta^2_{с.с.} + \Delta^2_{р.}}, \qquad (2.I)$$

где $\Delta_{г.}$ - гарантированный зазор между подъемным сосудом и крепью ствола или расстрелом, м;

$\Delta_{п.с.}$ - максимально возможная величина перемещений подъемного сосуда;

$\Delta_{г.с.}$ - максимально ожидаемая величина горизонтальных смещений стенок ствола к концу его эксплуатации при прохождении ствола в ранее подработанном массиве;

$\Delta_{к.б.}$ - максимальная величина перемещений канатных проводников из-за крена башенного копра;

$\Delta_{с.с.}$ - максимально возможные отклонения стенок ствола при его строительстве от проектного положения;

$\Delta_{р.}$ - максимально возможные погрешности разбивочных работ.

Величины $\Delta_{п.с.}$, $\Delta_{г.с.}$, $\Delta_{к.б.}$, $\Delta_{с.с.}$ и $\Delta_{р.}$ следует принимать в качестве проекций на радиальное направление. Порядок определения этих величин указан в "Методике расчета..." (раздел 4 настоящих "Норм безопасности...").

Если вычисленная по формуле (2.I) величина σ окажется меньшей 300 мм при глубине ствола до 800 м и 350 мм при глубине свыше 800 м, то ее следует принимать равной 300 и, соответственно, 350 мм.

2.2.2. Минимальные величины проектных зазоров между наиболее выступающими частями сосудов одного подъема и сосудов смежных подъемов определяются по формуле

$$\Delta = \Delta_{г.} + \Delta_{п.с.1.} + \Delta_{п.с.2.}, \qquad (2.2)$$

где $\Delta_{г.}$ - гарантированный зазор между подъемными сосудами;

$\Delta_{п.с.1.}$, $\Delta_{п.с.2.}$ - величины перемещений подъемных сосудов, определяемые по "Методике расчета..." (раздел 4) настоящих "Норм безопасности...".

Если вычисленная по формуле (2.2) величина Δ окажется менее 400 мм, то ее следует принимать равной 400 мм.

2.2.3. Зазоры между подъемными сосудами и элементами копра (зумпфа) в местах, где отсутствуют жесткие проводники, должны быть не менее 300 мм.

2.2.4. Зазоры между подъемными сосудами и элементами копра (зумпфа) в местах установки переходных жестких проводников определяются в соответствии с требованиями "Правил безопасности в угольных и сланцевых шахтах".

2.3. Канатные проводники и отбойные канаты.

2.3.I. В качестве канатных проводников и отбойных канатов должны применяться канаты закрытой конструкции, имеющие в наружном слое проволоки фасонного профиля высотой не менее 5 мм.

Допускается для этих целей применение нераскручивающихся однослойных круглопрядных канатов крестовой свивки с металлическим сердечником и диаметром наружных проволок не менее 2 мм. Рекомендуется применение канатов оцинкованных по группе ЖС.

2.3.2. Рекомендуется в качестве канатных проводников и отбойных канатов применение канатов закрытой конструкции ГОСТ 3090-73, ГОСТ 7675-73, ГОСТ I8901-73 и прядевых ГОСТ 7667-80, ГОСТ 7669-80. По мере освоения промышленностью выпуска несущих нераскручивающихся канатов закрытой конструкции рекомендуется применение таких канатов.

2.3.3. При навеске канатов они должны иметь запас прочности не менее:

6-кратного - для канатных проводников;
5-кратного - для отбойных канатов.

2.3.4. Запас прочности канатных проводников и отбойных канатов определяется как отношение суммарного разрывного усилия всех проволок каната к максимальной статической нагрузке на канат, состоящей из усилий натяжения и веса каната.

2.3.5. Диаметры канатных проводников и отбойных канатов определяются проектом. Диаметр канатов закрытой конструкции должен быть не менее 32,0 мм при глубине ствола до 800 м и не менее 38,0 мм в остальных случаях. Диаметр прядевых канатов для таких же условий должен быть, соответственно, не менее 34,0 мм и 4I,0 мм.

В целях унификации канатов и прицепных устройств рекомендуется применение канатов закрытой конструкции диаметром 32,0; 38,5 и 45,0 мм и прядевых 34,0; 4I,0 и 47,0 мм. Для крупных подъемных установок глубоких шахт допускается применение канатов диаметром 52,0 мм.

2.3.6. В качестве канатных проводников и отбойных канатов рекомендуется применение канатов с пониженным пределом прочности материала проволок: II76 (I20) - для закрытых и I372 (I40) + + I568 (I60) МПа ($кГс/мм^2$) - для прядевых канатов.

2.3.7. Способы навески новых канатных проводников и отбойных канатов и их замены должны разрабатываться проектной организацией. Проектом должно быть предусмотрено наличие необходимого оборудования для производства смены-навески канатов.

Минимальное отношение диаметров барабана лебедки и направляющих шкивов, используемых для навески, к диаметрам навешиваемых канатов должно быть не менее:

25-кратного - для прядевых канатов;

45-кратного - для закрытых канатов.

Допускается 20-кратное отношение диаметров канатов и отклоняющих шкивов, если последние используются только для изменения направления канатов при нахождении натяжных грузов на копре.

2.4. Крепление канатных проводников и отбойных канатов.

2.4.I. Крепление канатных проводников и отбойных канатов следует производить с помощью специальных прицепных устройств. Эти устройства должны обеспечивать возможность периодического поворота и продольного перемещения каната.

2.4.2. Допускается крепление прядевых проводниковых и отбойных канатов для временной эксплуатации на срок не более одного го-

да путем их заделки в муфтах, конструкция которых аналогична конструкции соединительных муфт парашюта с тормозными канатами, с заливкой концов канатов баббитом.

2.4.3. Прицепные устройства канатных проводников должны изготовляться не ниже, чем с 6-кратным запасом прочности по отношению к максимальной статической нагрузке на канат, отбойных канатов - не ниже 5-кратного.

2.4.4. Прицепные устройства верхних концов канатных проводников должны укрепляться на перекрытии или специально усиленном поясе копра. Нагрузка, передаваемая на копер от гибкой армировки, определяется по формуле

$$F = n_1 (Q_{пр.} + Q_{гр.}) + n_2 (Q_{отб.} + Q_{гр.}) + Q_{конц.}, \quad Н, \quad (2.3)$$

где n_1 и n_2 - количество канатных проводников и отбойных канатов;

$Q_{пр.}$ - вес канатного проводника;

$Q_{гр.}$ - вес натяжного груза;

$Q_{отб.}$ - вес отбойного каната;

$Q_{конц.}$ - дополнительная нагрузка от подъемного сосуда, передаваемая при его зависании канатному проводнику.

Для скипового подъема $Q_{конц.} = Q_{ск.} + pH$;

для клетевого подъема $Q_{конц.} = Q_{кл.} + Q_{пол.} + pH$,

где $Q_{ск.}$ - вес скипа;

$Q_{кл.}$ - вес клети;

$Q_{пол.}$ - полезная нагрузка клети;

pH - вес уравновешивающих канатов при нахождении сосудов в копре.

2.4.5. Расстояние от положения подъемного сосуда на верхней приемной площадке при загрузке или разгрузке до положения сосуда при подъеме его вверх до места закрепления канатных проводников должно быть не менее высоты переподъема для данной подъемной установки.

2.4.6. Фиксированное положение нижних концов канатных проводников и отбойных канатов должно обеспечиваться их пропусканием через направляющие втулки устройств, установленных в нижней части ствола. Направляющие втулки должны иметь длину не менее 200 мм.

2.4.7. При расположении натяжных грузов на копре нижние концы канатных проводников и отбойных канатов крепятся жестко, а верхние соединяются с натяжным грузом через отклоняющие шкивы.

2.4.8. Прицепные устройства должны обеспечивать прочность крепления каната не менее 85% его агрегатной прочности и иметь маркировку с указанием заводского номера и даты изготовления.

2.4.9. Конструкция крепления верхних прицепных устройств и направляющих втулок натяжной рамы должна допускать возможность их перемещения в горизонтальной плоскости с закрепленными в них проводниковыми канатами на расстояние до I00 мм в любом направлении. Диаметр отверстия для пропускания канатного проводника через перекрытие копра должен быть не менее 200 мм.

2.5. Натяжение канатных проводников и отбойных канатов, требования к натяжным устройствам.

2.5.I. Канатные проводники и отбойные канаты должны быть постоянно натянуты при помощи натяжных грузов.

2.5.2. Величина натяжения каждого канатного проводника в нижнем его сечении должна быть не ниже величины, определяемой по формуле

$$Q_{нат.} = A\,(\mathcal{L}_o - \mathcal{L})\,\ell_n \frac{\mathcal{L}_o}{\mathcal{L}_o - \mathcal{L}}, \quad H, \qquad (2.4)$$

где A – минимальный коэффициент сопротивления канатного проводника поперечным отклоняющим усилиям, Н/м; A = I25 Н/м;

$\mathcal{L}_o$ – предельная длина канатного проводника, м;

$\mathcal{L}$ – длина отвеса канатного проводника, м.

Предельная длина канатного проводника определяется по формуле

$$\mathcal{L}_o = \frac{\sigma_в}{n\,\gamma}, \text{ м},$$

где $\sigma_в$ – расчетное временное сопротивление разрыву проволок, МПа;

n – запас прочности каната;

γ – объемный вес каната, $Н/м^3$. Объемный вес каната определяется из выражения $\gamma = \frac{P}{S}$,

где P – вес одного метра смазанного каната, Н/м;

S – площадь поперечного сечения всех проволок каната, $м^2$.

При натяжении канатов грузами, расположенными на копре, минимальная величина натяжения каната определяется по формуле

$$Q_{нат.} = Q_{гр.} + Q_{кан.}, \text{ Н}, \qquad (2.5)$$

где $Q_{кан.}$ вес канатного проводника, Н.

2.5.3. Натяжение каждого из отбойных канатов должно быть не менее натяжения каждого из канатных проводников.

2.5.4. При грузовом натяжении канатов каждый из грузов должен составляться из отдельных частей таким образом, чтобы им обеспечивалась возможность изменения натяжений отдельных канатных проводников в пределах I0%. Такая же возможность изменения натяжений канатных проводников должна обеспечиваться и при других способах натяжения.

2.5.5. Каждый из канатных проводников или отбойных канатов должен натягиваться отдельным натяжным грузом.

2.6. Направляющие устройства подъемных сосудов.

2.6.I. Для каждого канатного проводника вверху и внизу подъемного сосуда должны устанавливаться направляющие устройства.

2.6.2. Направляющие устройства по назначению разделяются на:

рабочие - основные направляющие устройства, обеспечивающие направленное движение сосудов по канатным проводникам в нормальном рабочем режиме;

вспомогательные - направляющие устройства, устанавливаемые дополнительно к рабочим, предназначенные для осуществления направленного движения сосуда во вспомогательных жестких проводниках и его фиксирования в местах загрузки или разгрузки.

2.6.3. Направляющие устройства всех назначений должны надежно крепиться к несущей конструкции сосуда (противовеса). Рабочие направляющие устройства рекомендуется крепить на верхней и нижней частях рам для уменьшения зазоров в стволе.

2.6.4. Рабочие направляющие устройства должны состоять из направляющих муфт со сменными разъемными вкладышами. В качестве ма-

териала вкладыша рекомендуется применение износостойких антифрикционных материалов, незначительно изнашивающих канатный проводник, антифрикционный чугун, капролон, модифицированная древесина и др. Параметры вкладыша определяются по "Временной методике расчета вкладышей направляющих устройств сосудов подъемных установок с канатными проводниками", утвержденной Минуглепромом СССР в 1972 году, а направляющие устройства проектируются согласно "Рекомендациям на проектирование направляющих устройств для сосудов подъемных установок с канатными проводниками", являющихся приложением к вышеуказанной "Методике...".

2.6.5. Вспомогательные направляющие устройства по конструктивному исполнению должны представлять собой башмаки скольжения, закрепленные на несущей конструкции сосуда на уровне рабочих направляющих. Для обеспечения безударного входа в жесткие проводники они на всех рабочих поверхностях с обеих сторон по направлению движения сосуда должны иметь откосы с длиной заходной части не менее I00 мм, расположенные под углом 30^0 к вертикали, радиус сопряжения уклона с рабочей поверхностью башмака следует принимать равным 50 мм.

2.6.6. Для предохранения подъемных сосудов от износа при возможном соприкосновении их с отбойными канатами на подъемном сосуде должны быть установлены отбойные лыжи.

2.7. Оборудование приемных площадок конечных и промежуточных горизонтов.

2.7.I. На уровне нижней и верхней приемных площадок клетевых подъемов и мест разгрузки и загрузки скипов должны устанавливаться жесткие проводники.Количество жестких проводников определяется проектом. Минимальное количество жестких проводников - 2.

2.7.2. Жесткие проводники должны быть прямоугольного сечения и их размер в сечении должен быть не менее I60 х I60 мм. Проводники допускается располагать как по оси сосуда, так и по его углам.

2.7.3. Жесткие проводники должны рассчитываться из условий подхода к ним подъемного сосуда на максимальной скорости.

2.7.4. Для обеспечения плавного входа подъемного сосуда в жесткие проводники торцевая сторона их заходных участков должна составлять не менее I/3 и не более I/2 ширины (высоты) проводника, быть скошена под углом 30^0 к вертикали, иметь радиус закругления I5 мм.

2.7.5. При работе с промежуточного горизонта необходимы устройства, обеспечивающие фиксацию подъемного сосуда на горизонте. Эти устройства должны вступать в контакт с сосудом только при его нахождении на горизонте и иметь блокировку, увязывающую работу подъемной установки с положением фиксирующих устройств.

Допускается применение фиксирующих устройств на верхних и нижних приемных площадках вместо жестких проводников.

2.7.6. Для направления рамок амортизационных устройств допускается использовать проводниковые канаты.

2.8. Зумпфы.

2.8.I. При определении глубины зумпфа должна учитываться необходимость расположения в нем натяжных грузов.

2.8.2. Зумпф должен быть оборудован подъемным устройством, предназначенным для навески и снятия натяжных грузов проводниковых и отбойных канатов.

2.8.3. Зумпф на всю его глубину должен быть оборудован лестничным отделением, выполненным в соответствии с требованиями, изложенными в "Правилах безопасности в угольных и сланцевых шахтах", и огражденным полками, расположение которых должно обеспечивать безопасное проведение работ при осмотре, ремонте и замене грузов, канатов и прицепных устройств.

3. Нормы безопасности на эксплуатацию канатных проводников многоканатных подъемных установок

3.I. Надзор и контроль. Общие положения.

3.I.I. Все элементы комплекса гибкой армировки должны осматриваться и проверяться ежесуточно (кроме тех элементов, для которых ниже устанавливаются другие сроки осмотра). Осмотр и проверка производится лицами, назначенными для этой цели, под руководством механика подъема. Непосредственное участие в проверке не реже одного раза в неделю должен принимать механик подъема и не реже одного раза в месяц - главный механик шахты или его заместитель.

3.I.2. Результаты осмотра и проверки должны заноситься в "Книгу осмотра подъемной установки".

3.I.3. При обнаружении во время осмотра элементов гибкой армировки каких-либо неисправностей или отклонений от норм необходимо принять меры по их исправлению, а в случае,если это составляет угрозу безопасности работы - немедленно останавливать подъемную установку до устранения неисправностей.

3.I.4. Выполнение работ по надзору и контролю за элементами гибкой армировки должно осуществляться в соответствии с требованиями действующих в отрасли инструкций по технике безопасности при техническом обслуживании и ремонте оборудования вертикальных стволов шахт.

3.2. Надзор за канатными проводниками и отбойными канатами.

3.2.I. Навеска канатных проводников и отбойных канатов должна производиться в соответствии с проектом.

3.2.2. Допускаемые отклонения геометрических параметров канатных проводников и отбойных канатов при навеске не должны превышать:

30 мм - смещение точек подвеса канатных проводников относительно осей многоканатной подъемной машины;

±I0 мм- отклонение фактической колеи канатных проводников от проекта;

I:10000 - относительное отклонение от вертикали оси системы канатных проводников;

±20 мм - отклонение расстояний между осями отбойных канатов и канатных проводников от проектных.

3.2.3. При навеске канатных проводников выше мест их укрепления на копре должны оставаться свободные концы длиной 10-15 м.

3.2.4. На каждой подъемной установке с канатными проводниками должны быть в наличии резервные канаты. Их количество определяется из расчета - 1 резервный канат на 4, находящихся в эксплуатации. Канаты должны храниться в смазанном состоянии.

3.2.5. После каждой замены канатных проводников и отбойных канатов, если устройства для фиксации нижних концов канатов нарушены, должна производиться маркшейдерская проверка правильности их прокладки в соответствии с допускаемыми нормами, указанными в п.3.2.2.

Полная маркшейдерская проверка правильности установки основных элементов гибкой армировки должна производиться не реже одного раза в год.

3.2.6. Канатные проводники и отбойные канаты могут навешиваться без проведения испытаний в канатно-испытательной станции по данным заводского акта-сертификата.

3.2.7. Предельный срок службы прядевых канатов 4 года, канатов закрытой конструкции - 15 лет.

3.2.8. Канатные проводники должны осматриваться еженедельно, а отбойные канаты - не реже двух раз в месяц. Осмотр должен производиться с крыши подъемного сосуда или с площадки противовеса не менее чем двумя лицами при скорости движения не более 0,3 м/с. При этом проверяется наличие порывов наружных проволок и конструктивная целостность каната (расслоение проволок наружного слоя, вспучивание и др.).

Не реже одного раза в месяц с участием механика подъема производится детальный осмотр канатов, дополнительно включающий в себя измерения через 20 м их диаметров с целью определения износа. Такой же осмотр не реже одного раза в три месяца должен производиться в присутствии главного механика шахты или его заместителя.

Состояние каната в месте его заделки в прицепном устройстве проверяется не реже одного раза в три года.

3.2.9. Если при осмотре канатов закрытой конструкции будет обнаружен обрыв проволоки наружного слоя, эксплуатация подъемной установки должна быть запрещена. Допускается соединение оборванной проволоки при помощи пайки специальным припоем. Места соединений не должны быть хрупкими и утолщенными. Расстояние между местами соединений отдельных проволок в наружном слое должно составлять не менее пяти шагов свивки.

3.2.10. Канат закрытой конструкции подлежит замене, если в процессе эксплуатации его износ составляет более 15% номинального диаметра, но не более половины высоты фасонной проволоки наружного слоя или на 100 м длины каната имеется более двух запаянных проволок.

Круглопрядный канат подлежит замене, если на участке, равном шагу свивки, число оборванных проволок достигает 10% общего числа проволок в канате или износ наружных проволок достигает половины их диаметра.

3.2.11. Результаты осмотра и контроля канатов должны в день осмотра заноситься в "Книгу осмотра подъемных канатов и их расхода". В этой книге должны содержаться основные сведения о канатах: диаметре, конструкции, заводе-изготовителе, времени изготовления и навески, заводском номере и др.

3.2.12. Допускается непродолжительная (на срок не более одной недели до ближайшего воскресного дня) эксплуатация грузовых подъемных установок с тремя канатными проводниками на одном из сосудов, если их общее количество составляет не менее четырех. При этом для обеспечения безопасности следует осуществить одно из следующих мероприятий: увеличить натяжение остальных канатных проводников на величину не менее 33%, но в пределах допустимого запаса прочности канатов не менее шести; уменьшить полезную нагрузку подъемного сосуда; снизить величину неравномерного распределения нагрузки между головными канатами таким образом, чтобы относительная перегрузка одного из канатов не превышала 10% при нахождении сосуда в

нижней части ствола и 15% при его нахождении в середине ствола. Последнее мероприятие допустимо применять в случаях, когда потеря сечения головных канатов не превышает 15%.

При выполнении мероприятий должен осуществляться ежесуточный контроль величины минимального эксплуатационного зазора, определенной по формулам (3.3) и (3.4).

Временная работа без одного проводника на одном из сосудов допускается только для грузовых установок при аварийном выходе из строя канатного проводника. При плановой замене канатных проводников,а также на людских и грузо-людских установках, технология замены проводников должна исключать необходимость работы сосудов при неполном количестве канатных проводников.

3.3. Надзор за прицепными устройствами.

3.3.1. Срок службы прицепных устройств допускается до 10 лет, считая со дня установки. Возможность дальнейшей эксплуатации этих устройств устанавливается специальной комиссией,в состав которой входят главный механик шахты, его заместитель по стационарным установкам,механик подъема, представитель управления энергомеханической службы производственного объединения (комбината, треста).

Для определения пригодности прицепных устройств к дальнейшей эксплуатации необходимо:

снять по одному прицепному устройству верхнего и нижнего концов каната;

разобрать их, очистить от ржавчины, сверить размеры подвижных деталей с чертежами;

испытать их на прочность закрепления в них каната (защемляющую способность);

результаты измерений и испытаний оформить актом и при положительных результатах распространить на все остальные прицепные устройства данной подъемной установки. При отрицательных результатах измерениям и испытаниям следует подвергнуть каждое прицепное устройство. Предельный срок службы прицепных устройств - 15 лет.

3.3.2. В процессе эксплуатации перед каждой навеской нового каната,но не реже одного раза в два года,прицепные устройства должны подвергаться ревизии с разборкой и смазкой.

3.3.3. При ежесуточном осмотре обращается внимание на целостность прицепного устройства, наличие всех необходимых деталей.

3.3.4. Прицепные устройства должны быть промаркированы с указанием заводского номера и даты изготовления и иметь заводской паспорт.

3.3.5. На каждой подъемной установке с канатными проводниками должно быть в наличии не менее двух резервных прицепных устройств, которые должны храниться в смазанном состоянии.

3.4. Надзор за направляющими устройствами подъемных сосудов.

3.4.1. Направляющие устройства подъемных сосудов должны использоваться в соответствии с проектом.

3.4.2. Внутренний диаметр новых вкладышей рабочих направляющих устройств скольжения при их установке должен быть на 10 мм больше диаметра канатного проводника.

3.4.3. Износ вкладышей рабочих направляющих устройств скольжения допускается не более 10 мм по диаметру.

3.4.4. Отклонение расстояния между центрами направляющих устройств на сосуде (колея) должно отличаться от проектного не более чем на ± 10 мм.

Разность между соответствующими колеями верхних и нижних направляющих устройств подъемного сосуда не должна превышать 10 мм.

3.4.5. После каждой замены подъемных сосудов (противовесов) должна производиться проверка их соответствия требованиям п.3.4.4.

3.5. Контроль натяжения канатных проводников и отбойных канатов.

3.5.1. Натяжение канатных проводников и отбойных канатов при грузовом способе нагружения должно проверяться не реже одного раза в три месяца и после каждой замены каната.

3.5.2. Контроль величины натяжения каната может осуществляться как частотным методом при помощи специального прибора, так и волновым методом.

3.5.3. При применении частотного метода используется зависимость частоты поперечных колебаний участка каната от величины растягивающего его усилия. Измерения производятся следующим образом. В верхней части копра канат, натяжение которого необходимо определить, фиксируется на расстоянии 5-10 м от места его закрепления или перехода через направляющий шкив, если груз располагается вверху. Измеряют прибором частоту возбужденных в канате колебаний и определяют его натяжение по формуле

$$P = \frac{4 l^2 m f^2}{1000}, \text{ Н}, \qquad (3.1)$$

где P – усилие, приложенное к канату в месте производства измерений;

l – расстояние между точками крепления контролируемого участка каната (сход со шкива и место установки контрольного зажима на канате), м;

m – вес единицы длины каната, Н;

f – частота колебаний каната, гЦ.

3.5.4. При волновом методе лицо, находящееся на нулевой площадке, при положении подъемного сосуда в нижней части ствола резким толчком руки возбуждает волну поперечных колебаний в канате, натяжение которого определяется. Секундомером фиксируется время распространения волны в обе стороны. Натяжение каната определяется по формуле

$$P = mg\left(\frac{4H}{gT^2} + \frac{gT^2}{64} \pm \frac{H}{2}\right), \text{ Н}, \qquad (3.2)$$

где, кроме ранее упомянутых,

g – ускорение силы тяжести, м/с^2;

H – расстояние от места возбуждения волны до нижней точки закрепления каната, м;

T – время от момента возбуждения волны до ее возвращения в точку возбуждения, с.

Знак "–" перед выражением $\frac{H}{2}$ соответствует случаю подвеса груза к нижнему концу каната, а "+" – когда канат натянут грузом, расположенным на копре.

3.6. Контроль натяжения головных канатов.

3.6.I. На многоканатных подъемных установках с канатными проводниками должен еженедельно осуществляться контроль распределения нагрузки между головными канатами при нижнем положении подъемного сосуда. При верхнем положении подъемного сосуда указанный контроль должен осуществляться одновременно с измерением потери сечения канатов. Методы и способы этих проверок указаны во "Временном руководстве по регулировке усилий в подъемных канатах и проточке футеровки приводных шкивов", утвержденном Минуглепромом СССР в 1976 году.

Если относительная перегрузка одного из канатов в нижнем положении подъемных сосудов превышает I5% или в верхнем 25%, то подъемная установка должна быть остановлена для регулировки распределения нагрузки на канаты.

3.7. Контроль жестких проводников.

3.7.I. Отклонение колеи жестких проводников от проектной величины не должно превышать ± I0 мм.

3.7.2. Отклонение расстояний между осью жесткого проводника и осями близлежащих проводниковых канатов в плоскостях, параллельной и перпендикулярной расстрелам, от проектных не должны превышать ±20 мм.

3.8. Контроль зазоров в стволе.

3.8.I. При эксплуатации подъемных установок с канатными проводниками должен осуществляться периодический контроль величин зазоров в стволе и перемещений подъемных сосудов. Контроль должен производиться в средней части ствола не реже одного раза в неделю, в других точках ствола не реже одного раза в месяц.

3.8.2. Величины эксплуатационных зазоров, обеспечивающих безопасное перемещение подъемного сосуда в стволе и исключающих задевание подъемного сосуда за крепь или соседний сосуд, определяются из выражений

$$\Delta_{э.1.} = \sigma - \Delta_{п.с_1 н.}; \qquad (3.3)$$

$$\Delta_{э.2.} = \Delta - \Delta_{п.с_1 н.} - \Delta_{п.с_2 н.}, \qquad (3.4)$$

где $\Delta_{э.1.}$ и $\Delta_{э.2.}$ – величины эксплуатационных зазоров между подъемным сосудом и крепью ствола и, соответственно, между подъемными сосудами;

σ – величина проектного зазора между подъемным сосудом и крепью, определенная согласно (2.1);

Δ – величина проектного зазора между подъемными сосудами, определенная согласно (2.2);

$\Delta_{п.с_1 н}$; $\Delta_{п.с_2 н}$ – величины перемещений подъемных сосудов при нормальной работе подъемной установки при номинальном угле поворота сосуда. Определяется по методике, приведенной в разделе 4 настоящих "Норм безопасности...", при выполнении проекта подъемной установки.

Величина эксплуатационного зазора во всех случаях должна быть не менее 75% величины проектного зазора.

3.8.3. Величины фактических перемещений подъемных сосудов не должны превышать их перемещения от номинального угла поворота сосуда. Если величина измеренных перемещений превышает номинальные, следует произвести регулировку длин головных канатов с целью достижения равномерности распределения нагрузки между ними.

Навеску новых головных канатов рекомендуется производить с незакрепленными от вращения концами.

4. Методика расчета перемещений подъемных сосудов и зазоров в стволе

4.I. Обоснование принципов расчета и основные расчетные соотношения.

Подъемный сосуд, движущийся в стволе шахты, оборудованном гибкой армировкой, обладает пятью степенями свободы. Основными факторами, влияющими на перемещение сосуда, как показывают выполненные исследования, являются его поворот вокруг вертикальной оси и поступательные перемещения в горизонтальной плоскости.

Поворот сосуда вокруг вертикальной оси вызывается моментом сил упругости головных канатов. Величина крутящего момента, передаваемого от головных канатов подъемному сосуду многоканатной подъемной установки, определяется из выражения

$$M_{кр} = CKdQ_1, \text{ Н м}, \qquad (4.1)$$

где C – безразмерный коэффициент результирующего момента, показывающий, какая часть крутящего момента передается подъемному сосуду многоканатной установки из-за неравномерного распределения нагрузки между головными канатами. Согласно проведенным исследованиям для четырехканатных скиповых грузовых подъемных установок величина C принимается равной 0,3I, а для клетевых людских и грузо-людских установок – 0,8;

K – безразмерный коэффициент упругой связи, величина которого определяется конструкцией каната. Значения K для некоторых типов канатов, нашедших применение в качестве головных, приведены в таблице 4.I;

d – диаметр головного каната многоканатной установки, м;

Q_1 – осевое растягивающее усилие (концевая нагрузка), приходящееся на один канат, Н.

Сопротивление системы канатных проводников определяется из выражения

$$M_{соп} = K_п \sum_{1}^{n} n_i S_i^2 \sin \varphi, \qquad (4.2)$$

где $K_п$ – коэффициент сопротивления канатного проводника поперечному усилию, Н/м.

Таблица 4.I.

Значения коэффициентов упругой связи К

Тип каната	ГОСТ или ТУ	Коэффициент К
Круглопрядный с органическим сердечником	3070-74	0,070
	3077-80	0,090
	7668-80	0,092
Круглопрядный с металлическим сердечником	3068-74	0,047
Трехграннопрядный с органическим сердечником	3085-80	0,I22
Многопрядный малокрутящийся	I6828-7I	0,06I
Спиральный закрытый	I0507-76	0,0I7

Величина K_n определяется из выражения

$$K_n = \frac{Q_{нат.}}{\mathcal{L}} \cdot \frac{\alpha \cdot \ln (1+\alpha)}{\ln \frac{1+\alpha}{1+\alpha\xi} \ln (1+\alpha\xi)}, \qquad (4.3)$$

где $Q_{нат.}$ вес натяжного груза, определяемый согласно (2.4), Н;

$\mathcal{L}$ - длина канатного проводника между точками его закрепления, м ;

ξ - относительное расстояние от точки приложения внешних сил к канатному проводнику до натяжного груза. При действии сил вблизи натяжного груза величина ξ стремится к нулю, а вблизи места закрепления проводника - к единице;

α - коэффициент массивности проводникового каната, определяемый по формуле

$$\alpha = \frac{\rho \cdot \mathcal{L}}{Q_{нат.}}, \qquad (4.4)$$

где, кроме ранее упомянутых величин,

ρ - вес единицы длины проводникового каната, Н/м.

Величина K_n может быть определена также с помощью таблицы 4.2, в которой приведены значения безразмерных сомножителей коэффициентов сопротивления канатного проводника поперечным отклоняющим усилиям, вычисленным для различных α и ξ. Чтобы найти коэффициент сопротивления проводника в точке ξ для заданного параметра α, следует соответствующее табличное значение безразмерного коэффициента умножить на отношение веса натяжного груза к общей длине канатного проводника $\frac{Q_{нат.}}{L}$.

Таблица 4.2.

Величина безразмерного сомножителя коэффициента сопротивления канатного проводника отклоняющим усилиям.

α	ξ								
	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
0,5	11,65	6,86	5,46	4,98	4,98	5,40	6,41	8,73	16,09
0,6	11,75	6,98	5,60	5,14	5,18	5,64	6,74	9,23	17,09
0,7	11,86	7,09	5,73	5,30	5,31	5,89	7,06	9,72	18,08
0,8	11,96	7,21	5,87	5,46	5,56	6,13	7,39	10,11	19,07
0,9	12,06	7,33	6,00	5,62	5,75	6,36	7,72	10,70	20,07
1,0	12,16	7,44	6,13	5,77	5,94	6,61	8,04	11,19	21,05
1,1	12,26	7,56	6,27	5,93	6,13	6,85	8,36	11,68	22,04
1,2	12,37	7,67	6,40	6,09	6,32	7,09	8,69	12,17	23,03
1,3	12,47	7,79	6,53	6,24	6,51	7,37	9,00	12,66	24,02
1,4	12,56	7,90	6,66	6,40	6,70	7,56	9,32	13,15	25,02
1,5	12,66	8,01	6,79	6,55	6,88	7,80	10,10	13,64	26,00
2,0	13,15	8,57	7,44	7,32	7,82	8,98	11,25	16,07	30,93

n_i - число канатных проводников;

S_i - расстояние от канатного проводника до центра вращения подъемного сосуда, м;

φ - угол поворота подъемного сосуда относительно вертикальной оси.

Схемы расположения канатных проводников, получившие наибольшее распространение на практике, и расчетные формулы для определения $M_{сопр.}$ приведены на рис.4.1.

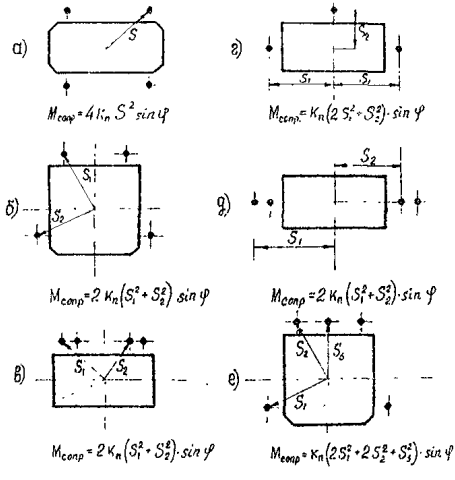

Рис.4.I. Сопротивление подъемного сосуда вращению при различных схемах расположения канатных проводников.

4.2. Определение величины угловых перемещений подъемных сосудов.

Величина угловых перемещений подъемного сосуда определяется из условия, что $M_{кр.} = M_{сопр.}$ Отсюда следует

$$\sin \varphi_н = \frac{M_{кр.}}{K_п \sum_{i=1}^{3} n_i S_i^2}. \qquad (4.5)$$

Полученное значение величины $\varphi_н$ является номинальным углом поворота подъемного сосуда вокруг вертикальной оси, имеющим место при нормальной эксплуатации подъемной установки.

При предохранительном торможении угол поворота, вследствие динамичности системы "гибкая армировка – подъемный сосуд" может достигнуть $1{,}5\ \varphi_н$. Кроме того, как следует из анализа режимов работы многоканатных подъемных установок, в процессе их эксплуатации имеют место экстремальные режимы, при которых угол поворота также может увеличиваться. Такими режимами являются: обрыв одного из головных канатов подъемной установки, обрыв одного из проводниковых канатов, первый перегон подъемных сосудов после навески новых головных канатов. Крутящие моменты, передаваемые подъемному сосуду от головных канатов при этих режимах, достигают 3–4-кратной величины в сравнении с крутящими моментами при нормальном режиме.

В связи с изложенным, расчетный угол поворота подъемных сосудов, обеспечивающий безопасность и исключающий столкновение встречных сосудов друг с другом или их задевание за крепь ствола, определяется по формулам

$$\varphi_{расч.1} = K_д \cdot \varphi_н; \qquad (4.6)$$

$$\varphi_{расч.2} = K_д \cdot K_б \cdot \varphi_н, \qquad (4.7)$$

где $K_д$ – коэффициент динамичности системы, $K_д = 1{,}5$;

$K_б$ – коэффициент безопасности, $K_б = 5$.

При определении зазоров между крепью и сосудом (противовесом) угловые перемещения следует находить исходя из $\varphi_{расч.2} = 7{,}5 \varphi_н$. При определении зазоров между сосудами одного подъема и смежных подъемов, угловые перемещения одного из сосудов следует находить исходя из $\varphi_{расч.2} = 7{,}5\ \varphi_н$, а другого – $\varphi_{расч.1} = 1{,}5\ \varphi_н$.

Полученные согласно (4.6) и (4.7) величины $\varphi_{расч.}$ являются исходными при определении максимально возможных угловых перемещений подъемных сосудов. Во избежание потери устойчивости величина $\varphi_{расч.}$ во всех случаях не должна превышать 30^0. Для уменьшения величины угловых поворотов подъемных сосудов рекомендуется выполнение следующих мероприятий:

изменение схемы расположения канатных проводников путем увеличения расстояния между ними и центром подъемного сосуда;

увеличение величины натяжения канатных проводников;

увеличение количества канатных проводников.

Величина перемещений подъемного сосуда $\Delta_{у.п.}$, вызванная его поворотом на расчетный угол, определяется для его наиболее удаленных от оси вращения точек и принимается в качестве проекции на радиальное направление.

4.3. Определение величины поступательных перемещений подъемных сосудов.

Поступательные перемещения подъемных сосудов в направлениях взаимно перпендикулярных осей X и У вызываются в основном в результате действия кориолисовых сил, являющихся следствием взаимодействия движущегося по стволу сосуда и вращательного движения Земли, и аэродинамических сил, возникающих в результате взаимодействия движущегося сосуда и окружающей его воздушной струи.

Величину поступательных перемещений подъемных сосудов, имеющих площадь боковой поверхности 10 $м^2$ и выше, под действием аэродинамических сил рекомендуется определять из выражения

$$\Delta_{п.п.} = 50 + 2{,}5\ (\vartheta_{п.с.} + \vartheta_{в.с.}),\ мм, \qquad (4.8)$$

где $\vartheta_{п.с.}$ - максимальная скорость движения подъемного сосуда, м/с;

$\vartheta_{в.с.}$ - скорость вентиляционной струи, м/с.

Для противовесов и подъемных сосудов с площадью боковой поверхности менее 10 $м^2$ величину их поступательных перемещений при скоростях движения до 10 м/с можно принимать равной нулю, а при больших скоростях - 50 мм во всех направлениях.

4.4. Определение зазоров в стволе.

Для выбора зазоров в стволе следует предварительно определить величины, входящие в формулы (2.I) и (2.2) раздела 2 в средней части ствола.

Величина гарантированного зазора между сосудами, а также между сосудом и крепью $\Delta_г$ принимается равной 50 мм.

Величина $\Delta_{п.с.}$ определяется из выражения

$$\Delta_{п.с.} = \Delta_{у.п.} + \Delta_{п.п.}, \qquad (4.9)$$

где $\Delta_{у.п.}$ – величина угловых перемещений наиболее выступающих частей подъемного сосуда, определяемая с учетом максимально возможных углов поворота подъемных сосудов согласно (4.6) или (4.7);

$\Delta_{п.п.}$ – величина поступательных перемещений подъемного сосуда, определяемая согласно (4.8), а для малых клетей, скипов и противовесов, принимаемая равной 50 мм при скорости их движения свыше I0 м/с.

Величину $\Delta_{г.с.}$ для стволов, пройденных в подработанном массиве, рекомендуется определять согласно "Методическим указаниям по расчету ожидаемых искривлений вертикальных шахтных стволов", разработанным ВНИМИ (см.приложение 1). В случае, если ствол пройден в неподработанном массиве, величина $\Delta_{г.с.}$ принимается равной нулю.

Величина $\Delta_{к.б.}$ определяется исходя из предельного крена башни копра и длины канатных проводников $\mathcal{L}$. Согласно действующему в настоящее время СНиП П-I5-74 крен башни допускается не более 0,004 ее высоты. Максимальная величина $\Delta_{к.б.}$ на горизонте n, с учетом сказанного, может быть определена из выражения

$$\Delta_{к.б_п} = 0{,}004\, h\, \frac{\mathcal{L} - (h + l_n)}{\mathcal{L}}, \text{ мм}, \qquad (4.I0)$$

где h – расстояние от нулевой площадки до горизонта подвеса канатных проводников, м;

$\mathcal{L}$ – длина канатного проводника, м;

l_n – длина канатного проводника от крепления вверху до горизонта n, м.

Величина $\Delta_{с.с.}$ определяется исходя из требований действующих нормативных документов по сооружению стволов. В соответствии с требованиями действующего СНиП Ш-II-77, регламентирующего допускаемое отклонение стенок крепи ствола по радиусу от центра ствола (50 мм для бетонной крепи) и возможное общее отклонение оси ствола от проектного положения до I:20000 глубины ствола - для ствола с бетонной крепью.

$$\Delta_{с.с.п} = 50 + 0{,}05\,\ell_n \text{ , мм.} \qquad (4.II)$$

Величина $\Delta_р$ учитывает погрешность положения точек подвеса канатных проводников относительно осей ствола и допускаемое отклонение оси системы канатных проводников от вертикального положения (I:20000Σ). Погрешность положения точек подвеса, исходя из неточности вынесения разбивочных осей ствола на башенный копер и температурных деформаций ствола, составляет 50 мм.

Отсюда $\Delta_р = \sqrt{50^2 + (0{,}05\,\ell_n)^2}$, мм. (4.I2)

Определив величины угловых и поступательных перемещений подъемных сосудов, возможных отклонений элементов ствола и армировки от проектных положений, используя выражения (2.I) и (2.2), находятся проектные зазоры в стволе.

Проектные зазоры между подъемными сосудами и крепью, а также между подъемными сосудами определяются для середины ствола.

При определении зазора между крепью и сосудом или противовесом их часов в расчете принимается максимально возможной, т.е. сосуд считается груженым.

При определении зазоров между сосудами одного подъема для клетевых подъемов обе клети принимаются в расчете груженными, для двухскиповых подъемов один скип принимается груженым, а другой-порожним.

При определении зазоров между сосудами смежных подъемных установок оба сосуда принимаются в расчете груженными.

При выборе диаметра ствола, в который должны быть вписаны сосуды подъемных установок с соблюдением рассчитанных зазоров, следует учитывать также необходимость расположения в нем трубопроводов, опорных балок в копре и зумпфе, лестничного отделения и др. Если согласно расчету диаметр ствола немамного (на 0,I-0,2 м) превышает ближайший стандартный диаметр, следует рассмотреть возможность увеличения натяжения проводниковых канатов или их расстояния от центра системы и повторить расчет с целью уменьшения диаметра ствола до ближайшего стандартного.

ПРИЛОЖЕНИЕ (рекомендуемое) I.

Методические указания по расчету ожидаемых искривлений вертикальных стволов

I. Условия применения методики расчета.

I.I. По настоящей методике определяются искривления шахтных стволов, вызываемые активизацией сдвижения массива горных пород от ранее пройденных в пределах предохранительного целика очистных выработок при оконтуривании целиков очистными работами по нижележащим горизонтам. Методика составлена для условий Донецкого бассейна при разработке свит и одиночных пластов с углом падения до 70^0. Расчеты могут производиться при отработке пластов с управлением кровлей полным обрушением или закладкой выработанного пространства для прямолинейных контуров очистных выработок.

Ожидаемые искривления могут определяться за любой промежуток времени, например, от начала эксплуатации ствола (шахты) до момента его ремонта (или реконструкции) и т.д.

I.2. При особо сложных горногеологических условиях для расчета искривлений стволов рекомендуется привлекать специализированные организации (ВНИМИ и др.). К таким условиям относятся:

а) наличие в околоствольном массиве крупных разрывных нарушений или древних оползней ;

б) складчатое залегание пород;

в) угол падения пластов более 70^0;

г) возможность оседания толщи пород под влиянием водопонижения или откачки воды из затопленных выработок;

д) наличие сдвижений по напластованию.

I.3. Рассчитанные по настоящей методике ожидаемые величины искривлений ствола при использовании их в качестве исходных данных для проектирования стволов с канатными проводниками должны умножаться на коэффициенты перегрузки, приведенные в табл.I.

Таблица I.

Значения коэффициента перегрузки

Сдвижения, деформации	Коэффициенты перегрузки	
	обозначения	величины
Оседание, η	n_η	I,2
Горизонтальное сдвижение, ξ_x	n_ξ	I,2

I.4. В приведенной методике расчета искривлений используются следующие исходные параметры процесса сдвижения: граничные углы сдвижения δ_0, β_0 и γ_0, угол максимального оседания θ, углы полных сдвижений ψ_1, ψ_2 и ψ_3, относительная величина максимального оседания q_0, функции распределения величин оседаний и наклонов $S(z)$ и $S'(z)$. Все эти величины определяются по "Правилам охраны сооружений и природных объектов от вредного влияния подземных горных разработок в Донецком бассейне" (М.,1972) или по "Руководству по расчету и проектированию зданий и сооружений на подрабатываемых территориях" (М.,Стройиздат,1977).

I.5. Расчеты искривлений вертикальных шахтных стволов по настоящей методике могут не производиться (ввиду малости получаемых величин искривлений) в случаях, представленных на схеме (рис.I), когда

$$d_{1,2,3} \leq 0,2\, L_{1,2,3}, \qquad (I)$$

где $L_{1,2,3}$ - полумульда сдвижения, определяемая граничными углами соответственно по падению, восстанию или простиранию;

$d_{1,2,3}$ - расстояние от границы полумульды сдвижения на поверхности (соответственно для полумульды по падению, восстанию или простиранию) до устья ствола.

I.6. При расчете искривлений ствола от ранее пройденных очистных выработок, полностью или частично расположенных в целике, необходимо учитывать наличие в пласте ранее пройденных и проектируемых выработок, расположенных за пределами целика, т.е. расчет произво-

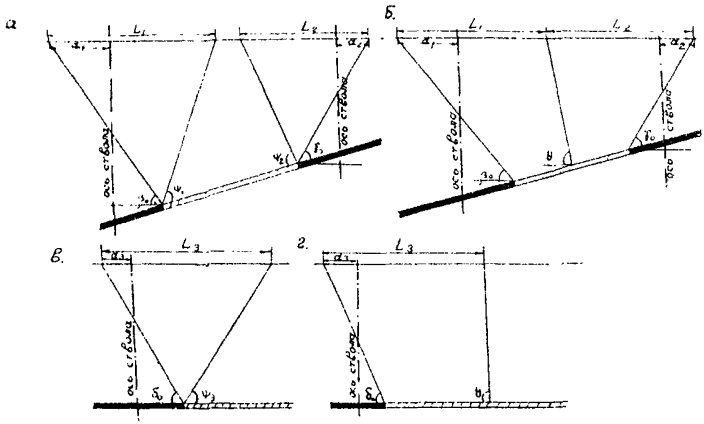

Рис.I. Схема к пункту I.5:

а) и б) - на разрезе вкрест простирания;
в) и г) - на разрезе по простиранию для полной (а и в) и неполной (б и г) подработки.

дится как от одной выработки суммарных размеров. В тех случаях, когда очистная выработка, от которой производится расчет, отделена целиком, размеры которого более 0,15H (H-средняя глубина залегания целика), от выработок, ранее пройденных или проектируемых в пласте за пределами целика, расчет искривлений выполняется без учета этих выработок.

2. Расчет искривлений вертикальных шахтных стволов.

2.1. Приводимая методика расчета искривлений вертикальных шахтных стволов дается для полной и неполной подработки. Расчеты производятся на разрезе по простиранию или вкрест простирания в области, ограниченной граничными углами сдвижения. Расчет искривлений шахтных стволов выполняется на основании построения схемы положения изолиний вертикальных сдвижений η (рис.2 и 3) и расчета горизонтальных составляющих вектора сдвижения в точках околоствольного массива по вертикальной оси ствола.

Для определения положения изолиний вертикальных сдвижений для ствола, расположенного со стороны падения выработки при условии полной подработки земной поверхности, на разрезе вкрест простирания (рис.2) поступают следующим образом.

По граничному углу β_0 и углу полных сдвижений ψ_1 определяется размер полумульды на земной поверхности L_1, которая делится на 10 равных частей (т.т. 1,...,11).

Точка А (нижняя граница очистной выработки) соединяется прямыми линиями с точками 1,...,11. Линии 1-А,...,11-А представляют собой линии равных относительных вертикальных сдвижений η в толще пород (на рис.2 они обозначены цифрами, означающими доли от максимального оседания η_m). Эти линии в дальнейшем условно называются изолиниями.

Построение схемы положений изолиний вертикальных сдвижений в разрезе по простиранию пласта, а также на разрезе вкрест простирания со стороны верхней границы выработки при условии полной подработки производится аналогичным образом с использованием соответственно углов δ_0, ψ_3 и γ_0, ψ_2.

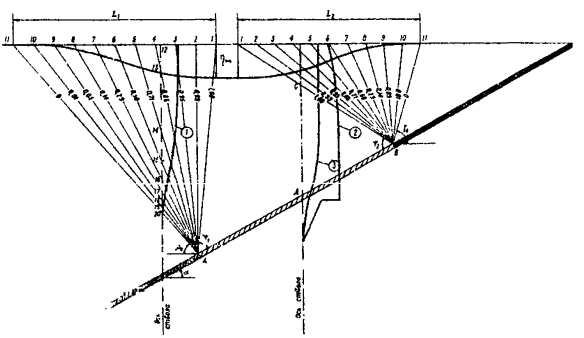

Рис.2. Схема к расчету искривлений вертикальных стволов при полной подработке.

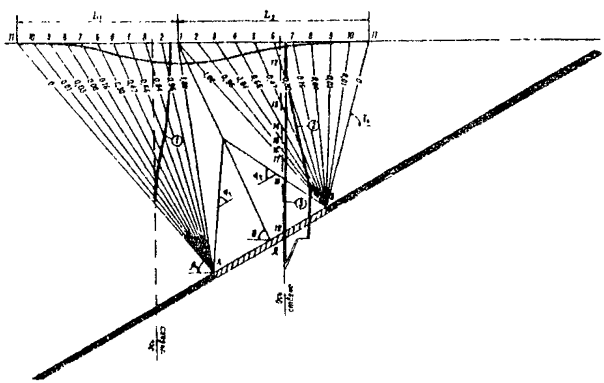

Рис.3. Схема к расчету искривлений вертикальных стволов при неполной подработке.

2.2. Если на разрезе вкрест простирания размер очистной выработки не обеспечивает полную подработку земной поверхности, то построение схемы положений изолиний вертикальных сдвижений производится следующим образом. От середины выработки (точка Д на рис.3) под углом β_0 проводится прямая линия до пересечения с земной поверхностью (точка I). От нижней границы выработки (точка А) под углом Θ проводится линия до пересечения с земной поверхностью (точка II). Отрезок I - II равный L_1, является величиной полумульды со стороны падения выработки.

Полумульда точками 2,...,IO делится на IO равных частей. Точки деления соединяются с точкой А прямыми линиями, представляющими изолинии относительных вертикальных сдвижений в толще со стороны падения выработки. Наименование (отцифровка) изолиний определяется по таблице 2 для величины $S(Z)$ "Правил охраны..." по коэффициенту подработанности n_1, определяемому по формуле

$$n_1 = 0{,}9 \left(\frac{\mathcal{D}_1}{H_{cp}} - 0{,}3 \right), \qquad (2)$$

значения которого должны приниматься не менее 0,6 и не более I.

Например, для условий Донбасса по табл.I.4 "Правил охраны..." для n_1=0,6 находим наименование изолиний (отцифровку), которые даны на рис.3.

По простиранию и со стороны верхней границы выработки построение производится аналогично.

2.3. В точках пересечения оси ствола с земной поверхностью и с изолиниями вертикальных сдвижений (например, т.т.I2,...,20, на рис.2) горизонтальные сдвижения рассчитываются по формулам

$$\xi = \eta \operatorname{tg}\alpha \quad \text{при} \quad \alpha > 30^0 \quad \text{и} \qquad (3)$$

$$\xi = \eta \operatorname{tg}\alpha \pm 0{,}15\, \eta_m S'(Z) \quad \text{при} \quad \alpha \leq 30^0,$$

где $S'(Z)$ - функция распределения наклонов. Определяется по таблице I.5 "Правил охраны..." в зависимости от коэффициента подработанности n_1. В формуле (3) знак плюс относится к полумульде по восстанию, знак минус - к полумульде по падению пласта.

η - определяется в местах пересечения от оси с изолиниями относительных вертикальных сдвижений и представляет собой произведение относительного вертикального сдвижения, представленного

данной изолинией, и максимального оседания η_m (например, для т.I4 $\eta = 0{,}7I\,\eta_m$, для т.I5 $\eta = 0{,}50\,\eta_m$ и т.д.).

Горизонтальные сдвижения со знаком плюс направлены в сторону восстания пласта, со знаком минус - в сторону падения.

Максимальное оседание определяется по формуле

$$\eta_m = (I - q_o)\,K \cdot m \cdot \cos\alpha \sqrt{K_2 \cdot n_1}, \qquad (4)$$

где q_o - относительная величина максимального оседания;

m и α - мощность и угол падения пласта, соответственно м, град;

K - коэффициент, учитывающий фактор времени, определяемый по формуле

$$K = \frac{t_1}{t_a} \leq I, \qquad (5)$$

в которой

t_1 - промежуток времени, за который рассчитывается активизация сдвижения от данной выработки (в годах), например, равный разности между датой прекращения эксплуатации ствола (шахты) и датой оборудования ствола канатными проводниками;

t_a - весь период активизации сдвижения от данной выработки (в годах), который равен разности между датой прекращения эксплуатации ствола (шахты) и датой прохождения выработки в целике, увеличенной на два года;

K_2 - коэффициент, учитывающий степень отработки целика ранее пройденными выработками на рассчитываемом горизонте по простиранию, например, если на данном горизонте целик, принимаемый за I00%, отработан не полностью (с восточной стороны на 28%, а с западной на 40%), то в целом полнота отработки целика на горизонте составит 28+40=68% и значение коэффициента K_2=0,68. Если в пределах околоствольного целика по пласту последовательно отработано несколько горизонтов и на каждом из них K_2=0,3, то расчет производится от выработки суммарных размеров, включающий все отработанные горизонты (см.п.I.6). При этом коэффициент K_2 принимается средним, но не менее, чем у нижнего горизонта, отработанного полностью или частично в пределах околоствольного целика;

n_1 - коэффициент подработанности вкрест простирания. При определении коэффициента n_1 необходимо учитывать отработку вышележащих горизонтов, выходящих за пределы целика, для которых $K_2 \geq 0{,}3$ (см.п.I.6).

Если же при этих условиях пласт отработан до выхода под наносы, то n_1 принимается равным I.

2.4. Рассчитанные горизонтальные сдвижения ξ откладываются в масштабе в местах пересечения оси ствола с изолиниями вертикальных сдвижений η. Соединяя отложенные значения ξ, получаем профиль искривления оси ствола (кривые I на рис.2 и 3).

По полученному графику искривления ствола определяем величину максимального сдвижения, которая и принимается в качестве значения $\Delta_{г.с.}$ в формуле (2.I) "Норм безопасности...".

2.5. Рассмотренные выше расчеты искривления оси ствола относятся только к тем случаям, когда ось ствола на разрезе вкрест простирания не пересекает очистную выработку или ее проекцию на плоскости разреза вкрест простирания (кривые I на рис.2 и 3).

Если ось ствола пересекает на разрезе вкрест простирания очистную выработку, либо ее проекцию, то при этом выделяются два случая:

ось ствола пересекает очистную выработку;

ось ствола на разрезе вкрест простирания пересекает проекцию очистной выработки, т.е. на разрезе по простиранию ось ствола проходит через целик.

2.6. В первом случае, т.е. когда ось ствола пересекает очистную выработку, построение схемы положений изолиний вертикальных сдвижений производится аналогично изложенному выше, однако при этом учитываются следующие моменты:

а) если подработка полная, т.е. ось ствола после пересечения с изолинией I,0 (т.С на рис.2) пересекает очистную выработку (т.Д на рис.2), то в этом интервале оседание точек массива вдоль оси ствола принимается одинаковым и равным максимальному η_0. На горизонте пересечения оси ствола с пластом (т.Д на рис.2) в породах почвы оседания уменьшаются в два раза и далее до конца интервала (т.Е на рис.2), равного $H \cdot ctg\, \delta_0$, линейно уменьшаются до 0;

б) если подработка не полная и ось ствола после пересечения с изолинией I,0 (т.I7 на рис.3) пересекает линию, проведенную под углом полных сдвижений (т.I8), и далее пересекает очистную выработку (т.I9), то в этих интервалах (вдоль оси ствола) изменение η принимается следующим. В интервале I7-I8 величина η изменяется прямо пропорционально расстоянию до пласта от величины η_m при неполной подработке вкрест простирания до величины η_o при полной подработке. В интервале I8-I9 величина η принимается одинаковой и равной максимальному значению η_o. На горизонте пересечения оси ствола с пластом (т.I9) в породах почвы оседания уменьшаются в два раза и далее до конца интервала (т.20) равного $H \cdot ctg\, \delta_o$, линейно уменьшаются до 0. Горизонтальные сдвижения ξ рассчитываются по формуле (3). Полученные таким образом искривления оси ствола показаны на рис.2 и 3 кривыми 2.

2.7. Во втором случае (п.2.5), т.е. когда ось ствола на разрезе вкрест простирания пересекает проекцию очистной выработки, расчет искривлений ствола производится следующим образом. Исключение составит условие, когда $l_c \geq 0{,}2H$ (l_c - расстояние в плоскости пласта от границы очистной выработки до оси ствола), при котором расчет сдвижений в зоне опорного давления не производится ввиду малости величины оседаний в области ствола.

2.7.I. По оси ствола строится разрез по простиранию, на котором показываются границы целика по пласту (рис.4).

На разрезе по простиранию от границы выработки в сторону целика откладывается отрезок 5-В, равный

$$L_o = H \cdot ctg\, \delta_o \qquad (6)$$

и соответствующий размеру зоны опорного давления в плоскости угольного пласта по простиранию (Н-глубина залегания пласта; δ_o - граничный угол сдвижения по простиранию).

Отрезок 5-В делится на четыре равные части. Через точки деления проводятся вертикальные линии I,II,III,IУ и У. На вертикальной линии, проходящей через границу выработки (т.5), в сторону кровли и почвы пласта откладываются отрезки, равные L_o (тт.I и 9). Отрезок I-9 делится на 8 равных частей, а точки деления соединяются с точкой В прямыми.

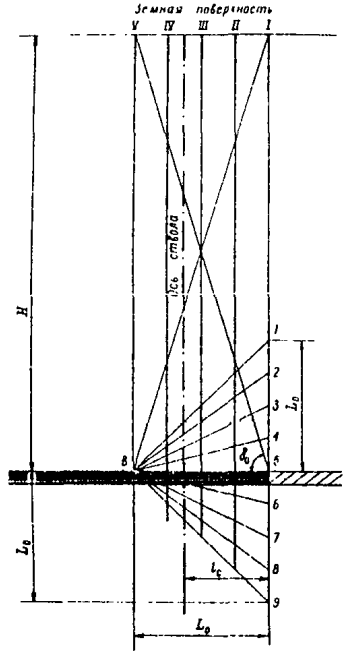

Рис.4. Схема к расчету искривлений вертикальных стволов в зоне опорного давления.

Оседания в зоне опорного давления определяются для узловых точек - точек пересечения вертикальных (I,II,...,У) и наклонных (I-В, 1-В,...,9-В) линий. Величины оседаний η в узловых точках вычисляются по формуле

$$\eta = \eta_0 \cdot S(Z), \qquad (7)$$

где $S(Z)$ - коэффициент, характеризующий распределение оседаний в зоне опорного давления и определяемый по табл.2;

η_0 - максимальное оседание, определяемое по формуле

$$\eta_0 = (I - q_0)\, K \cdot m \cdot \cos\alpha. \qquad (8)$$

Таблица 2.

Значение коэффициента $S(Z)$ в узловых точках.

Горизонтальное или наклонное сечение	Нормальное к пласту сечение				
	У	IУ	Ш	II	I
Земная поверхность	0	0,005	0,022	0,068	0,140
I-В	0	0,005	0,022	0,068	0,140
1-В	0	0,005	0,022	0,068	0,140
2-В	0	0,005	0,022	0,064	0,138
3-В	0	0,005	0,020	0,063	0,129
4-В	0	0,004	0,017	0,052	0,106
5-В	0	0,002	0,011	0,034	0,070
6-В	0	0,001	0,005	0,016	0,034
7-В	0	0,000	0,002	0,005	0,011
8-В	0	0,000	0,000	0,001	0,002
9-В	0	0,000	0,000	0,000	0,000

2.7.2. Если размеры целика и положение оси ствола таковы, что на ствол оказывают влияние зоны опорного давления с обеих границ целика по простиранию, то величины вертикальных сдвижений по оси ствола, определенные от влияния каждой из зон опорного давления, суммируются.

2.7.3. По определенным на разрезе по простиранию величинам вертикальных сдвижений в точках оси ствола по формуле (2) рассчитываются горизонтальные сдвижения.

2.7.4. Рассчитанные горизонтальные сдвижения в точках оси ствола откладываются на разрезе вкрест простирания в масштабе в сторону восстания пласта.

2.7.5. Выше зоны опорного давления горизонтальные сдвижения принимаются постоянными и равными значению горизонтального сдвижения, определенного в точке пересечения оси ствола с верхней границей зоны опорного давления (кривые 3 на рис.2 и 3).

2.8. При расчете искривлений ствола для свиты пластов искривления, рассчитанные от каждой из влияющих на ствол выработок, алгебраически суммируются. Значение $\Delta_{г.с.}$ определяется по суммарному графику искривления ствола аналогично, как и для одного пласта (п.2.4).

3. Пример расчета искривлений стволов.

Расчет искривлений произведен для условий главного ствола строящейся шахты "Шахтерская-Глубокая" РО "Укршахтострой" (рис.5), который предполагалось сдать в эксплуатацию в 1980 году.

Искривление ствола вызывается активизацией процесса сдвижения от выработок, ранее пройденных в пределах предохранительного целика, построенного по граничным углам сдвижения в пластах $К_3$ (выработка I) и $К_2$ (выработка 2).

Горногеологические условия выработок, пройденных в целике, исходные и расчетные параметры представлены в табл.3, в которой m -мощность пласта, м; α -угол падения пласта, град; D_1 - размер выработки по падению, м; $H_{ср}$-средняя глубина разработки, м. Граничные углы β_0, γ_0, угол максимального оседания θ, угол полных сдвижений ψ_1 определены по "Правилам охраны..." (М.,1972).

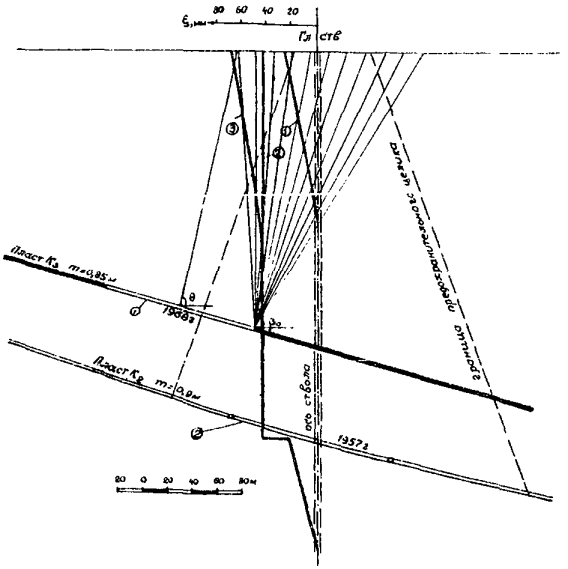

Рис.5. Схема к расчету искривлений ствола
(к примеру I).

Таблица 3.

Наименование выработки	Дата проходки	Параметры												
		m, м	α, град	D_1, м	$H_{св}$, м	$\frac{D_1}{H_{ф}}$	n_1	K_2	K	β_0, град.	γ_0, град.	Θ, град.	φ, град.
I	I968	0,85	I6	I25	200	0,62	0,6	0,3	0,8	59	72	77	55
2	I957	0,9	I6	500	3I4	I,60	I,0	I,0	0,7	59	72	77	55

Требуется рассчитать искривление главного ствола, вызванное ранее пройденными в целике выработками I и 2, за период с начала (I980 г.) до окончания (2030г.) эксплуатации ствола (шахты).

Искривление ствола рассчитываем от каждой выработки отдельно и, суммируя, получаем результирующее искривление от двух выработок.

Максимальное оседание поверхности от выработок I и 2 определяется по формуле (4)

$$\eta_m = (1 - q_0)\, K \cdot m \cdot \cos\alpha \sqrt{K_2 \cdot n_1},$$

где коэффициент K определяем по формуле (5)

$$K = \frac{t_1}{t_\alpha},$$

в которой t_1 - промежуток времени, за который рассчитывается активизация сдвижения от данной выработки (в годах), равный разности дат окончания (2030г) и начала (I980г) эксплуатации ствола (шахты);

t_α - весь период активизации сдвижения от данной выработки, равный разности даты окончания эксплуатации шахты (2030г) и годов прохождения выработки (I-I968 г., 2-I957 г.) в целике, увеличенном на два года.

Для выработки I $\quad K = \frac{2030 - I980}{2030 - (I968+2)} = 0,8,$

для выработки 2 $\quad K = \frac{2030 - I980}{2030 - (I957+2)} = 0,7.$

Согласно п.2.3 коэффициенты K_2, учитывающие полноту выемки целика по простиранию, для выработок I и 2 соответственно равны 0,3 и I.

Коэффициент подработанности вкрест простирания определяем по формуле (2)

$$n_1 = 0{,}9\left(\frac{\sum D_1}{H_{ср.}} - 0{,}3\right).$$

Для выработки $n_1 = 0{,}9\left(\frac{125}{200} - 0{,}3\right) = 0{,}603$, согласно п.2.2 принимаем $n_1 = 0{,}6$;
для выработки 2 $= 0{,}9\left(\frac{500}{314} - 0{,}3\right) = 1{,}2$, согласно п.2.2 принимаем $n_1 = 1$.

Подставляя все величины в формулу (4), получаем максимальные оседания для первой и второй выработок:

$$\eta_1 = 0{,}25 \cdot 0{,}8 \cdot 0{,}85 \cdot 0{,}96\sqrt{0{,}3 \cdot 0{,}6} = 68 \text{ мм};$$

$$\eta_2 = 0{,}25 \cdot 0{,}7 \cdot 0{,}9 \cdot 0{,}96\sqrt{1 \cdot 1} = 151 \text{ мм}.$$

Искривление ствола от влияния выработки I строим согласно пп.2.1 - 2.3.

Определяем графически длину полумульды на земной поверхности L_1 по граничному углу $\beta_0 = 59^0$ и углу максимального оседания $\bar{\omega} = 77^0$ и делим ее на 10 равных частей.

Строим изолинии оседаний, для чего точки деления полумульды соединяем с соответствующей границей выработки I.

Оседания в точках полумульды от влияния выработки I определяем по формуле

$$\eta = \eta_m \cdot S(z),$$

где $S(z)$ выбираем из табл.I.4 "Правил охраны..." при коэффициенте подработанности $n_1 = 0{,}6$.

Определяем горизонтальные сдвижения в точках пересечения изолиний оседания с осью ствола по формуле (3)

$$\xi = \eta\, tg\alpha - 0{,}15\,\eta_m\, S'(z),$$

в которой функцию распределения наклонов $S'(z)$ выбираем по табл.I.5 "Правил охраны..."в зависимости от коэффициента $n_1 = 0{,}6$. В формуле используем знак "минус", так как ствол попадает в полумульду по падению пласта; оседание η определяем в местах пересечения оси ствола с изолиниями относительных оседаний и представляет собой произведение наименования изолиний и максимального оседания η_m.

Величины оседания и горизонтальных сдвижений от влияния выработки I приведены в табл.4.

Таблица 4.

$z = \frac{x}{L}$	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
η, мм	68	65	57	45	32	20	11	5	2	1	0
$\eta \cdot tg\alpha$	19	19	16	13	9	6	3	1	1	0	0
$0,15\eta_m \cdot S'(z)$	0	-8	-15	-19	-19	-16	-11	-6	-3	-1	0
ξ, мм	19	27	31	31	28	22	14	7	4	1	0

Строим график искривления ствола от влияния выработки I в пластах $К_3$ (рис.5, кривая I).

Искривление ствола от влияния выработки 2 в пласте $К_2$ строим согласно пп.2.5 - 2.6, так как ось ствола пересекает выработку 2.

Пласт $К_2$ подработан полностью и ствол находится в районе плоского дна мульды сдвижения, поэтому согласно п.2.3 горизонтальные сдвижения поверхности будут равны максимальным и составят

$$\xi_m = \eta \cdot tg\alpha - 0,15\,\eta_m \cdot S'(z) = 43 \text{ мм},$$

а вдоль оси ствола будут распределяться согласно п.2.6.

Суммарное ожидаемое искривление ствола от влияния выработок I и 2 показано кривой 3 на рис.5.

Полученные суммарные величины искривлений ствола от влияния ранее пройденных выработок I и 2 в пластах $К_3$ и $К_2$ за период эксплуатации ствола, т.е. с 1980 г. по 2030 г. составят 34 мм с учетом коэффициентов перегрузки (даны в табл.5).

Таблица 5.

Положение точки по оси ствола	ξ, мм
На поверхности	84
На горизонте пласта $К_3$	53
На горизонте пласта $К_2$	26
На глубине 405 м	0

Максимальное горизонтальное смещение ствола составляет 84 мм, следовательно, согласно п.2.8 значение величины Δ_{cc}= 84 мм.

ПРИЛОЖЕНИЕ 2.

Примеры расчетов зазоров и определения диаметров стволов с канатными проводниками

I. В в е д е н и е

Примеры выполнены для стволов, которые могут иметь широкое распространение:

скипового ствола для подъема угля двумя скипами емкостью 35 $м^3$ и подъема породы скипом емкостью II $м^3$;

клетевого ствола для подъемов двумя неопрокидными клетями 4000 х 1500 мм с противовесами.

В качестве базовых приняты схемы 2С и 4К типовых проектных решений № 401-011-63 "Сечений и армировок вертикальных стволов с жесткими проводниками" (1980 г.), сборочные чертежи ЖАС-1У-7 и ЖАС-П-4.

Ввиду того, что чертежи типажных сосудов с жесткими проводниками в настоящее время корректируются, а для канатных проводников не выполнялись, размеры и массы их в расчете приняты ориентировочно и должны уточняться по рабочим чертежам.

2. Условные обозначения, принятые в расчете

H_c - глубина скипового ствола;

$H_к$ - глубина клетевого ствола;

h_c - высота горизонта подвеса канатных проводников от нулевой отметки в копре скипового ствола;

$h_к$ - высота горизонта подвеса канатных проводников от нулевой отметки в копре клетевого ствола;

L_c - длина отвеса канатного проводника в скиповом стволе;

$L_к$ - длина отвеса канатного проводника в клетевом стволе;

$L_{по}$ - предельная расчетная длина проводникового каната;

$L_{к.п.}$ - расстояние между осями клети и противовеса;
$L_{к.к.}$ - расстояние между осями клетей смежных подъемов;
$L_{с.у.}$ - расстояние между осями угольных скипов;
$L_{ск.п.}$ - расстояние между осями породного скипа и противовеса;
$L_{ск.у.п.}$ - расстояние между осями угольного и породного скипов;
$Q_{г.у.}$ - вес груза (масса) в угольном скипе;
$Q_{г.п.}$ - вес груза (масса) в породном скипе;
$Q_{г.к.}$ - вес груза (масса) в клети;
$Q_{ск.у.}$ - вес (масса) угольного скипа;
$Q_{ск.п.}$ - вес (масса) породного скипа;
$Q_{к.}$ - вес (масса) клети;
$Q_{пр.п.}$ - вес (масса) противовеса породного скипового подъема;
$Q_{пр.к.}$ - вес (масса) противовеса клетевого подъема;
$Q_{нат.min.с.}$ - минимальная величина натяжения проводникового каната в скиповом стволе;
$Q_{нат.min.к.}$ - минимальная величина натяжения проводникового каната в клетевом стволе;
$Q_{нат.с.}$ - величина натяжения проводникового каната в скиповом стволе;
$Q_{гр.с.}$ - масса натяжного груза в скиповом стволе;
$Q_{нат.к.}$ - величина натяжения проводникового каната в клетевом стволе;
$Q_{гр.к.}$ - масса натяжного груза в клетевом стволе;
$Q_{кан.с.}$ - вес (масса) проводникового каната в скиповом стволе;
$Q_{кан.к.}$ - вес (масса) проводникового каната в клетевом стволе;
$Q_{разр.}$ - суммарное разрывное усилие всех проволок проводникового каната;
$Q_{у.у.}$ - вес (масса) уравновешивающих канатов угольного скипового подъема;
$Q_{у.п.}$ - вес (масса) уравновешивающих канатов породного скипового подъема;
$Q_{у.к.}$ - вес (масса) уравновешивающего каната клетевого подъема;
Q_1 - осевое усилие в головном канате груженого угольного скипа;
Q_2 - осевое усилие в головном канате порожнего угольного скипа;
Q_3 - осевое усилие в головном канате груженого породного скипа;
Q_4 - осевое усилие в головном канате порожнего породного скипа;
Q_5 - осевое усилие в головном канате противовеса породного скипа;

Q_6 - осевое усилие в головном канате груженой клети;

Q_7 - осевое усилие в головном канате противовеса клети;

$v_{с.у.}$ - максимальная скорость движения угольного скипа;

$v_{с.п.}$ - максимальная скорость движения породного скипа;

$v_к$ - максимальная скорость клети;

$v_{в.с.}$ - скорость воздушной струи в скиповом стволе;

$v_{в.к.}$ - скорость воздушной струи в клетевом стволе;

c - коэффициент результирующего момента (см.раздел 4.I "Норм безопасности...");

κ - коэффициент упругой связи (см.раздел 4.I "Норм безопасности...");

$d_{г.с.}$ - диаметр головных канатов угольного скипового подъема;

$d_{г.п.}$ - диаметр головных канатов породного скипового подъема;

$d_{г.к.}$ - диаметр головных канатов клетевого подъема;

$d_{у.у.}$ - диаметр уравновешивающих канатов угольного скипового подъема;

$d_{у.п.}$ - диаметр уравновешивающих канатов породного скипового подъема;

$d_{у.к.}$ - диаметр уравновешивающих канатов клетевого подъема;

$d_{пр.}$ - диаметр проводниковых канатов;

n - нормативный запас прочности проводникового каната;

$n_{ф.с.}$ - фактический запас прочности проводникового каната в скиповом стволе;

$n_{ф.к.}$ - фактический запас прочности проводникового каната в клетевом стволе;

$n_{г.у.}$ - количество головных канатов угольного скипового подъема;

$n_{г.п.}$ - количество головных канатов породного скипового подъема;

$n_{г.к.}$ - количество головных канатов клетевого подъема;

$n_{у.у.}$ - количество уравновешивающих канатов угольного скипового подъема;

$n_{у.п.}$ - количество уравновешивающих канатов породного скипового подъема;

$n_{у.к.}$ - количество уравновешивающих канатов клетевого подъема;

$n_п$ - количество проводниковых канатов на I сосуд (скип, клеть, противовес);

$p_{г.у.}$ - вес (масса) I пог.м. головного каната угольного скипового подъема

$p_{г.п.}$ – вес (масса) I пог.м. головного каната породного скипового подъема;

$p_{г.к.}$ – вес (масса) I пог.м. головного каната клетевого подъема;

$p_{у.у.}$ – вес (масса) I пог.м. уравновешивающего каната угольного скипового подъема;

$p_{у.п.}$ – вес (масса) I пог.м. уравновешивающего каната породного скипового подъема;

$p_{у.к.}$ – вес (масса) I пог.м. уравновешивающего каната клетевого подъема;

$p_{п.}$ – вес (масса) I пог.м. проводникового каната;

$K_{п\,min.с.}$ – коэффициент сопротивления канатного проводника поперечному усилию в скиповом стволе;

$K_{п\,min.к.}$ – коэффициент сопротивления канатного проводника поперечному усилию в клетевом стволе;

$K_{g.}$ – коэффициент динамичности системы;

$K_{б.}$ – коэффициент безопасности;

$S_1 \dots S_{13}$ – расстояния от оси сосуда до оси канатных проводников и расстояния от оси сосуда до наиболее удаленной его части;

$S_{п.}$ – расчетная площадь сечения всех проволок проводникового каната;

$a_1 \dots a_{15}$, $b_1 \dots b_{15}$ – координаты осей проводниковых канатов относительно оси сосуда (противовеса);

ξ – относительное расстояние от точки приложения внешних сил к канатному проводнику до натяжного груза ($\xi_1 = 0{,}5$ – для середины длины проводникового каната);

$\alpha_{с.}$ – коэффициент массивности проводникового каната в скиповом стволе;

$\alpha_{к.}$ – коэффициент массивности проводникового каната в клетевом стволе;

$\alpha_1 \dots \alpha_9$ – угол между продольной осью сосуда и линией, соединяющей ось сосуда с канатным проводником или наиболее удаленной его частью;

$M_{кр.гр.у.}$ – момент сил упругости головных канатов от груженого угольного скипа;

$M_{кр.пор.у.}$ – то же от порожнего угольного скипа;

$M'_{кр.гр.п}$ – то же от груженого породного скипа;

$M_{кр.пор.п.}$ – то же от порожнего породного скипа;

$M_{кр.к.}$ – то же от груженой клети;

$M_{кр.пр.с.}$ – то же от противовеса породного скипа;

$M_{кр.пр.к.}$ – то же от противовеса клети;

$M_{сопр.у.}$ – момент сопротивления вращению угольного скипа;

$M_{сопр.п.}$ – момент сопротивления вращению породного скипа;

$M_{сопр.пр.п.}$ – момент сопротивления вращению противовеса породного скипа;

$M_{сопр.к.}$ – момент сопротивления вращению клети;

$M_{сопр.пр.к.}$ – момент сопротивления вращению противовеса клети;

φ – номинальный угол поворота сосуда;

$\varphi_{у.гр.}$ – номинальный угол поворота угольного груженого скипа;

$\varphi_{у.пор.}$ – номинальный угол поворота угольного порожнего скипа;

$\varphi_{п.гр.}$ – номинальный угол поворота породного груженого скипа;

$\varphi_{п.пор.}$ – номинальный угол поворота породного порожнего скипа;

$\varphi_{к.}$ – номинальный угол поворота груженой клети;

$\varphi_{пр.с.}$ – номинальный угол поворота противовеса породного скипа;

$\varphi_{пр.к.}$ – номинальный угол поворота противовеса клети;

$\varphi_{расч.у.гр.1}$ – расчетный угол поворота угольного груженого скипа при $K_б = 5$;

$\varphi_{расч.у.пор.}$ – расчетный угол поворота угольного порожнего скипа при $K_б = I$;

$\varphi_{расч.п.гр.1.}$ – расчетный угол поворота породного груженого скипа при $K_б = 5$;

$\varphi_{расч.п.гр.2.}$ – то же при $K_б = I$;

$\varphi_{расч.п.пор.}$ – расчетный угол поворота породного порожнего скипа при $K_б = I$;

$\varphi_{расч.пр.с.1.}$ – расчетный угол поворота противовеса породного скипа при $K_б = 5$;

$\varphi_{расч.пр.с.2.}$ – то же при $K_б = I$;

$\varphi_{расч.к.1.}$ – расчетный угол поворота груженой клети при $K_б = 5$;

$\varphi_{расч.к.2.}$ – то же при $K_б = I$;

$\varphi_{расч.пр.к.1.}$ – расчетный угол поворота противовеса клети при $K_б = 5$;

$\varphi_{расч.пр.к.2.}$ – то же при $K_б = I$;

$\Delta_{у.п.у.гр.}$ – угловое перемещение груженого угольного скипа при $K_б = 5$ (в сторону второго угольного скипа);

$\Delta_{у.п.у.пор.}$ – угловое перемещение порожнего угольного скипа при $К_б$ = I (в сторону второго угольного скипа);

$\Delta_{у.п.у.гр.1.}$ – угловое перемещение груженого угольного скипа при $К_б$ =5 (в сторону породного скипа);

$\Delta_{у.п.п.гр.1.}$ – угловое перемещение груженого породного скипа при $К_б$ = 5 (в сторону противовеса);

$\Delta_{у.п.п.гр.2.}$ – то же при $К_б$ = I;

$\Delta_{у.п.п.гр.3.}$ – то же при $К_б$ = I (в сторону угольного скипа);

$\Delta_{у.п.п.пор.}$ – угловое перемещение порожнего породного скипа при $К_б$ =I;

$\Delta_{у.п.пр.с.1.}$ – угловое перемещение противовеса породного скипа при $К_б$=5;

$\Delta_{у.п.пр.с.2.}$ – то же при $К_б$ = I;

$\Delta_{у.п.к.1.}$ – угловое перемещение груженой клети при $К_б$ = 5 (на расстоянии 604 мм от оси ствола);

$\Delta_{у.п.к.2.}$ – то же при $К_б$ = I (на расстоянии 604 мм от оси ствола);

$\Delta_{у.п.к.3.}$ – то же при $К_б$ =5 (на расстоянии I600 мм от оси ствола);

$\Delta_{у.п.к.4.}$ – то же при $К_б$ =I (на расстоянии I600 мм от оси ствола);

$\Delta_{у.п.п.к.1.}$ – угловое перемещение противовеса клети при $К_б$ = 5;

$\Delta_{у.п.п.к.2.}$ – то же при $К_б$ = I;

$\Delta_{у.п.к.3.}$ – угловое перемещение груженой клети при $К_б$ = 5 (в сторону расстрела лестничного отделения);

$\Delta_{п.п.с.}$ – поступательные перемещения скипов;

$\Delta_{п.п.к.}$ – поступательные перемещения клетей;

$\Delta_{п.п.пр.}$ – поступательные перемещения противовесов;

$\Delta_{г.}$ – дополнительный гарантированный зазор;

$\Delta_{о.у.}$ – величина проектного зазора между угольными скипами;

$\Delta_{о.п.}$ – величина проектного зазора между породным скипом и противовесом;

$\Delta_{о.у.п.}$ – величина проектного зазора между угольным и породным скипами;

$\sigma_{с.}$ – величина проектного зазора между подъемными сосудами и крепью скипового ствола;

$\sigma_{к.}$ – величина проектного зазора между подъемными сосудами и крепью клетевого ствола;

$\Delta_{п.с.}$ – проекция максимально возможной величины перемещения подъемного сосуда на радиальное направление от угловых и поступательных перемещений;

$\Delta_{о.м.к.}$ – проектный зазор между клетями смежных подъемов;

$\Delta_{o.p.}$ – проектный зазор между клетью и расстрелом лестничного отделения;

$\Delta_{к.б.}$ – максимальная величина перемещения канатных проводников, вызываемая креном копра;

$\Delta_{с.с.}$ – допускаемое отклонение стенок крепи ствола по радиусу от центра ствола;

$\Delta_{р}$ – погрешность положения точек подвеса канатных проводников относительно оси ствола;

$\Delta_{г.с.}$ – максимальная ожидаемая величина горизонтальных смещений стенок ствола к концу его эксплуатации при прохождении ствола в ранее подработанном массиве;

$\Delta_{о.к.}$ – дополнительный зазор, при котором допускается отсутствие отбойных канатов;

γ – объемный вес (масса) проводникового каната;

$R_{н.}$ – радиус направляющего башмака на сосуде.

3. Определение зазоров в скипо[illegible]ом стволе (см.рис.I и 2)

3.I. Исходные данные.

3.I.I. Назначение ствола – выдача на поверхность шахты угля и породы.

3.I.2. Глубина ствола – $H_{с}$ = I200 м.

3.I.3. Скорость исходящей воздушной струи в стволе – $\vartheta_{в.с.}$ = 8 м/с.

3.I.4. Высота горизонта подвеса канатных проводников в копре – $h_{с.}$ = 60 м.

3.I.5. Длина отвеса канатного проводника – $L_{с.}$ = I300 м.

3.I.6. Тип угольного скипа – IСН35-2.

3.I.7. Вес груза (масса) в угольном скипе – $Q_{г.у.}$=294210 Н (30000 кГс).

3.I.8. Вес (масса) угольного скипа – $Q_{ск.у.}$=245I75 Н (25000 кГс).

3.I.9. Максимальная скорость угольного скипа – $\vartheta_{с.у.}$=I6 м/с.

3.I.I0. Головной канат угольного подъема – $d_{г.с.}$-46,5-Г-I-Н-I372 ГОСТ 7668-80.

3.I.II. Вес (масса) I пог.м. головного каната угольного подъема - $p_{г.у.}$ =82,4 Н/м (8,4 кг/м).

3.I.I2. Количество головных канатов угольного подъема - $n_{г.у.}$ = 4 шт.

3.I.I3. Уравновешивающий канат угольного подъема - $d_{у.у.}$ - 52,0-Г-I-Н-I372 ГОСТ 3088-80.

3.I.I4. Вес (масса) I пог.м. уравновешивающего каната угольного подъема - $p_{у.у.}$ = II3,3 Н/м (II,55 кг/м).

3.I.I5. Количество уравновешивающих канатов угольного подъема - $n_{у.у.}$ = 3 шт.

3.I.I6. Проводниковый канат угольного и породного подъемов - $d_{пр.}$ -52,0-Г-I-Н-I372 ГОСТ 7669-80.

3.I.I7. Вес (масса) I пог.м. проводникового каната - $p_{п}$ = = II6,2 Н/м (II,85 кг/м).

3.I.I8. Количество проводниковых канатов на I скип, на I клеть, на I противовес - $n_{п}$ = 4 шт.

3.I.I9. Тип породного скипа - ICHII-2.

3.I.20. Вес (масса) груза в породном скипе - $Q_{г.п.}$ =I667I9 Н (I7000 кг).

3.I.2I. Вес (масса) породного скипа - $Q_{ск.п}$ = I76526 Н (I8000 кг).

3.I.22. Максимальная скорость породного скипа - $v_{с.п.}$ = I2 м/с.

3.I.23. Вес (масса) противовеса породного подъема - $Q_{пр.п.}$ = = 264789 Н (27000 кг).

3.I.24. Головной канат породного подъема - $d_{г.п.}$ - 42,0-Г-I-I372 ГОСТ 7668-80.

3.I.25. Вес (масса) I пог.м.головного каната породного подъема - $p_{г.п.}$ = 66,2 Н/м (6,75 кг/м).

3.I.26. Количество головных канатов породного подъема - $n_{г.п.}$ = 4 шт.

3.I.27. Уравновешивающий канат породного подъема - $d_{у.п.}$-54,5-Г-I-Н-I372 ГОСТ 3088-80.

3.I.28. Вес (масса) I пог.м. уравновешивающего каната породного подъема - $p_{у.п.}$ = I24,5 Н/м (I2,7 кг/м).

3.I.29. Количество уравновешивающих канатов породного подъема - $n_{у.п.}$ = 2 шт.

3.2. Определение массы натяжного груза (на I проводниковый канат).

Величина натяжения каждого канатного проводника в нижнем его сечении должна быть не ниже величины, определяемой по формуле (2.4) "Норм безопасности..."

$$Q_{нат.min.c.} = A\,(L_o - L_c)\,\ell_n \frac{L_o}{L_o - L_c} =$$

$$= 125\,(2566 - 1300)\,\ell_n \frac{2566}{2566-1300} = 111801\ \text{Н}\ (11404\ \text{кГс}),$$

где A = 125 Н/м – минимальный коэффициент сопротивления канатного проводника поперечным отклоняющим усилиям;

$L_o = \frac{G_в}{n\gamma} = \frac{1372 \cdot 10^6}{6 \cdot 89107} = 2566$ м – предельная длина канатного проводника;

$G_в$ = 1372 · 10^6 Па (140 · 10^6 кГс/м) – расчетное временное сопротивление разрыву проводникового каната;

n = 6 – запас прочности каната;

$\gamma = \frac{\rho_n}{S_n} = \frac{116{,}2}{1304{,}05 \cdot 10^{-6}} = 89107$ Н/м^3 (9089 кГс/м^3) – объемный вес (масса) проводникового каната;

ρ_n = 116,2 Н/м (11,85 кг/м) – вес (масса) 1 пог.м. смазанного проводникового каната;

S_n = 1304,05 · 10^{-6} м^2 – расчетная площадь сечения всех проволок проводникового каната;

L_c = 1300 м – длина отвеса проводникового каната.

Расчетный запас прочности принятого каната

$$n_{ф.c.} = \frac{Q_{разр.}}{Q_{нат.min.c.} + Q_{кан.c.}} = \frac{1785000}{111801 + 151060} = 6{,}79\ ,$$

где $Q_{разр.}$=I785000 Н (I82070) - суммарное разрывное усилие всех проволок в канате;

$Q_{кан.с} = L_c \cdot \rho_n$ = I300·II6,2 = I5I060 Н (I5408 кГс).

Расчетный запас прочности проводникового каната, превышающий допустимый n = 6, дает возможность увеличить натяжение каната в нижнем его сечении, что уменьшает величину угловых перемещений сосудов. Величина этого натяжения определяется из следующего выражения

$$Q_{нат.с.} = \frac{Q_{разр.}}{} - Q_{кан.с.} = \frac{I785000}{6} - I5I060 = I46440 \text{ Н}.$$

Масса натяжного груза

$$Q_{гр.с.} = 0,I02 \cdot Q_{нат.с.} = 0,I02 \cdot I46440 = I4937 \text{ кг}.$$

3.3. Определение номинальных и расчетных углов поворота груженого и порожнего скипов угольного подъема в середине длины канатного проводника (см.раздел 4.I "Норм безопасности..." и рис.3).

Величина крутящего момента, передаваемого от головных канатов груженому и порожнему скипу, определяется из выражений:

для груженого скипа

$$M_{кр.гр.у.} = C \cdot K \cdot d_{г.с.} = 0,3I \cdot 0,092 \cdot 46,5 \cdot I0^{-3} \cdot I90080 = 252 \text{ Н.м (25,7 кГс.м)};$$

для порожнего скипа

$$M_{кр.пор.у} = CK \cdot d_{г.с.} \cdot Q_2 = 0,3I \cdot 0,092 \cdot 46,5 \cdot I0^{-3} \cdot II6528 = I55 \text{ Н.м (I5,8 кГс.м)},$$

где C=0,3I - коэффициент результирующего момента, показывающий, какая часть крутящего момента передается сосуду из-за неравномерного распределения нагрузки между головными канатами;

K=0,092 - коэффициент упругой связи, величина которого определяется конструкцией головных канатов и приведена в табл.4.I "Норм безопасности...";

$d_{г.с.}$ =46,5·10^{-3} м - диаметр головных канатов;

Q_1 - осевое растягивающее усилие, приходящееся на один головной канат от груженого скипа;

Q_2 - то же от порожнего скипа.

$$Q_1 = \frac{Q_{ск.у.} + Q_{г.у.} + 0{,}5\,Q_{у.у.}}{n_{г.у.}} = \frac{245175 + 294210 + 0{,}5 \cdot 44187}{4} =$$

= 190080 Н (19388 кГс).

$$Q_2 = \frac{Q_{ск.у.} + 0{,}5 \cdot Q_{у.у.}}{n_{г.у.}} = \frac{245175 + 0{,}5 \cdot 44187}{4} = 116528 \text{ Н (11886 кГс)},$$

где $Q_{ск.у.}$ =245175 Н (25000 кГс) - вес (масса) скипа;

$Q_{г.у.}$ =294210 Н (30000 кГс) - вес (масса) угля в скипе;

$Q_{у.у.} = \rho_{у.у.} \cdot L_c \cdot n_{у.у.}$ =113,3 · 1300 · 3 =44187 Н (4507 кГс);

$\rho_{у.у.}$=113,3 Н/м (11,55 кг/м) - вес 1 пог.м. уравновешивающего каната;

L_c =1300 м - полная длина одной ветви уравновешивающего каната;

$n_{г.у.}$= 4 шт. - количество головных канатов;

$n_{у.у.}$= 3 шт. - количество уравновешивающих канатов.

Момент сопротивления вращению системы "подъемный сосуд - гибкая армировка" находим из формулы (рис.4.1,б) "Норм безопасности"

$$M_{сопр.у.} = 2 K_{п.min.с.} (S_1^2 + S_2^2) \sin\varphi = 2 \cdot 676{,}4 \cdot (1{,}526^2 + 1{,}25^2) \sin\varphi =$$

$$= 5264 \sin\varphi,$$

где в соответствии с формулой (4.3)"Норм безопасности..."

$$K_{п.min.с.} = \frac{Q_{нат.с.} \cdot \alpha_c \cdot \ln(1+\alpha_c)}{L_c \ln\frac{1+\alpha_c}{1+\alpha_c \xi_1} \ln(1+\alpha_c \xi_1)} = \frac{146440 \cdot 1{,}032 \ln(1+1{,}032)}{1300 \ln\frac{1+1{,}032}{1+1{,}032 \cdot 0{,}5} \ln(1+1{,}032 \cdot 0{,}5)} =$$

= 676,4 Н/м (69 кГс/м) - коэффициент сопротивления канатного проводника поперечному усилию.

$$S_1 = \sqrt{a_1^2 + b_1^2} = \sqrt{800^2 + 1300^2} = 1526 \text{ мм} = 1{,}526 \text{ м};$$

$$S_2 = \sqrt{a_2^2 + b_2^2} = \sqrt{1000^2 + 750^2} = 1250 \text{ мм} = 1{,}25 \text{ м}.$$

S_1 и S_2 - расстояния от канатных проводников до центра сосуда (см.рис.3);

$\alpha_c = \frac{\rho_п \cdot L_{ц.}}{Q_{нат.с.}} = \frac{116{,}2 \cdot 1300}{146440} = 1{,}032$ - коэффициент массивности канатного проводника (см.формулу(4.4)"Методики расчета...");

$\rho_п$ = 116,2 Н/м - вес 1 пог.м. канатного проводника;

ξ_1 = 0,5 - для середины ствола.

Таким образом, при условии, что $M_{кр.} = M_{сопр.}$, номинальный угол поворота груженого скипа вокруг вертикальной оси составит

$$\sin\varphi_{у.гр.} = \frac{M_{кр.гр.у.}}{5264} = \frac{252}{5264} = 0{,}0479; \quad \varphi_{у.гр.} = 2{,}74^0.$$

Номинальный угол поворота порожнего скипа

$$\sin\varphi_{у.пор.} = \frac{M_{кр.пор.у.}}{5264} = \frac{155}{5264} = 0{,}03; \quad \varphi_{у.пор.} = 1{,}7^0.$$

Расчетный угол поворота груженого скипа при $K_б$ = 5 составит

$\varphi_{расч.у.гр.} = K_д \cdot K_б \cdot \varphi_{у.гр.} = 1{,}5 \cdot 5 \cdot 2{,}74 = 20{,}55^0$.

Расчетный угол поворота порожнего скипа при $K_б$ = 1 составит

$\varphi_{расч.у.пор.} = K_д \cdot \varphi_{у.пор.} = 1{,}5 \cdot 1{,}7 = 2{,}55^0$,

где $K_д$ = 1,5 - коэффициент динамичности;

$K_б$ = 5 - коэффициент безопасности.

3.4. Определение номинальных и расчетных углов поворота груженого и порожнего породного скипа в середине длины канатного проводника (см.рис.4).

$M_{кр.гр.п.} = C \cdot K \cdot d_{г.п.} \cdot Q_з = 0{,}31 \cdot 0{,}092 \cdot 42 \cdot 10^{-3} \cdot 126273 = 151{,}3$ Н.м (15,4 кГс.м);

$M_{кр.пор.п.} = C \cdot K \cdot d_{г.п.} \cdot Q_п = 0{,}31 \cdot 0{,}092 \cdot 42 \cdot 10^{-3} \cdot 84594 = 101{,}3$ Н.м (10,3 кГс.м),

где С=0,31; К=0,092 - см.раздел 3.3;
$d_{г.п.}$= 42 · 10^{-3} м - диаметр головных канатов.

Осевое растягивающее усилие, приходящееся на один головной канат от угруженого скипа,

$$Q_з = \frac{Q_{ск.п.}+Q_{г.п.}+0,5\cdot Q_{у.п.}}{n_{г.п.}} = \frac{176526+166719+0,5\cdot 323700}{4} =$$

= 126273 Н (12880 кГс),

где $Q_{ск.п.}$=176526 Н(18000 кГс) - вес породного скипа;
$Q_{г.п.}$ =166719 Н(17000 кГс) - вес породы в скипе;
$Q_{у.п.}$= $p_{у.п.}\cdot L_с \cdot n_{у.п.}$ =124,5·1300·2=323700 Н (33017 кГс);
$p_{у.п.}$=124,5 Н/м(12,7 кг/м) - вес 1 пог.м.уравновешивающего каната.

Осевое растягивающее усилие, приходящееся на один головной канат от порожнего скипа,

$$Q_ч = \frac{Q_{ск.п.}+0,5\cdot Q_{у.п.}}{n_{г.п.}} = \frac{176526+0,5\cdot 323700}{4} = 84594 \text{ Н (8630 кГс)};$$

$$M_{сопр.п.}=2K_{п.min.с}\cdot(S_3^2+S_4^2)\sin\varphi_{п.гр.}=2\cdot 676,4\,(1,215^2+1,078^2)\sin\varphi_{п.гр.}=$$

$$= 3569\sin\varphi_{п.гр.},$$

где $K_{п.min.с}$=676,4 Н/м (69 кГс/м) - см.раздел 3.3;
$S_3=\sqrt{a_3^2+b_3^2}=\sqrt{675^2+1010^2}$ = 1215 мм = 1,215 м;
$S_4=\sqrt{a_4^2+b_4^2}=\sqrt{820^2+700^2}$ = 1078 мм = 1,078 м;
S_3 и S_4 - расстояния от канатных проводников до центра скипа (см.рис.4).

При условии, что $M_{кр}=M_{сопр}$, номинальный угол поворота груженого скипа вокруг вертикальной оси составит

$$\sin\varphi_{п.гр.}=\frac{M_{кр.гр.п.}}{3569}=\frac{151,3}{3569}=0,04239;\quad \varphi_{п.гр.}=2,43^0.$$

Номинальный угол поворота порожнего скипа

$$\sin\varphi_{п.пор.}=\frac{M_{кр.пор.п.}}{3569}=\frac{101,3}{3569}=0,02838;\quad \varphi_{п.пор.}=1,63^0.$$

Расчетный угол поворота груженого скипа при $K_б$ = 5 составит

$\varphi_{расч.п.гр.1} = K_g \cdot K_б \cdot \varphi_{п.гр.} = 1{,}5 \cdot 5 \cdot 2{,}43 = 18{,}23^0$.

Расчетный угол поворота порожнего скипа при $K_б$ = 1 составит

$\varphi_{расч.п.пор.} = K_g \cdot \varphi_{п.пор.} = 1{,}5 \cdot 1{,}63 = 2{,}45^0$.

Расчетный угол поворота груженого скипа при $K_б$ = 1 составит

$\varphi_{расч.п.гр.2.} = K_g \cdot \varphi_{п.гр.} = 1{,}5 \cdot 2{,}43 = 3{,}65^0$.

3.5. Определение номинального и расчетного углов поворота противовеса породного подъема в середине длины канатного проводника (см.рис.4).

$M_{кр.пр.с.} = C \cdot K \cdot \alpha_{г.п.} \cdot Q_5 = 0{,}31 \cdot 0{,}092 \cdot 42 \cdot 10^{-3} \cdot 106660 = 128$ Н.м (9,8 кГс.м),

где C=0,31; K=0,092; $\alpha_{г.п.}$=42·10^{-3} - см.раздел 3.4.

$$Q_5 = \frac{Q_{пр.п.} + 0{,}5 \cdot Q_{у.п.}}{n_{г.п.}} = \frac{264789 + 0{,}5 \cdot 323700}{4} = 106660 \text{ Н (10880 кГс)},$$

где $Q_{пр.п.}$=264789 Н (27000 кГс) - вес (масса) противовеса;
$Q_{у.п.}$ =323700 Н (33017 кГс) и $n_{г.п.}$=4 - см.раздел 3.4.

Момент сопротивления вращению системы "подъемный сосуд - гибкая армировка" находим из формулы (рис.4.1,а "Норм безопасности...")

$M_{сопр.пр.п.} = 4 \cdot K_{п.min.с} \cdot S_5^2 \cdot \sin\varphi_{пр.с.} = 4 \cdot 676{,}4 \cdot 0{,}932^2 \sin\varphi_{пр.с.} =$

$= 2350 \sin\varphi_{пр.с}$,

где $K_{п.min.с.}$ =676,4 Н/м - см.раздел 3.3;

$S_5 = \sqrt{a_5^2 + b_5^2} = \sqrt{200^2 + 910^2} = 932$ мм = 0,932 м - расстояние от канатных проводников до центра противовеса (см.рис.4).

При условии, что $M_{кр.} = M_{сопр.}$ номинальный угол поворота противовеса вокруг вертикальной оси составит

$$\sin\varphi_{пр.с.} = \frac{M_{кр.пр.с}}{2350} = \frac{128}{2350} = 0{,}05447; \quad \varphi_{пр.с.} = 3{,}12^0.$$

Расчетный угол поворота противовеса при $K_б$ =5 составит

$\varphi_{расч.пр.с.1} = K_д \cdot K_б \cdot \varphi_{пр.с.} = 1{,}5 \cdot 5 \cdot 3{,}12 = 23{,}4^0$.

Расчетный угол поворота противовеса при $K_б$ = I составит

$\varphi_{расч.пр.с.2} = K_д \cdot \varphi_{пр.с.} = 1{,}5 \cdot 3{,}12 = 4{,}68^0$.

3.6. Определение величины зазора и расстояния между осями скипов угольного подъема (см.рис.3).

При определении зазора один из скипов принимается груженым $\varphi_{расч.у.гр.1} = 20{,}55^0$ при $K_б$=5, второй скип принимается порожним с $\varphi_{расч.у.пор.} = 2{,}55^0$ при $K_б$ =I (см.раздел 3.3).

Величина проектного зазора между наиболее выступающими частями сосудов одного подъема определяется по формуле (2.2) "Норм безопасности..."

$$\Delta_{о.у.} = \Delta_{п.с.1} + \Delta_{п.с.2} + \Delta_г,$$

где $\Delta_{п.с.1}$ и $\Delta_{п.с.2}$ – величины перемещений подъемных сосудов, определяемые по формуле (4.9)"Норм безопасности..."

$$\Delta_{п.с.} = \Delta_{у.п.} + \Delta_{п.п.},$$

где $\Delta_{у.п.}$ – величина угловых перемещений наиболее выступающих частей подъемного сосуда.

Для груженого скипа

$\Delta_{у.п.у.гр.} = S_б \cdot \sin(\alpha_1 + \varphi_{расч.у.гр.1}) - a_б = 1629 \cdot \sin(41{,}3 + 20{,}55) - 1075 =$
$= 361$ мм.

Для порожнего скипа

$\Delta_{у.п.у.пор.} = S_б \cdot \sin(\alpha_1 + \varphi_{расч.у.пор}) - a_б = 1629 \cdot \sin(41{,}3 + 2{,}55) - 1075 =$
$= 53$ мм,

где $S_б = \sqrt{a_б^2 + b_б^2} = \sqrt{1075^2 + 1224^2} = 1629$ мм;

$$tg\alpha_1 = \frac{a_б}{b_б} = \frac{1075}{1224} = 0{,}87827 \; ; \quad \alpha_1 = 41{,}3^0 \; ;$$

$\varphi_{расч.у.гр.1} = 20{,}55^0$ – см.раздел 3.3;

$\varphi_{расч.у.пор.} = 2{,}55^0$ – см.раздел 3.3;

$\Delta_{п.п.}$ – величина поступательных перемещений скипов. Для скипов с боковой поверхностью более 10 $м^2$ величина поступательных перемещений определяется формулой (4.8) "Норм безопасности...".

$$\Delta_{п.п.с.} = 50 + 2{,}5\,(\vartheta_{с.у.} + \vartheta_{в.с.}) = 50 + 2{,}5\,(16+8) = 110 \text{ мм},$$

где $\vartheta_{с.у.} = 16$ м/с – максимальная скорость движения скипа;

$\vartheta_{в.с.} = 8$ м/с – скорость исходящей воздушной струи в стволе.

Таким образом, перемещение груженого скипа

$$\Delta_{п.с.1.} = \Delta_{у.п.у.гр.} + \Delta_{п.п.с.} = 361 + 110 = 471 \text{ мм};$$

перемещение порожнего скипа

$$\Delta_{п.с.2.} = \Delta_{у.п.у.пор.} + \Delta_{п.п.с.} = 53 + 110 = 163 \text{ мм}.$$

Проектный зазор между наиболее выступающими частями груженого и порожнего скипов в середине длины канатного проводника

$$\Delta_{о.у.} = \Delta_{п.с.1.} + \Delta_{п.с.2.} + \Delta_{г.} = 471+163+50 = 684 \text{ мм},$$

где $\Delta_{г.} = 50$ мм – см.раздел 4.4 "Норм безопасности...".

Расстояние между осями скипов

$$L_{с.у.} = 2\,a_{б} + \Delta_{о.у} = 2 \cdot 1075 + 684 = 2834 \text{ мм}.$$

Принимается размер $L_{с.у.} = 2840$ мм.

3.7. Определение величины зазора и расстояния между осями скипа и противовеса породного подъема (см.рис.4).

При определении зазора между скипом и противовесом в расчете принимаются угловые перемещения груженого породного скипа при $К_{б} = 1$ и противовеса при $К_{б} = 5$, так как их сумма больше суммы угловых перемещений скипа при $К_{б} = 5$ и противовеса при $К_{б} = 1$.

Величина углового перемещения наиболее выступающей части груженого породного скипа при $К_{б} = 1$

$$\Delta_{у.п.п.гр.1} = S_{7} \cdot \sin(\alpha_{2} + \varphi_{расч.п.гр.2}) - a_{7} = 1290 \cdot \sin(43{,}6+3{,}65) -$$

$$- 890 = 57 \text{ мм},$$

где $S_7 = \sqrt{a_7^2 + b_7^2} = \sqrt{890^2 + 935^2} = 1290$ мм;

$$tg\alpha_2 = \frac{a_7}{b_7} = \frac{890}{935} = 0{,}95187; \quad \alpha_2 = 43{,}6^0;$$

$\varphi_{расч.п.гр.2} = 3{,}65^0$ - см.раздел 3.4.

Величина углового перемещения наиболее выступающей части противовеса при $K_б = 5$

$$\Delta_{у.п.пр.с.I} = S_5 \sin(\alpha_3 + \varphi_{расч.пр.с.I}) - a_5 = 932 \cdot \sin(12{,}4 + 23{,}4) - 200 = 345 \text{ мм},$$

где $S_5 = \sqrt{a_5^2 + b_5^2} = \sqrt{200^2 + 910^2} = 932$ мм;

$$tg\alpha_3 = \frac{a_5}{b_5} = \frac{200}{910} = 0{,}21978; \quad \alpha_3 = 12{,}4^0;$$

$\varphi_{расч.пр.с.I} = 23{,}4^0$ - см.раздел 3.5.

Величина поступательного перемещения породного скипа с боковой поверхностью более 10 м^2 равна величине поступательного перемещения угольного скипа $\Delta_{п.п.с.} = 110$ мм - см.раздел 3.6. Величина поступательного перемещения противовеса $\Delta_{п.п.пр.} = 50$ мм - см.раздел 4.3 "Норм безопасности...".

Величина перемещения груженого скипа от угловых и поступательных перемещений составит

$$\Delta_{п.с.с.} = \Delta_{у.п.п.гр.I} + \Delta_{п.п.с.} = 57 + 110 = 167 \text{ мм};$$

величина перемещения противовеса

$$\Delta_{п.с.пр.} = \Delta_{у.п.пр.с.I} + \Delta_{п.п.пр.} = 345 + 50 = 395 \text{ мм}.$$

Проектный зазор между наиболее выступающими частями скипа и противовеса

$$\Delta_{о.п.} = \Delta_{п.с.с} + \Delta_{п.с.пр.} + \Delta_{г.} = 167 + 395 + 50 = 612 \text{ мм},$$

где $\Delta_{г.} = 50$ мм - дополнительный гарантированный зазор (см.раздел 4.4 "Норм безопасности...").

Расстояние между осью скипа и осью противовеса

$$L_{ск.п.} = a_5 + a_7 + \Delta_{о.п.} + R_н = 200 + 890 + 612 + 80 = 1782 \text{ мм},$$

где $R_н$ = 80 мм - радиус направляющего башмака на сосуде.
Принимается размер $L_{ск.п.}$ = 1800 мм.

3.8. Определение величины зазора и расстояния между осями скипов угольного и породного подъемов (см.рис.5).

При определении проектного зазора между сосудами смежных подъемов оба сосуда принимаются груженными (раздел 4.4 "Норм безопасности...").

Угловые перемещения одного из сосудов следует принимать при $\varphi_{расч.}=7,5\varphi_н$, а другого - $\varphi_{расч.}=1,5\varphi_н$ (раздел 4.4 "Норм безопасности).

Для груженого угольного скипа $\varphi_{расч.у.гр.1}=20,55^0$ (раздел 3.3).

Для груженого породного скипа $\varphi_{расч.п.гр.2}=3,65^0$ (раздел 3.4).

Величина углового перемещения наиболее выступающей части груженого угольного скипа при $К_б$ =5 в сторону породного скипа

$$\Delta_{у.п.у.гр.1} = S_1 \cdot \cos(\alpha_ч + \varphi_{расч.у.гр.1}) - b_1 = 1526 \cdot \cos(31,6 - 20,55) - 1300 = 198 \text{ мм},$$

где $S_1 = \sqrt{a_1^2 + b_1^2} = \sqrt{800^2 + 1300^2} = 1526$ мм;

$$tg\alpha_4 = \frac{a_1}{b_1} = \frac{800}{1300} = 0,61538; \quad \alpha_4 = 31,6^0;$$

$\varphi_{расч.у.гр.1}=20,55^0$ - см.раздел 3.3.

Величина углового перемещения наиболее выступающей части груженого породного скипа при $К_б$ =1 в сторону угольного скипа

$$\Delta_{у.п.п.гр.з} = S_3 \cdot \cos(\alpha_5 - \varphi_{расч.гр.1}) - b_3 = 1215 \cdot \cos(33,76 - 3,65) - 1010 = 41 \text{ мм},$$

где $S_3 = \sqrt{a_3^2 + b_3^2} = \sqrt{675^2 + 1010^2} = 1215$ мм;

$$tg\alpha_5 = \frac{a_3}{b_3} = \frac{675}{1010} = 0,66832; \quad \alpha_5 = 33,76^0;$$

$\varphi_{расч.гр.I} = 3{,}65^0$ - см.раздел 3.4.

Величина поступательных перемещений угольного и породного скипов при скорости движения, превышающей 10 м/с - $\Delta_{п.п.с}$=110 мм (см.раздел 3.6).

Величина перемещения угольного скипа

$$\Delta_{п.с.у.} = \Delta_{у.п.у.гр.I} + \Delta_{п.п.с.} = 198 + 110 = 308 \text{ мм}.$$

Величина перемещения породного скипа

$$\Delta_{п.с.п.} = \Delta_{у.п.п.гр.в} + \Delta_{п.п.с.} = 41 + 110 = 151 \text{ мм}.$$

Проектный зазор между наиболее выступающими частями угольного и породного скипа

$$\Delta_{о.у.п.} = \Delta_{п.с.у.} + \Delta_{п.с.п.} + \Delta_{г.} = 308+151+50 = 509 \text{ мм},$$

где $\Delta_{г.}$=50 мм - гарантированный зазор (см.раздел 4.4"Норм безопасности...").

Расстояние между осями угольного и породного скипов

$$L_{ск.у.п.} = b_1 + b_3 + \Delta_{о.у.п} + 2R_н = 1300+1010+509+2\cdot80 = 2979 \text{мм}$$

Это расстояние может быть уменьшено, так как реальный зазор при смещенном расположении осей скипов угольного и породного подъемов (см.рис.5) значительно превышает расчетный.

Расстояние между осями скипов угольного и породного подъемов принимается $L_{ск.у.п.}$ = 2800 мм.

3.9. Определение зазора между подъемными сосудами и крепью ствола в середине длины канатного проводника и выбор диаметра ствола (см.рис.2).

Величина проектного зазора между наиболее выступающими частями подъемных сосудов и крепью ствола определяется по формуле (2.1) "Норм безопасности..."

$$C_{с.} = \Delta_{г.} + \Delta_{п.с.} + \Delta_{г.с.} + \sqrt{\Delta^2_{к.б.} + \Delta^2_{с.с.} + \Delta^2_{д}} = 50+110+$$
$$+\sqrt{120^2 + 80^2 + 58^2} = 315 \text{ мм},$$

где $\Delta_{г}$=50 мм - см.раздел 4.4 "Норм безопасности...";

$\Delta_{п.с.}$ - проекция максимально возможной величины перемещений подъемного сосуда на радиальное направление определена в разделах 3.6, 3.7 и 3.8, однако угловые перемещения сосудов при принятой компоновке (см.чертеж Н.2529--I26-I) практически не влияют на зазоры между сосудами и крепью ствола. Поэтому величина $\Delta_{п.с.}$ может быть принята равной величине поступательных перемещений скипов

$\Delta_{п.с.}=\Delta_{п.п.с.}$=II0 мм (см.раздел 3.6);

$\Delta_{г.с.}$=0 -для ствола пройденного в ненарушенном массиве (см.раздел 4.4 "Норм безопасности...");

$\Delta_{к.б.}$ - максимальная величина перемещения канатных проводников, вызываемая креном башенного копра, вычисляется по формуле(4.I0) "Норм безопасности..."

$$\Delta_{к.б.с.}=0{,}004\, h_{с.}\,\frac{L_{с.}-(h_{с.}+\ell_{п.с.})}{L_{с.}}=0{,}004\cdot 60\,\frac{I300-(60+590)}{I300}=$$

= 0,I2 м = I20 мм,

где $h_{с.}$=60 м - высота горизонта подвеса канатных проводников в копре от нулевой площадки;

$L_{с.}$=I300 м - длина отвеса канатного проводника;

$\ell_{п.с.}$ - расстояние от нулевой площадки до середины длины канатного проводника

$$\ell_{п.с.}=\frac{L_{с.}}{2}-h_{с.}=\frac{I300}{2}-60=590\text{ м};$$

$\Delta_{с.с.}$ - допускаемое отклонение стенок крепи ствола по радиусу от центра ствола; определяется по формуле (4.II) "Норм безопасности..."

$$\Delta_{с.с.}=50+0{,}05\,\ell_{п.с}=50+0{,}05\cdot 590=80\text{ мм};$$

$\Delta_{р}$ - погрешность положения точек подвеса канатных проводников относительно оси ствола и допускаемое отклонение оси системы проводниковых канатов от вертикального положения. Определяется по формуле (4.I2)"Норм безопасности..."

$$\Delta_{р.}=\sqrt{50^2+(0{,}05\cdot\ell_{п.с.})^2}=\sqrt{2500+(0{,}05\cdot 590)^2}=58\text{ мм}.$$

Зазор между подъемными сосудами и крепью ствола $\delta_{с.}$=315 мм меньше минимально допустимого для ствола глубиной 1300 м. В соответствии с рекомендацией раздела 2.2.1 "Норм безопасности..." зазор между подъемными сосудами и крепью ствола принимается $\delta_{с.}$ = 350 мм.

По определенным в разделах 3.6, 3.7 и 3.8 расстояниям между различными сосудами в скиповом стволе графическим способом определяется взаимное расположение угольного и породного подъемов в окружности минимального радиуса. Величина этого радиуса $R \approx 3080$ мм. Минимальный радиус крепи ствола

$$R_{min} = R + \delta_{с.} = 3080 + 350 = 3430 \text{ мм.}$$

Диаметр ствола при принятой компоновке сосудов принимается D = 7000 мм.

4. Определение зазоров в клетевом стволе (см.рис.6 и 7)

4.1. Исходные данные.

4.1.1. Назначение ствола - транспортировка людей и материалов.

4.1.2. Глубина ствола - $H_{к.}$ = 1200 м.

4.1.3. Скорость воздушной струи в стволе - $v_{в.к.}$=8 м/с.

4.1.4. Высота горизонта подвеса канатных проводников в копре - $h_{к.}$ = 50 м.

4.1.5. Длина отвеса канатного проводника - $L_{к.}$ = 1270 м.

4.1.6. Тип клети - 2КН4-2.

4.1.7. Число этажей в клети - 2.

4.1.8. Вес груза (масса) в клети - $Q_{г.к.}$=92186 Н(9400 кг).

4.1.9. Вес (масса) клети - $Q_{к.}$=91147 Н (9600 кг).

4.1.10. Максимальная скорость клети - $v_{к.}$=12 м/с.

4.1.11. Головной канат - $d_{г.к.}$-33,0-Г-1-Н-1372 ГОСТ 7668-80.

4.1.12. Вес (масса) 1 пог.м. головного каната $p_{г.у.}$ = =40,7 Н/м (4,155 кг/м).

4.1.13. Количество головных канатов - $n_{г.к.}$ = 4 шт.

4.1.14. Уравновешивающий канат - $d_{у.к.}$ - 45,5-Г-I-Н-I372 ГОСТ 3088-80.

4.1.15. Вес (масса) I пог.м. уравновешивающего каната $\rho_{у.к.}$ = 85,8 Н/м (8,75 кг/м).

4.1.16. Количество уравновешивающих канатов - $n_{у.к.}$=2 шт.

4.1.17. Проводниковый канат - см.3.1.16, 3.1.17 и 3.1.18.

4.1.18. Вес (масса) противовеса - $Q_{пр.к.}$=140240 Н(14300 кг).

4.2. Определение массы натяжного груза (на I проводниковый канат).

Величина натяжения канатного проводника в нижнем его сечении должна быть не ниже величины, определяемой по формуле (2.4) "Норм безопасности..."

$$Q_{нат.мин.к.}=A(L_0-L_к)\ln\frac{L_0}{L_0-L_к}=125(2566-1270)\ln\frac{2566}{2566-1270}=$$

= 110556 Н (11287 кГс),

где A=125 Н/м и L_0=2566 м - см.раздел 3.2;

$L_{к.}$=1270 м - длина отвеса проводникового каната.

Расчетный запас прочности проводникового каната

$$n_{ф.к.}=\frac{Q_{разр.}}{Q_{нат.мин.к.}+Q_{кан.к.}}=\frac{1785000}{110656+14574}=6,91,$$

где $Q_{разр}$=1785000 Н (182070 кГс) -суммарное разрывное усилие всех проволок каната;

$$Q_{кан.к.}=L_к\cdot\rho_п=1270\cdot116,2=14574\text{ Н (1505 кГс)},$$

где $\rho_п$= 116,2 Н/м(11,85 кГс/м) - вес I пог.м.смазанного каната.

Расчетный запас прочности проводникового каната, превышающий допустимый n =6, дает возможность увеличить натяжение каната в нижнем его сечении,что уменьшает величину угловых перемещений сосудов. Величина этого натяжения определяется из выражения

$$Q_{нат.к.} = \frac{Q_{разр.}}{n} - Q_{кан.к.} = \frac{1785000}{6} - 147574 = 149926 \text{ Н (15292 кгс)}.$$

Масса натяжного груза

$$Q_{гр.к.} = 0{,}102\ Q_{нат.к.} = 0{,}102 \cdot 149926 = 15292 \text{ кг}.$$

4.3. Определение номинальных и расчетных углов поворота груженой клети в середине длины канатного проводника (см.раздел 4.1 "Норм безопасности..." и рис.8 и 9).

Величина крутящего момента, передаваемого от головных канатов к груженой клети, определяется из выражения

$$M_{кр.к.} = C \cdot K \cdot d_{г.к.} \cdot Q_6 = 0{,}8 \cdot 0{,}092 \cdot 33 \cdot 10^{-3} \cdot 73075 = 177{,}5 \text{ Н.м (18,1 кГс.м)},$$

где $C=0{,}8$ – коэффициент результирующего момента, показывающий, какая часть крутящего момента передается сосуду из-за неравномерного распределения нагрузки между головными канатами людских и грузо-людских подъемных установок;

$K=0{,}092$ – коэффициент упругой связи, величина которого определяется конструкцией головных канатов и приведена в табл.4.1 "Норм безопасности...";

$d_{г.к.}=33 \cdot 10^{-3}$ м – диаметр головного каната;

Q_6 – осевое растягивающее усилие, приходящееся на один головной канат от груженой клети

$$Q_6 = \frac{Q_к + Q_{г.к.} + 0{,}5 \cdot Q_{у.к.}}{n_{г.к.}} = \frac{94147 + 92186 + 0{,}5 \cdot 217932}{4} =$$

$= 73075$ Н (7454 кГс),

где $Q_к = 94147$ Н (9600 кГс) – вес клети;

$Q_{г.к.} = 92186$ Н (9400 кГс) – вес груза в клети;

$Q_{у.к.} = \rho_{у.к.} \cdot L_к \cdot n_{у.к.} = 85{,}8 \cdot 1270 \cdot 2 = 217932$ Н (22229 кГс),

где $L_к = 1270$ м – длина уравновешивающего каната;

$n_{г.к.} = 4$ шт. – количество головных канатов;

$n_{у.к.} = 2$ шт. – количество уравновешивающих канатов.

Момент сопротивления вращению системы "подъемный сосуд - гибкая армировка" находим из выражения (рис.4.I,а "Норм безопасности"..")

$$M_{сопр.к.} = 4K_{п.min.к.} \cdot S_в^2 \cdot \sin\varphi_к = 4 \cdot 698{,}4 \cdot I{,}79^2 \cdot \sin\varphi_к = 895I \sin\varphi_к,$$

где в соответствии с формулой (4.3) "Норм безопасности..." коэффициент сопротивления канатного проводника поперечному усилию

$$K_{п.min.к.} = \frac{Q_{нат.к.} \cdot \alpha_к \cdot \ell n(I + \alpha_к)}{L_к \ell n \frac{I + \alpha_к}{I + \alpha_к \xi_I} \ell n(I + \alpha_к \cdot \xi_I)} =$$

$$= \frac{I49926 \cdot 0{,}984 \cdot \ell n(I + 0{,}984)}{I270 \ \ell n \frac{I + 0{,}984}{I + 0{,}984 \cdot 0{,}5} \ \ell n(I + 0{,}984 \cdot 0{,}5)} = 698{,}4 \text{ Н/м } (7I{,}2 \text{ кГс/м}),$$

где $Q_{нат.к.}$ =I49926 Н (I5292 кГс) - см.раздел 4.2;

$\alpha_к = \frac{\rho_п \cdot L_к}{Q_{нат.к.}} = \frac{II6{,}2 \cdot I270}{I49926} = 0{,}984$ - коэффициент массивности канатного проводника. См.формулу (4.4) "Норм безопасности...";

$\rho_п$ =II6,2 Н/м(II,85 кГ/м) - вес одного пог.м.проводникового каната;

ξ_I = 0,5 - относительное расстояние от точки приложения внешних сил к канатному проводнику до натяжного груза (середина ствола);

$S_в = \sqrt{a_в^2 + б_в^2} = \sqrt{800^2 + I600^2}$ =I789 мм =I,79 м - расстояние от канатных проводников до центра клети (см.рис.9).

Таким образом,при условии, что $M_{кр.к.} = M_{сопр.к.}$, номинальный угол поворота груженой клети вокруг вертикальной оси составит

$$\sin\varphi_к = \frac{M_{кр.к.}}{895I} = \frac{I77{,}5}{895I} = 0{,}02; \qquad \varphi_к = I{,}I5^0.$$

Расчетный угол поворота груженой клети при $K_б = 5$

$$\varphi_{расч.к.1} = K_д \cdot K_б \cdot \varphi_к = 1{,}5 \cdot 5 \cdot 1{,}15 = 8{,}6^0 ,$$

где $K_д = 1{,}5$ – коэффициент динамичности;
$K_б = 5$ – коэффициент безопасности.

Расчетный угол поворота груженой клети при $K_б = 1$

$$\varphi_{расч.к.2} = K_д \cdot \varphi_к = 1{,}5 \cdot 1{,}15 = 1{,}7^0 .$$

4.4. Определение номинального и расчетного углов поворота противовеса в середине канатного проводника (см.рис.8).

$M_{кр.пр.к.} = C \cdot K \cdot d_{г.к.} \cdot Q_7 = 0{,}8 \cdot 0{,}092 \cdot 33 \cdot 10^{-3} \cdot 62302 = 1511{,}3$ Н.м (154 кГ·см),

где $C = 0{,}8$; $K = 0{,}092$; $d_{г.к.} = 33 \cdot 10^{-3}$ м – см.раздел 4.3;

$$Q_7 = \frac{Q_{пр.к.} + 0{,}5 \cdot Q_{у.к.}}{n_{г.к.}} = \frac{140240 + 0{,}5 \cdot 217932}{4} = 62302 \text{ Н } (6355 \text{ кГ}\cdot\text{с});$$

$Q_{пр.к.} = 140240$ Н (14300 кГс) – вес противовеса;

$Q_{у.к.} = 217932$ Н и $n_{г.к.} = 4$ – см.раздел 4.3;

$M_{сопр.пр.к.} = 4 \cdot K_{п.min.к.} \cdot S_9^2 \cdot \sin\varphi_{пр.к.} = 4 \cdot 698{,}4 \cdot 0{,}946^2 \sin\varphi_{пр.к.} =$

$= 2500 \sin\varphi_{пр.к.}$,

где $K_{п.min.к.} = 698{,}4$ Н/м – см.раздел 4.3;

$S_9 = \sqrt{a_9^2 + b_9^2} = \sqrt{200^2 + 925^2} = 946$ мм $= 0{,}946$ м – расстояние от канатных проводников до центра противовеса (см.рис.8).

При условии, что $M_{кр.пр.к.} = M_{сопр.пр.к.}$, номинальный угол поворота противовеса вокруг вертикальной оси составит

$$\sin\varphi_{пр.к.} = \frac{M_{кр.пр.к.}}{2500} = \frac{151}{2500} = 0{,}0604; \quad \varphi_{пр.к.} = 3{,}46^0 .$$

Расчетный угол поворота противовеса при $K_б = 5$

$$\varphi_{расч.пр.к.I} = K_g \cdot K_б \cdot \varphi_{пр.к.} = 1{,}5 \cdot 5 \cdot 3{,}46 = 25{,}95^0.$$

Расчетный угол поворота противовеса при $K_б = I$

$$\varphi_{рас.пр.к.2.} = K_g \cdot \varphi_{пр.к.} = I{,}5 \cdot 3{,}46 = 5{,}I9^0.$$

4.5. Определение величины зазора и расстояния между осями клети и противовеса в середине длины канатного проводника (см.рис.8).

Величина углового перемещения наиболее выступающей части груженой клети при $K_б = 5$ (в пределах габарита противовеса)

$$\Delta_{у.п.к.I} = 2 \cdot S_{13} \cdot \sin \frac{\varphi_{расч.к.I}}{2} \cos \cdot \left(\alpha_g + \frac{\varphi_{расч.к.I}}{2}\right) =$$

$$= 2 \cdot I028 \cdot \sin \frac{8{,}6}{2} \cdot \cos (54{,}02 + \frac{8{,}6}{2}) = 8I \text{ мм};$$

$$S_{13} = \sqrt{a_{13}^2 + b_{13}^2} = \sqrt{832^2 + 604^2} = I028 \text{ мм};$$

$\varphi_{расч.к.I} = 8{,}6^0$ – см.раздел 4.3;

$$tg\alpha_g = \frac{a_{13}}{b_{13}} = \frac{832}{604} = I{,}37748; \quad \alpha_g = 54{,}02^0.$$

Величина углового перемещения наиболее выступающей части груженой клети при $K_б = I$ (в пределах габарита противовеса)

$$\Delta_{у.п.к.2} = 2 \cdot S_{13} \cdot \sin \frac{\varphi_{расч.к.2}}{2} \cos \left(\alpha_g + \frac{\varphi_{расч.к.2}}{2}\right) =$$

$$= 2 \cdot I028 \cdot \sin \frac{I{,}7}{2} \cdot \cos (54{,}02 + \frac{I{,}7}{2}) = I8 \text{ мм},$$

где $\varphi_{расч.к.2} = I{,}7^0$ – см.раздел 4.3.

Величина углового перемещения наиболее выступающей части противовеса при $K_б = 5$

$$\Delta_{у.п.п.к.I} = 2 \cdot S_9 \cdot \sin\frac{\varphi_{расч.пр.к.I}}{2} \cos\left(\alpha_7 + \frac{\varphi_{расч.пр.к.I}}{2}\right) =$$

$$= 2 \cdot 946 \sin\frac{25,95}{2} \cdot \cos(I2,2 + \frac{25,95}{2}) = 384 \text{ мм},$$

где $S_9 = 946$ мм - см.раздел 4.4;

$\varphi_{расч.пр.к.I} = 25,95$ - см.раздел 4.4;

$$tg\alpha_7 = \frac{a_9}{b_9} = \frac{200}{925} = 0,2I62I6 \; ; \; \alpha_7 = 12,2^0.$$

Величина углового перемещения наиболее выступающей части противовеса при $K_б = I$

$$\Delta_{у.п.п.к.2} = 2 \cdot S_{I0} \cdot \sin\frac{\varphi_{расч.пр.к.2}}{2} \cos \cdot \left(\alpha_7 + \frac{\varphi_{расч.пр.к.2}}{2}\right),$$

$$= 2 \; 946 \cdot \sin\frac{5,I9}{2} \cdot \cos(I2,2 + \frac{5,I9}{2}) = 83 \text{ мм},$$

где $\varphi_{расч.пр.к.2} = 5,I9^0$ - см.раздел 4.4.

Сумма угловых перемещений клети при $K_б = I$ и противовеса при $K_б = 5$ превышает сумму угловых перемещений клети при $K_б = 5$ и противовеса при $K_б = I$

$$(\Delta_{у.п.к.I} + \Delta_{у.п.п.к.2}) > (\Delta_{у.п.к.2} + \Delta_{у.п.п.к.I}),$$

поэтому при определении зазора между клетью и противовесом принимается большая величина

$$\Delta_{у.п.к.2} + \Delta_{у.п.п.к.I} = I8 + 384 = 402 \text{ мм}.$$

Величина поступательных перемещений клети определяется по формуле (4.8) "Норм безопасности..."

$$\Delta_{п.п.к.} = 50 + 2,5(\vartheta_к + \vartheta_{б.к}) = 50 + 2,5 \cdot (I2 + 8) = I00 \text{ мм},$$

где $\vartheta_к$ = I2 м/с - максимальная скорость клети;
$\vartheta_{в.к.}$ = 8 м/с - скорость воздушной струи в стволе.

Величина поступательных перемещений противовеса при скорости движения, превышающей I0 м/с, составляет $\Delta_{п.п.с.}$=50 мм (см.раздел 4.3 "Норм безопасности...").

Расстояние между осью клети и осью противовеса

$$L_{к.п.} = a_{I3} + a_9 + \Delta_{у.п.к.2} + \Delta_{у.п.п.к.I} + R_н + \Delta_{п.п.к.} +$$

$$+ \Delta_{п.п.с.} + \Delta_г + \Delta_{о.к.} = 832+200+I8+384+80+I00+50+50+I00=I8I4 \text{ мм},$$

где $\Delta_г$=50 мм - гарантированный зазор;
$\Delta_{о.к.}$=I00 мм - дополнительный зазор,при котором допускается отсутствие отбойных канатов(см. пункт 2.I.3 "Норм безопасноти...").

Расчетное расстояние между осью клети и осью противовеса может быть несколько уменьшено, так как реальный зазор между наиболее выступающими частями повернутых клети и противовеса превышает сумму зазоров $\Delta_г + \Delta_{о.к.}$= 50+I00=I50 мм(см.рис.8),поэтому принимается $L_{к.п.}$= I800 мм.

4.6. Определение величины зазора и расстояния между осями клетей смежных подъемов (см.рис.9).

Величина углового перемещения наиболее выступающей части груженой клети при $К_б$ =5 (на расстоянии I600 мм от оси клети)

$$\Delta_{у.п.к.з} = 2 \cdot S_8 \cdot \sin \frac{\varphi_{расч.к.I}}{2} \cdot \cos\left(\alpha_б + \frac{\varphi_{расч.к.I}}{2}\right) =$$

$$= 2 \cdot I789 \sin \frac{8,6}{2} \cos\left(26,57 + \frac{8,6}{2}\right) = 230 \text{ мм},$$

где S_8=I789 мм; $\varphi_{расч.к.I}$ =8,6° - см.раздел 4.3;

$$tg\,\alpha_б = \frac{a_8}{b_8} = \frac{800}{I600} = 0,5; \quad \alpha_б = 26,57°.$$

Величина углового перемещения наиболее выступающей части груженой клети при $K_б$ =I (на расстоянии I600 мм от оси клети)

$$\Delta_{у.п.к.ч} = 2 \cdot S_в \cdot \sin\frac{\varphi_{расч.к.2}}{2} \cos\left(\alpha_в + \frac{\varphi_{расч.к.2}}{2}\right) =$$

$$= 2 \cdot 1789 \cdot \sin\frac{1,7}{2} \cdot \cos\left(26,57 + \frac{1,7}{2}\right) = 47 \text{ мм.}$$

Величина проектного зазора между наиболее выступающими частями клетей смежных подъемов

$$\Delta_{о.к.к.} = \Delta_{у.п.к.з} + \Delta_{у.п.к.ч} + 2 \cdot \Delta_{п.п.к.} + \Delta_г + \Delta_{о.к.} =$$

$$= 230 + 47 + 2 \cdot 100 + 50 + 100 = 627 \text{ мм,}$$

где $\Delta_{п.п.к.}$ = 100 мм – см.раздел 4.5;

$\Delta_г$ = 50 мм – гарантированный зазор;

$\Delta_{о.к.}$ = 100 мм – см.раздел 4.5.

Расстояние между осями клетей

$$L_{к.к.} = 2 \cdot a_в + 2 R_н + \Delta_{о.к.к.} = 2 \cdot 800 + 2 \cdot 80 + 627 = 2387 \text{ мм.}$$

Принимается размер $L_{к.к.}$ = 2400 мм.

4.7. Определение величины зазора между груженой клетью и расстрелом лестничного отделения в середине длины канатного проводника (см.рис.9).

Величина углового перемещения наиболее выступающей части клети при $K_б$ =5 в сторону расстрела лестничного отделения

$$\Delta_{у.п.к.з} = S_{II}\left[\cos(\alpha_в - \varphi_{расч.к.I}) - \cos\alpha_в\right] =$$

$$= 2080\left[\cos(15,9 - 8,6) - 0,96174\right] = 63 \text{ мм,}$$

где $S_{II} = \sqrt{a_н^2 + b_н^2} = \sqrt{570^2 + 2000^2} = 2080$ мм;

$$tg\,\alpha_в = \frac{a_{II}}{b_{II}} = \frac{570}{2000} = 0,285; \quad \alpha_в = 15,9^0;$$

$\varphi_{расч.к.I} = 8{,}6^0$ - см. раздел 4.3.

Величина поступательного перемещения клети

$\Delta_{п.п.к.} = 100$ мм - см.раздел 4.5.

Гарантированный зазор $\Delta_{г.} = 50$ мм.

Проектный зазор между клетью и расстрелом лестничного отделения

$$\Delta_{о.р.} = \Delta_{у.п.к.з} + \Delta_{п.п.к.} + \Delta_{г.} = 63+100+50=213 \text{ мм.}$$

Принимается размер $\Delta_{о.р.} = 350$ мм, так как зазор между сосудом и крепью при глубине ствола свыше 800 м не должен быть менее 350 мм (см. пункт 2.2.I "Норм безопасности...").

4.8. Определение зазора между противовесом и крепью ствола и определение диаметра ствола (см. рис.7 и I0).

Величина проектного зазора между наиболее выступающей частью противовеса и крепью ствола определяется в середине длины канатного проводника по формуле (2.I) "Норм безопасности..."

$$G_к = \Delta_{г.} + \Delta_{п.с.} + \Delta_{г.с.} + \sqrt{\Delta^2_{к.б.к.} + \Delta^2_{с.с.} + \Delta^2_{р.к.}} =$$

$$= 50 + 379 + \sqrt{100^2 + 79^2 + 58^2} \approx 570 \text{ мм,}$$

где $\Delta_{п.с.}$ - проекция максимально возможной величины перемещений противовеса на радиальное направление;

$$R_I = \sqrt{a^2_{14} + b^2_{IV}} = \sqrt{3200^2 + 925^2} = 3331 \text{ мм,}$$

где $a_{14} = \frac{L_{к.к.}}{2} + L_{к.п.} + 200 = \frac{2400}{2} + 1800 + 200 = 3200$ мм;

$$R_2 = \sqrt{a^2_{15} + b^2_{15}} = \sqrt{3584^2 + 744^2} = 3660 \text{ мм,}$$

где $a_{15} = a_{IV} + \Delta_{у.п.п.к.I} = 3200 + 384 = 3584$ мм;

$\Delta_{у.п.п.к.I}$ = 384 - см. раздел 4.5;

$$\beta_{15} = S_9 \cdot \cos(\alpha_7 + \varphi_{расч.пр.к.}) = 946 \cdot \cos(12{,}2 + 25{,}95) = 744 \text{ мм};$$

S_9 = 946 мм - см.раздел 4.4;

$\alpha_7 = 12{,}2^0$ - см.раздел 4.5;

$\varphi_{расч.пр.к.} = 25{,}95^0$ - см.раздел 4.5;

$\Delta_г$ = 50 мм - гарантированный зазор;

$\Delta_{п.с.} = R_2 - R_1 + \Delta_{п.п.с} = 3660 - 3331 + 50 = 379$ мм,

где $\Delta_{п.п.с.}$ = 50 мм - см.раздел 4.3"Норм безопасности...";

$\Delta_{г.с.}$ = 0 - для ствола,пройденного в ненарушенном массиве. См.раздел 2.I "Норм безопасности...";

$\Delta_{к.б.к.}$ - максимальная величина перемещения канатных проводников, вызываемая креном башенного копра,вычисляется по формуле (4.10) "Норм безопасности..."

$$\Delta_{к.б.к.} = 0{,}004 \cdot h_к \cdot \frac{L_к - (h_к + \ell_{п.к.})}{L_к} = 0{,}004 \cdot 50 \cdot \frac{1270 - (50+585)}{1270} =$$

= 0,I м = 100 мм,

где $h_к$ = 50 мм - высота горизонта подвеса канатных проводников в копре от нулевой площадки;

$L_к$ = I270 м - длина отвеса канатного проводника;

$\ell_{п.к.}$ - расстояние от нулевой площадки до середины длины канатного проводника

$$\ell_{п.к.} = \frac{L_к}{2} - h_к = \frac{1270}{2} - 50 = 585 \text{ м};$$

$\Delta_{с.с.к.}$ - допускаемое отклонение стенок крепи ствола по радиусу от центра ствола, определяемое по формуле (4.II) "Норм безопасности..."

$$\Delta_{с.с.к.} = 50 + 0{,}05\,\ell_{п.к.} = 50 + 0{,}05 \cdot 585 = 79 \text{ мм};$$

$\Delta_{р.к.}$ - погрешность положения точек подвеса канатных проводников относительно оси ствола и допускаемое отклонение оси системы проводниковых канатов от вертикального положения, определяемая по формуле (4.I2) "Норм безопасности..."

$$\Delta_{р.к.} = \sqrt{50^2 + (0{,}05\,\ell_{п.к.})^2} = \sqrt{2500 + (0{,}05 \cdot 585)^2} = 58 \text{ мм.}$$

Радиус ствола $R_{к.} = R_{I} + R_{п.} + G_{к.} = 333I + 80 + 570 = 398I$ мм.

Принимается $R_{к.} = 4000$ мм. Диаметр ствола $D_{к.} = 2 \cdot R_{к.} = 2 \cdot 4000 = 8000$ мм.

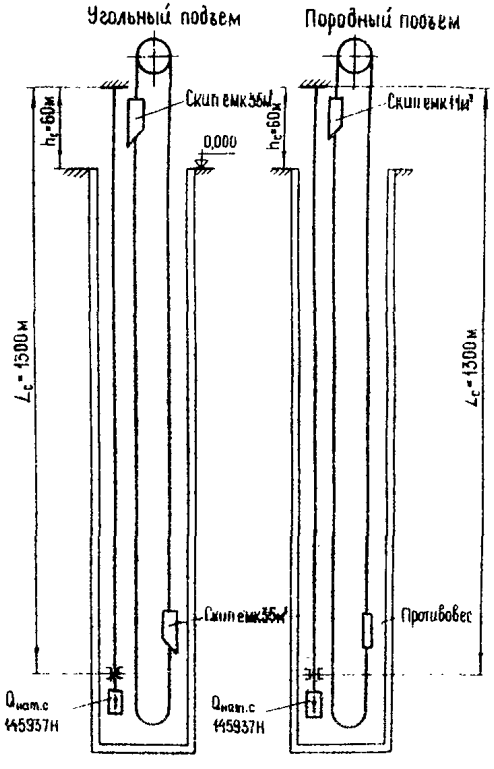

Рис.I. Схема угольного и породного подъемов скипового ствола.

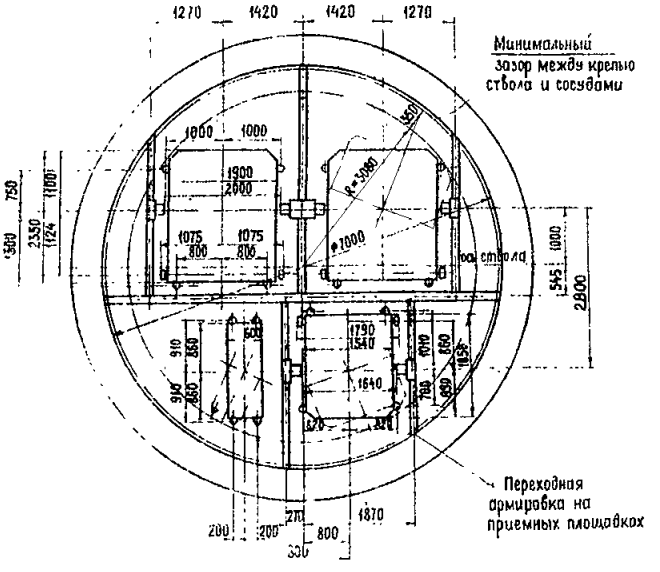

Рис.2 Сечение и армировка скипового ствола.

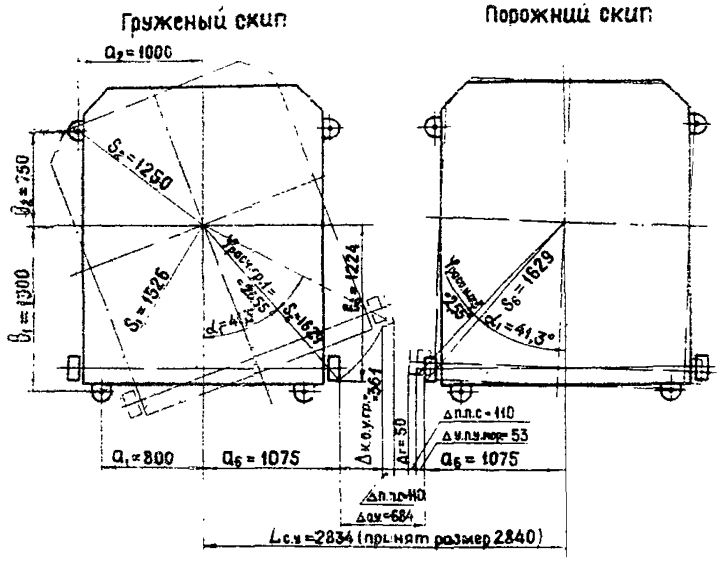

Рис.3. Определение величины зазора и расстояния между осями скипов угольного подъема.

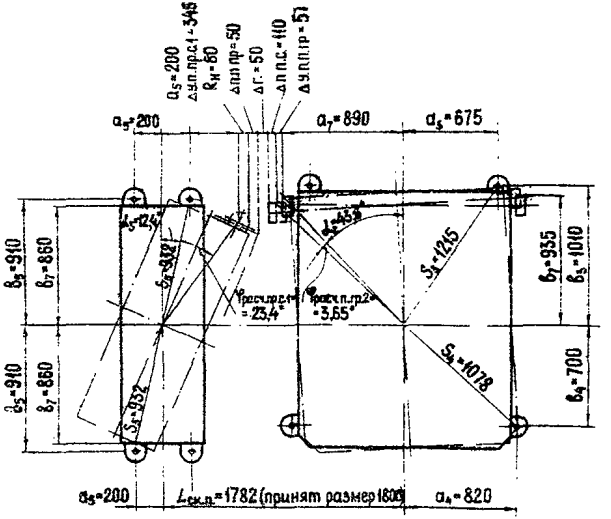

Рис.4. Определение величины зазора и расстояния между осями скипа и противовеса породного подъема.

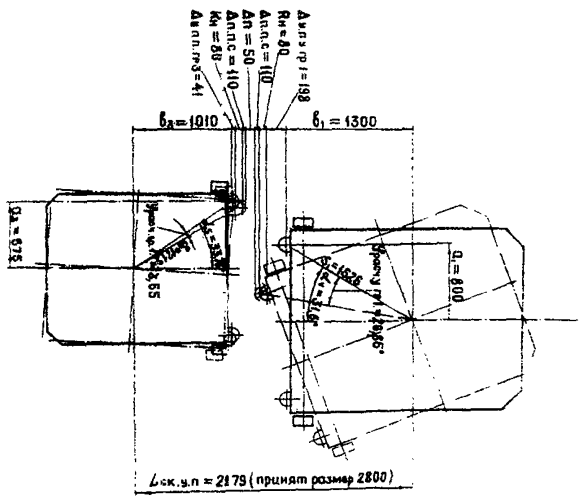

Рис.5. Определение величин зазора и расстояния между осями скипов угольного и породного подъемов.

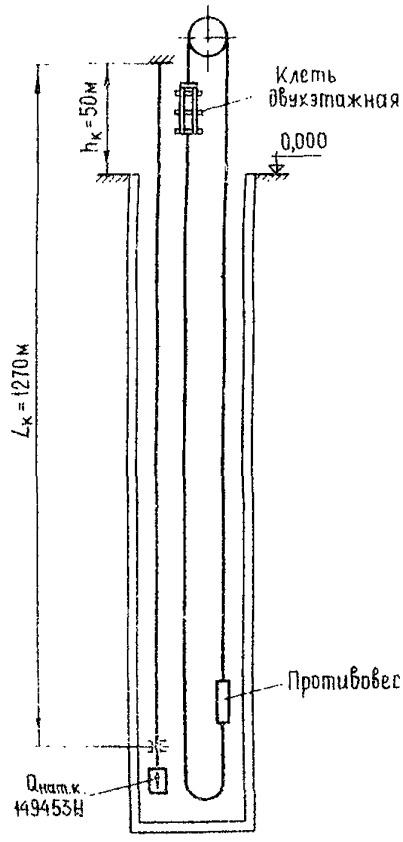

Рис.6. Схема подъемов клетевого ствола.

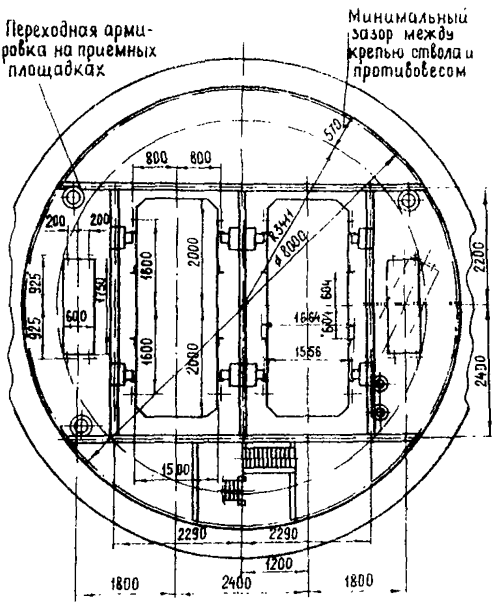

Рис.7. Сечение и армировка клетевого ствола.

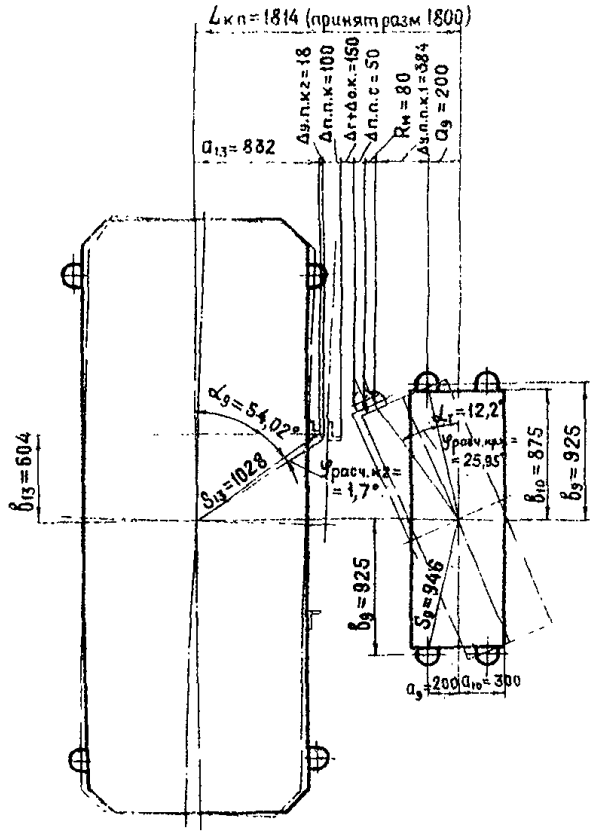

Рис.8. Определение величины зазора и расстояния между осями клети и противовеса.

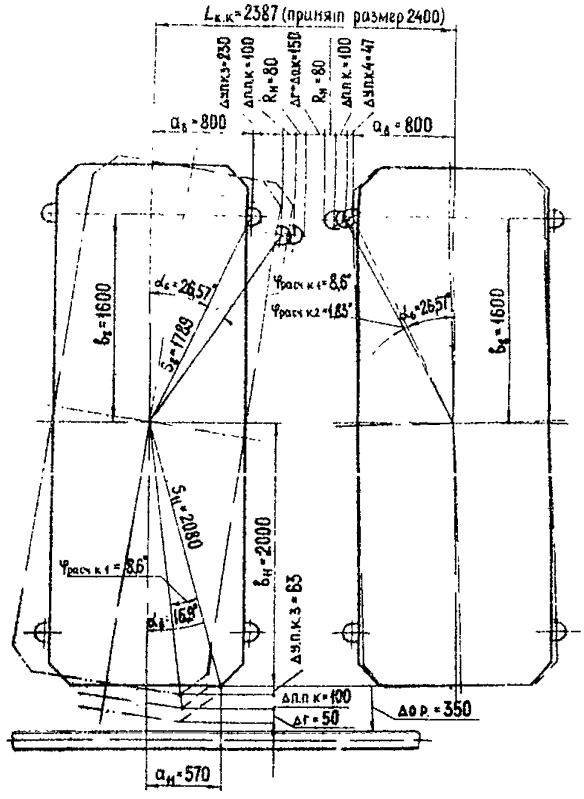

Рис.9. Определение величины зазора и расстояния между осями клетей смежных подъемов.

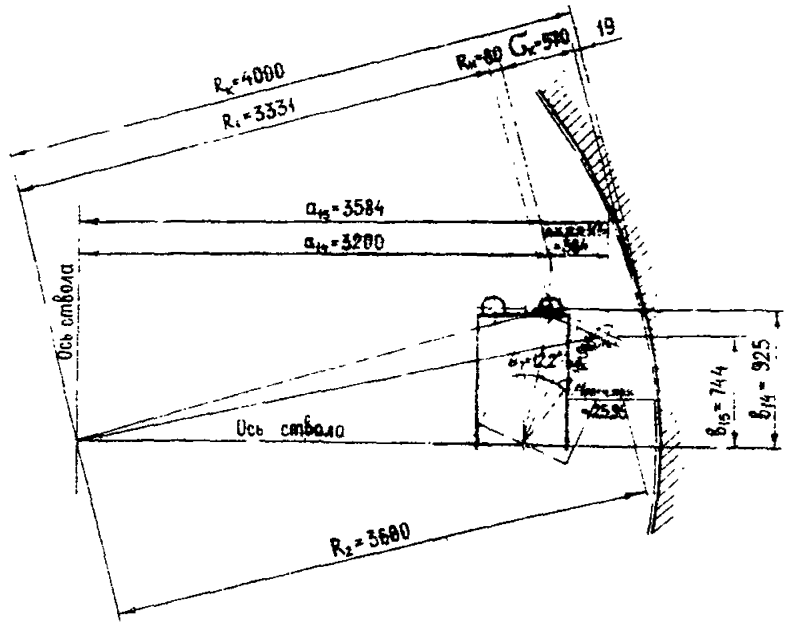

Рис.IO. Определение зазоров между противовесом клети и крепью ствола. Определение диаметра ствола.

Ответственный за выпуск Исеров Б.И.
Ротапринт МакНИИ. Заказ № 71-2300 экз.
Подп. к печати 03.02.83г. БП06715

г.Макеевка Донецкой обл.,Лихачева,60

gost.e-ecolog.ru