

622.25

Ш 30 Н. К. Шафранов, Ф. И. Ягодкин

**КАНАТНАЯ АРМИРОВКА  
ВЕРТИКАЛЬНЫХ  
СТВОЛОВ**



## ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие . . . . .	3
<i>Глава I. Конструктивные элементы и сечения вертикальных стволов с канатной армировкой</i> . . . . .	5
§ 1. Общие сведения . . . . .	6
§ 2. Определение основных параметров сечения ствола . . . . .	11
§ 3. Канатные проводники и отбойные канаты . . . . .	15
§ 4. Способы натяжения канатных проводников и отбойных канатов . . . . .	19
§ 5. Конструктивные решения по креплению канатов на конце и подвеске натяжных грузов . . . . .	26
§ 6. Направляющие устройства . . . . .	32
§ 7. Требования к подъемным канатам . . . . .	34
§ 8. Фиксирующие устройства для верхних, шахтных и промежуточных приемных площадок . . . . .	36
§ 9. Лестничные отделения, размещение и крепление тросопроводов . . . . .	39
§ 10. Типовые сечения вертикальных стволов с канатной армировкой . . . . .	37
<i>Глава II. Производство работ по армированию ствола</i> . . . . .	58
§ 11. Подготовительные работы . . . . .	58
§ 12. Союз и навеска проводниковых и отбойных канатов . . . . .	58
§ 13. Требования техники безопасности . . . . .	60
§ 14. Опыт производства работ . . . . .	61
<i>Глава III. Эксплуатация стволов с канатной армировкой</i> . . . . .	69
§ 15. Технические требования . . . . .	69
§ 16. Замена проводниковых и отбойных канатов . . . . .	71
§ 17. Опыт эксплуатации шахтных стволов с канатной армировкой . . . . .	74
<i>Глава IV. Зарубежный опыт применения канатной армировки</i> . . . . .	90
<i>Глава V. Исследование области рационального применения канатной армировки</i> . . . . .	105
§ 18. Выбор вариантов и методика исследования . . . . .	105
§ 19. Зависимость диаметра сечения ствола с канатной армировкой от глубины . . . . .	116
§ 20. Капитальные затраты . . . . .	117
§ 21. Эксплуатационные расходы и приведенные затраты . . . . .	123
§ 22. Капитальные затраты и эксплуатационные расходы, связанные с вентиляцией шахт . . . . .	128
§ 23. Область рационального применения канатной армировки . . . . .	141
Список литературы . . . . .	144

Асс

622.25

III-30

622.25	34180		
III-30	Шафранов Н.К.		
Канатная артиллерия	ка вертикальных		
стволов	1976	0-34	
2/5-87-617			

Книга должна быть возвращена не позже указанного здесь срока

Количество предыдущих выдач \_\_\_\_\_

2/5-87-617



ИЗДАТЕЛЬСТВО  
 «НЕДРА»  
 Москва  
 1976

34180

МОСКВА  
«НЕДРА»  
1976

Шафранов Н. К., Ягодкин Ф. И. Канатная армировка вертикальных стволов. М., «Недра», 1976 144 с.

В книге изложен опыт проектирования, эксплуатации и сооружения канатной армировки вертикальных стволов шахт. Рассмотрены технологические схемы жесткой и канатной армировки, применяемой в современной отечественной и зарубежной практике. Обобщены материалы исследования и данные практики устройства и эксплуатации канатной армировки шахтных стволов. Особое внимание уделено расчету элементов канатной армировки, экономической эффективности и области ее применения. Рассмотрены отдельные случаи применения канатной армировки в стволах, выполняющих различные функции. Определены основные направления совершенствования канатной армировки и перспективы ее внедрения.

Книга предназначена для инженерно-технических работников, занимающихся проектированием, строительством и эксплуатацией шахт, а также может быть полезна студентам горных вузов.

Табл. 19, ил. 59, список лит. — 32 назв.

Ш  $\frac{30703-528}{043(01)-76}$  281-76

© Издательство «Недра», 1976

**НИКОЛАЙ КОНСТАНТИНОВИЧ ШАФРАНОВ**  
**ФЕЛИКС ИГНАТЬЕВИЧ ЯГОДКИН**  
**КАНАТНАЯ АРМИРОВКА ВЕРТИКАЛЬНЫХ СТВОЛОВ**

Редактор издательства Э. Е. Ненаглядова  
Обложка художника Т. Н. Погорелова  
Художественный редактор О. Н. Зайцева  
Технический редактор О. Ю. Трепенюк  
Корректор С. С. Борисова

Сдано в набор 1/VI 1976 г. Подписано в печать 12/VIII 1976 г. Т-16013  
Формат 84×108<sup>1</sup>/<sub>32</sub>. Бумага № 2. Печ. л. 1,50. Усл. печ. л. 7,56. Уч.-изд. л. 6,84.  
Тираж 2200 экз. Заказ № 841/4753-9. Цена 34 коп.

Издательство «Недра», 103633, Москва, К-12, Третьяковский проезд, 1/19.  
Московская типография № 32 Союзполиграфпрома при Государственном комитете Совета Министров СССР по делам издательства, полиграфии и книжной торговли.  
Москва, К-51, Цветной бульвар, д. 26.

---

## ПРЕДИСЛОВИЕ

---

Основной задачей промышленности в десятой пятилетке является более полное удовлетворение потребностей народного хозяйства и населения в высококачественной продукции, обеспечение технического перевооружения и интенсификации производства во всех отраслях. Для решения этой задачи в горнодобывающей промышленности необходимо дальнейшее ускорение темпов развития средств механизации и автоматизации трудоемких процессов, совершенствование технологии добычи полезных ископаемых, освоение месторождений и участков шахтных полей, залегающих на глубоких горизонтах, значительное увеличение производственной мощности строящихся и реконструируемых шахт. В проектах современных крупных по мощности глубоких шахт произошли принципиальные изменения в схемах вскрытия, подготовки, вентиляции шахтных полей и наметилась тенденция к увеличению числа стволов, проходных для одной шахты на момент сдачи ее в эксплуатацию (с 2—4 до 6—12), и их специализации по выполнению отдельных функций.

Особое место в сооружении ствола шахты занимает армировка. Она представляет собой соединительное звено между стволом и подъемной установкой и оказывает существенное влияние на определение диаметра ствола, стоимости, сроков строительства шахты, основных параметров горных выработок вентиляционной сети, а также на производительность, надежность и экономичность подъемной установки.

В практике шахтного строительства известны два типа армировки вертикальных стволов: жесткая и канатная. Подавляющее большинство стволов шахт в Советском Союзе все еще оборудуются жесткой армировкой. Однако в связи с изменившимися условиями эксплуата-

ции месторождений полезных ископаемых наметилась тенденция к более широкому применению канатной армировки. За последнее десятилетие число действующих подъемных установок, оборудованных армировкой этого типа, возросло до 25. Кроме того, запроектировано или находится в строительстве более 50 подъемных установок, среди которых ряд весьма крупных с полезной грузоподъемностью до 35 т и высотой подъема до 1500 м. Такое расширение применения канатной армировки объясняется тем, что она по сравнению с жесткой позволяет повысить грузоподъемность подъемных сосудов и скорость их движения, не оказывает разрушающего влияния на головные канаты и подъемные сосуды, исключает возможность выхода подъемных сосудов из канатных проводников, значительно снижает аэродинамическое сопротивление ствола, повышает производительность и безопасность эксплуатации всей подъемной установки, более экономична в эксплуатации.

Вместе с тем ее успешному внедрению все еще препятствует ряд факторов, главными из которых следует считать недостаточную изученность ряда теоретических вопросов и техническую проработку и унификацию отдельных узлов и решений.

В настоящей работе обобщен накопленный опыт проектирования, строительства и эксплуатации вертикальных стволов шахт с канатной армировкой, а также приведены материалы исследований области ее рационального применения, выполненных авторами.

Авторы приносят благодарность д-ра техн. наук Е. В. Петренко за ценные советы и замечания, сделанные при подготовке рукописи к печати.

---

## ГЛАВА I

# КОНСТРУКТИВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ И СЕЧЕНИЯ ВЕРТИКАЛЬНЫХ СТВОЛОВ С КАНАТНОЙ АРМИРОВКОЙ

---

### § 1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Канатная армировка применяется в главных, вспомогательных и вентиляционных стволах, оборудованных скиповыми и клетевыми подъемными установками, служащими для выдачи полезного ископаемого, породы, спуска — подъема людей, материалов и оборудования.

Отличительной особенностью канатной армировки является использование для направления движения подъемных сосудов канатов, навешенных по стволу.

К основным конструктивным элементам комплекса армировки вертикального ствола (рис. 1) относятся: канатные проводники 1, отбойные канаты 2, устройства для закрепления канатных проводников и отбойных канатов 3, натяжные устройства для канатов 4, направляющие устройства для подъемных сосудов 5, фиксирующие устройства для подъемных сосудов на промежуточных горизонтах 6, приемных площадках и разгрузочных кривых 7. Кроме указанных элементов в стволах размещаются лестничные отделения, трубопроводы и кабели различного назначения.

Основные вопросы теории равновесия и колебаний подъемных сосудов, движущихся по канатным проводникам, разработаны в трудах В. Д. Белого, Г. Н. Савина, О. А. Горошко, А. И. Самородова. -

Согласно принятым теоретическим представлениям о явлениях [4, 23], происходящих при движении подъемного сосуда по канатным проводникам, поперечные отклонения сосудов вызываются рядом причин, главными из которых являются: кориолисова сила  $P_{\kappa}$ , развиваемая в процессе движения сосуда по шахтному стволу; аэродинамические силы  $P_a$ , действующие на клеть в поперечном направлении; силы от момента, возникающего

ции месторождений полезных ископаемых наметилась тенденция к более широкому применению канатной армировки. За последнее десятилетие число действующих подъемных установок, оборудованных армировкой этого типа, возросло до 25. Кроме того, запроектировано или находится в строительстве более 50 подъемных установок, среди которых ряд весьма крупных с полезной грузоподъемностью до 35 т и высотой подъема до 1500 м. Такое расширение применения канатной армировки объясняется тем, что она по сравнению с жесткой позволяет повысить грузоподъемность подъемных сосудов и скорость их движения, не оказывает разрушающего влияния на головные канаты и подъемные сосуды, исключает возможность выхода подъемных сосудов из канатных проводников, значительно снижает аэродинамическое сопротивление ствола, повышает производительность и безопасность эксплуатации всей подъемной установки, более экономична в эксплуатации.

Вместе с тем ее успешному внедрению все еще препятствует ряд факторов, главными из которых следует считать недостаточную изученность ряда теоретических вопросов и техническую проработку и унификацию отдельных узлов и решений.

В настоящей работе обобщен накопленный опыт проектирования, строительства и эксплуатации вертикальных стволов шахт с канатной армировкой, а также приведены материалы исследований области ее рационального применения, выполненных авторами.

Авторы приносят благодарность д-ра техн. наук Е. В. Петренко за ценные советы и замечания, сделанные при подготовке рукописи к печати.

---

## ГЛАВА I

# КОНСТРУКТИВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ И СЕЧЕНИЯ ВЕРТИКАЛЬНЫХ СТВОЛОВ С КАНАТНОЙ АРМИРОВКОЙ

---

### § 1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Канатная армировка применяется в главных, вспомогательных и вентиляционных стволах, оборудованных скиповыми и клетевыми подъемными установками, служащими для выдачи полезного ископаемого, породы, спуска — подъема людей, материалов и оборудования.

Отличительной особенностью канатной армировки является использование для направления движения подъемных сосудов канатов, навешенных по стволу.

К основным конструктивным элементам комплекса армировки вертикального ствола (рис. 1) относятся: канатные проводники 1, отбойные канаты 2, устройства для закрепления канатных проводников и отбойных канатов 3, натяжные устройства для канатов 4, направляющие устройства для подъемных сосудов 5, фиксирующие устройства для подъемных сосудов на промежуточных горизонтах 6, приемных площадках и разгрузочных кривых 7. Кроме указанных элементов в стволах размещаются лестничные отделения, трубопроводы и кабели различного назначения.

Основные вопросы теории равновесия и колебаний подъемных сосудов, движущихся по канатным проводникам, разработаны в трудах В. Д. Белого, Г. Н. Савина, О. А. Горошко, А. И. Самородова. -

Согласно принятым теоретическим представлениям о явлениях [4, 23], происходящих при движении подъемного сосуда по канатным проводникам, поперечные отклонения сосудов вызываются рядом причин, главными из которых являются: кориолисова сила  $P_k$ , развивающаяся в процессе движения сосуда по шахтному стволу; аэродинамические силы  $P_a$ , действующие на клеть в поперечном направлении; силы от момента, возникающего

в канате под действием осевой растягивающей нагрузки  $P_M$ ; сила, развиваемая в результате неточности установки проводников  $P_Y$ .

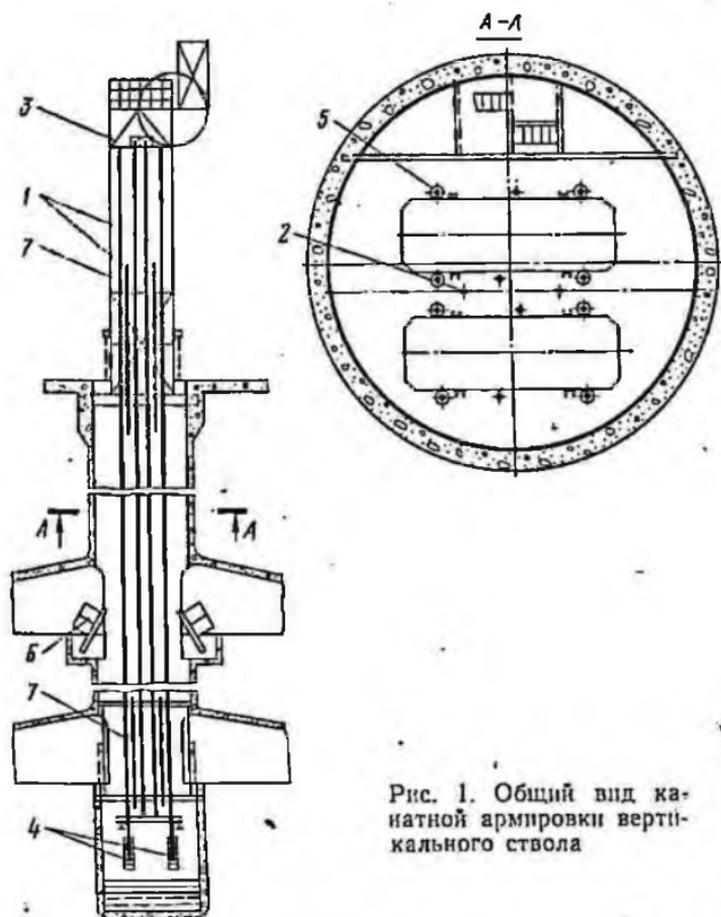


Рис. 1. Общий вид канатной армировки вертикального ствола

Величина максимального усилия, действующего на проводники,

$$P = P_k + P_a + P_M + P_Y, \text{ кгс.} \quad (1)$$

Кориолисова сила является результатом сложного движения подъемного сосуда по стволу, состоящего из движения относительно собственно ствола с некоторой скоростью  $v_c$  и переносного движения, возникающего

вследствие суточного вращения Земли с угловой скоростью

$$\omega = \frac{2\pi}{24 \cdot 60 \cdot 60} = \frac{1}{13700}, \text{ 1/с.}$$

При таком движении подъемный сосуд испытывает дополнительное (кориолисово) ускорение, которое определяется по формуле

$$\bar{\omega}_c = 2\bar{\omega}v_c,$$

где  $\bar{\omega}_c$  — вектор угловой скорости вращения Земли, направленный вдоль ее оси в сторону северного полюса;  $v_c$  — вектор скорости движения подъемного сосуда относительно ствола.

Вектор  $\bar{\omega}_c$  направлен по касательной к соответствующей параллели Земли на запад и его абсолютная величина может быть определена по формуле

$$|\bar{\omega}_c| = \omega_c = 2\omega v_c \sin\left(\varphi + \frac{\pi}{2}\right) = 2\omega v_c \cos \varphi,$$

где  $\varphi$  — географическая широта места расположения шахты.

Кориолисова сила инерции направлена по касательной к параллели на восток. Величина этой силы определяется по формуле

$$P_k = \frac{2Q_k \omega v_c}{g} \cos \varphi, \text{ кгс.}$$

Обозначив  $\frac{2\omega}{g} \cos \varphi$  через  $k_k$ , получим

$$P_k = k_k Q_k v_c, \text{ кгс,} \quad (2)$$

где  $k_k$  — коэффициент, учитывающий географическую широту места расположения шахты, угловую скорость вращения Земли и ускорение силы тяжести, с/м;  $Q_k$  — конечная нагрузка, кгс.

Для условий Донбасса (географическая широта  $48^\circ$ )  $k_k = 1 \cdot 10^{-5}$  с/м.

Аэродинамическая сила, действующая на подъемный сосуд в стволе в результате его взаимодействия с воздушной струей, зависит от скорости движения подъемного сосуда, скорости движения воздушной струи, рас-

положения подъемного сосуда в стволе и определяется по формуле

$$P_a = k_a v_b S_c, \text{ кгс}, \quad (3)$$

где  $k_a$  — коэффициент, учитывающий неравномерность распределения скорости движения воздуха у граней обтекаемого тела, удельный вес воздуха и силу тяжести, который может быть принят равным  $2,2 \cdot 10^{-3}$  кгс·с<sup>2</sup>/м<sup>4</sup>;  $v_b$  — скорость воздушного потока в пространстве между стенками подъемного сосуда и ствола, м/с;  $S_c$  — площадь боковой стенки подъемного сосуда, м<sup>2</sup>.

Сила от крутящего момента, возникающего в головном канате под действием осевой растягивающей нагрузки при симметричном расположении проводников.

$$P_M = \frac{M}{4S_K}, \text{ кгс}, \quad (4)$$

где  $M$  — крутящий момент, передаваемый подъемному сосуду, кгс·м;  $S_K$  — плечо вращения, т. е. расстояние от центра подъемного сосуда в плане до канатного проводника, м (при попарно симметричном расположении проводников  $S_K$  определяется как среднее арифметическое двух плеч).

Крутящий момент для одноканатной подъемной установки

$$M_{OK} = k_c d Q_K, \text{ кгс·м}, \quad (5)$$

где  $k_c$  — коэффициент упругой связи, принимаемый равным  $0,092 \cdot 10^{-3}$  мм для канатов ГОСТ 7668—69;  $d$  — диаметр головного каната, мм.

Величина крутящего момента, передаваемого от головных канатов подъемному сосуду многоканатной подъемной установки,

$$M_{MK} = c_p k_c d Q_K, \text{ кгс·м}, \quad (6)$$

где  $c_p$  — коэффициент результирующего момента, показывающий, какая часть момента передается подъемному сосуду многоканатной подъемной установки из-за неравномерного распределения нагрузки между головными канатами, принимаемый равным 0,175 на основании обработки статистических данных.

Нагрузка от неточности установки проводников

$$P_Y = c_n k_n u, \text{ кгс}, \quad (7)$$

где  $c_n$  — коэффициент, учитывающий взаимное влияние проводников друг на друга;  $k_n$  — коэффициент сопротивления канатного проводника поперечному усилию, кгс/м;  $u$  — величина отклонения канатного проводника от проектного, м.

Согласно исследованиям МакНИИ величина  $c_n=3$ . Величина  $k_n$  определяется по формуле

$$k_n = \frac{\alpha \ln(1+\alpha)}{\ln \frac{1+\alpha}{1+\alpha\xi} \ln(1+\alpha\xi)}, \text{ кгс/м,} \quad (8)$$

где  $\alpha$  — коэффициент массивности каната,

$$\alpha = \frac{qL}{Q_{гр}},$$

$q$  — масса 1 м смазанного проводникового каната, кг;  $L$  — длина канатного проводника, м;  $Q_{гр}$  — масса натяжного груза, кг;  $\xi$  — относительное расстояние от точки приложения внешних сил к проводнику до натяжного груза,

$$\xi = \frac{\sqrt{1+\alpha} - 1}{\alpha}.$$

В соответствии с Временными техническими условиями [8] отклонение от проектного расстояний центров проводниковых канатов между собой и по отношению к центру подъемного каната для верхних точек закрепления допускается  $\pm 5$  мм, а отклонение проводниковых канатов от отвесного положения допускается 10 мм на каждые 100 м глубины ствола.

При расчете нагрузки от неточности установки проводников пренебрегают отклонением для верхних точек, а величину отклонения в нижней части определяют в зависимости от глубины ствола по формуле

$$u = \frac{H_{ств}}{1000} \cdot m,$$

где  $H_{ств}$  — глубина армируемой части ствола, м.

Зависимость между поперечной силой  $P$ , действующей на канатный проводник, и отклонением его в точке приложения силы выражается линейным уравнением

$$p = k_n u. \quad (9)$$

Коэффициент сопротивления проводника поперечному отклоняющему усилию достигает наименьшего значения в сечении, отстоящем от нижнего конца на относительном расстоянии  $\xi$ , и определяется по формуле

$$k_0 = \frac{Q_{гр}}{L} \frac{4\alpha}{\ln(1+\alpha)}, \text{ кгс/м.} \quad (10)$$

Наибольшее отклонение проводника от вертикали под действием силы  $P$  составит

$$u_{\max} = \frac{PL}{4Q_{гр}} \frac{\ln(1+\alpha)}{\alpha}, \text{ м.} \quad (11)$$

Минимальный коэффициент сопротивления отклоняющим усилиям служит критерием эквивалентности канатных проводников различной длины.

Зависимость между длиной канатных проводников и натяжением в нижнем сечении, при выполнении которого проводники будут эквивалентными, выражается формулой

$$Q_{гр} = \frac{k_0}{4} (L_0 - L) \ln \frac{L_0}{L_0 - L}, \text{ кгс,} \quad (12)$$

где  $L_0 = \frac{\sigma_n}{n\gamma}$  — предельная длина проводника, при которой напряжения в верхнем сечении от собственного веса становятся равными допускаемому при принятом пределе прочности материала проволок;  $\sigma_n$  — расчетное временное сопротивление разрыву проволок, кгс/м<sup>2</sup>;  $n$  — запас прочности каната;  $\gamma$  — плотность каната, которая определяется из выражения  $\gamma = q/s$ , кг/м<sup>3</sup>;  $s$  — площадь поперечного сечения всех проволок каната, м<sup>2</sup>.

Необходимое сечение проводника может быть выбрано путем вычисления массы единицы длины проводника по формуле

$$q = \frac{Q_{гр}}{L_0 - L} = \frac{k_0}{4} \ln \frac{L_0}{L_0 - L}, \text{ кг/м.} \quad (13)$$

Выбранный проводник при натяжении грузом  $Q_{гр}$  будет иметь принятые минимальный коэффициент сопротивления  $k_0$  и запас прочности  $n$ .

Если сечение канатного проводника принято не в соответствии с массой единицы длины, а из конструктивных соображений, при определении величины натяжного

груза предельная длина проводника определяется из равенства (13). Для принятого значения  $q=q_1$

$$\ln \frac{L_0}{L_0 - L} = \frac{4q_1}{k_0},$$

откуда

$$L_0 = \frac{L e^{\frac{4q_1}{k_0}}}{e^{\frac{4q_1}{k_0}} - 1}.$$

Подставив эти значения в формулу (12), получим

$$Q_{гр} = \frac{q_1 L}{e^{\frac{4q_1}{k_0}} - 1}, \text{ кгс.} \quad (14)$$

Масса натяжного груза не во всех случаях монотонно увеличивается с возрастанием глубины ствола. В определенных условиях для некоторой глубины масса натяжного груза достигает максимума, а затем с ее увеличением она падает.

Глубина ствола, при которой масса натяжного груза достигает максимального значения, называется критической.

Критическая глубина  $L_{кр}$  определяется из уравнения

$$\frac{dQ_{гр}}{de} = - \frac{k_0}{4} \left( \ln \frac{L_0}{L_0 - L} - 1 \right) = 0,$$

при  $L = L_{кр}$

$$L_{кр} = L_0 \left( 1 - \frac{1}{e} \right) = 0,63 L_0, \text{ м.} \quad (15)$$

При критической глубине масса натяжного груза достигает максимальной величины, которая определяется по формуле

$$Q_{гр \max} = \frac{k_0 L_0}{4e}, \text{ кг.} \quad (16)$$

## § 2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ СЕЧЕНИЯ СТВОЛА

При проектировании канатной армировки руководствуются Временными техническими условиями [8] и нормами на проектирование одноканатных и многока-

натных [9] подъемных установок с канатными проводниками.

Диаметр сечения ствола в свету определяется путем графического построения с учетом размещения подъемных сосудов, противовесов армировки, лестничного отделения, труб, кабелей и затем проверяется по условиям вентиляции (рис. 2).

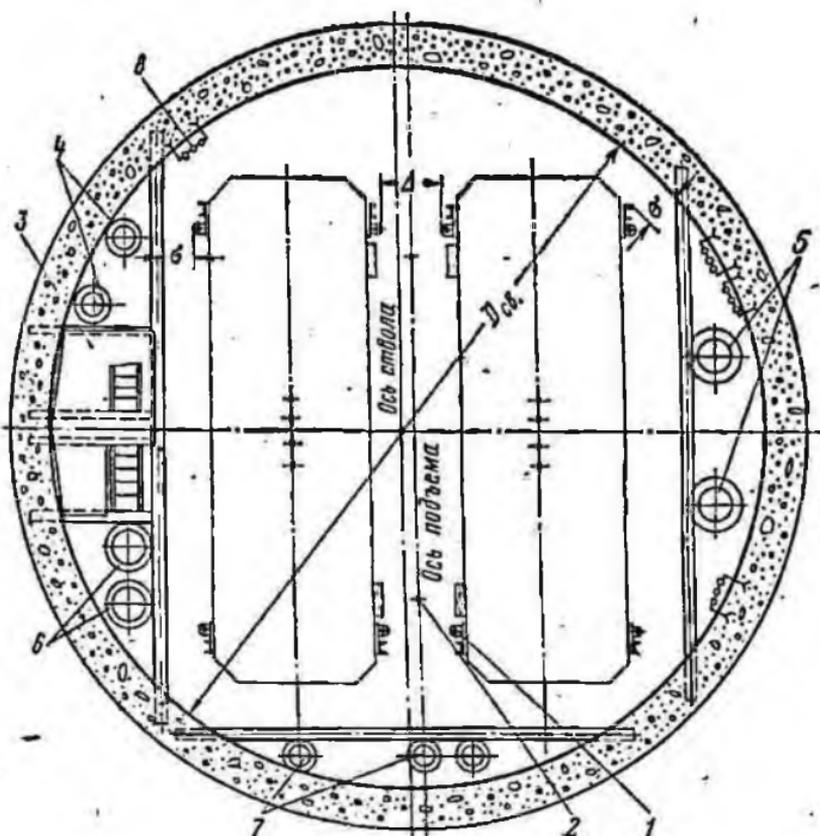


Рис. 2. Размещение оборудования в тчении ствола с канатной армировкой:

1 — канатные проводники; 2 — отбойные калаты; 3 — лестничное отделение; 4 — трубы противопожарного водоснабжения; 5 — трубы кондиционирования; 6 — трубы центрального водоотлива; 7 — трубы сжатого воздуха; 8 — кабели

Конструкция подъемных сосудов, размеры в плане и взаимное расположение их узлов имеют существенное значение для разработки схемы армировки и выбора диаметра ствола.

В проектах современных угольных шахт в качестве подъемных сосудов в стволах применяют скипы емкостью от 5 до 35 м<sup>3</sup> и неопрокидные одноэтажные или двухэтажные клетки на вагонетки емкостью от 0,8 до 5,6 м<sup>3</sup>.

В соответствии с параметрическим рядом скипы с неопрокидным кузовом и секторными затворами делятся на четыре типоразмера в плане (табл. 1).

Таблица 1

Емкость скипов, м <sup>3</sup>	Размеры в плане, мм	
	длина	ширина по раме
5; 7; 9,5 и 11 . . . . .	1850	1540
11; 15; 20 . . . . .	2230	1740
20; 25; 35 . . . . .	2350	1900
20; 25; 35 . . . . .	2800	2000

Конструкции скипов разработаны применительно к боковому двустороннему расположению проводников.

Направление продольных осей скипов в стволе зависит от направления загрузки и разгрузки, которое определяется технологическими схемами, принятыми в околотвальной дворе и на поверхности.

Основные размеры в плане неопрокидных клеток приведены в табл. 2.

Таблица 2

Емкость и тип вагонетки	Размеры в плане, мм		Скосы по углам, мм
	длина	ширина	
ВГ-0,8—ВГ-1,4 . . . . .	2550	1022	90×90
ВГ-1;6 . . . . .	3000	1022	90×90
ВГ-2,5 или ВД-2,5 . . . . .	3600	1400	125×125
ВГ-4,0; ВГ-3,3; ВД-3,3 . . . . .	4000	1500	200×200
ВД-5,6 . . . . .	5200	1650	200×200

Указанные в таблицах размеры подъемных сосудов не характеризуют еще в полной мере их ширину, так как у скипов за пределы их размеров выступают элементы рамы, направляющие устройства, разгрузочные ро-

Линки затворов, а у клетей — стойки металлоконструкций, направляющие устройства и ловители парашютов. Размеры этих узлов должны обязательно учитываться при разработке армировки ствола.

Минимально допустимые расстояния между подъемным сосудом и крепью ствола, а также между движущимися подъемными сосудами одного или двух смежных подъемов рассчитываются по формулам, приведенным в табл. 3.

Таблица 3

Зазор	Минимальная величина зазора, мм		Примечание
	одноканатный подъем	многоканатный подъем	
Между движущимися сосудами одного подъема	$\Delta = 250 + 1,2 Qv$	$\Delta = 200 + Qv$	$Q, Q_1, Q_2$ — максимальные концевые нагрузки, тс $v, v_1, v_2$ — максимальные скорости подъема, м/с
Между движущимися сосудами двух смежных подъемов	$\Delta = 250 + 0,6 (Q_1 v_1 + Q_2 v_2)$	$\Delta = 200 + 0,5 (Q_1 v_1 + Q_2 v_2)$	
Между крепью и подъемным сосудом, между сосудом и расстрелом, между сосудом и деревянной отшивкой	$\sigma = 0,8 \Delta$	$\sigma = 0,8 \Delta$	

Если вычисленные по формуле значения  $\Delta$  превышают для одноканатных подъемных установок 700 мм, а значения  $\sigma$  превышают 500 мм, то допускается принимать зазор между подъемными сосудами равным 700 мм, а между подъемными сосудами и крепью 500 мм.

В любом случае должна быть  $\Delta \geq 300$  мм, а  $\sigma \geq 240$  мм.

Для многоканатных подъемных установок, если вычисленные значения  $\Delta$  и  $\sigma$  превышают величины, приведенные в табл. 4, то в зависимости от назначения подъема и концевой нагрузки допускается принимать зазоры равными максимальным. В любом случае величины этих зазоров не должны быть менее минимально допустимых (табл. 4).

Таблица 4

Зазор	Концевая нагрузка, тс					
	до 50	до 25	от 25 до 37,5	от 37,5 до 50	от 50 до 75	от 75 до 100
	грузовой, людской	грузовой	грузовой	грузовой	грузовой	грузовой
Минимальный зазор $\Delta$ между движущимися сосудами, мм . . . . .	300	300	—	—	—	—
Максимальный зазор $\Delta$ между движущимися сосудами, мм . . . . .	600	450	500	550	600	650
Минимальный зазор $\sigma$ между крепью и подъемным сосудом, мм . . . . .	250	250	—	—	—	—
Максимальный зазор $\sigma$ между крепью и подъемными сосудами, мм . . . . .	500	360	400	450	500	500

Менее жесткие требования к минимально допустимым зазорам для многоканатных подъемных установок объясняются тем, что при их применении практически устраняется возможность поворота подъемного сосуда из-за раскручивания подъемных канатов, так как они навешиваются с таким расчетом, чтобы их крутящие моменты взаимно уравнивались.

### § 3. КАНАТНЫЕ ПРОВОДНИКИ И ОТБойНЫЕ КАНАТЫ

Действующими нормами предусматривается применение для каждого подъемного сосуда четырех канатных проводников. Канатные проводники располагаются симметрично — по два с каждой боковой стороны подъемного сосуда (рис. 3, а) или вдоль длинной наружной стороны на возможно большем расстоянии от подъемного каната (рис. 3, б). Такое расположение проводниковых канатов создает наибольшее противодействие вращению подъемного сосуда, вызываемого раскручиванием подъемного каната.

Допускается для одноканатных подъемных установок с глубиной подъема до 150 м и концевой нагрузкой до 5 тс применение двух-трех канатных проводников.

В случае применения двух канатных проводников их размещают в противоположных по диагонали углах

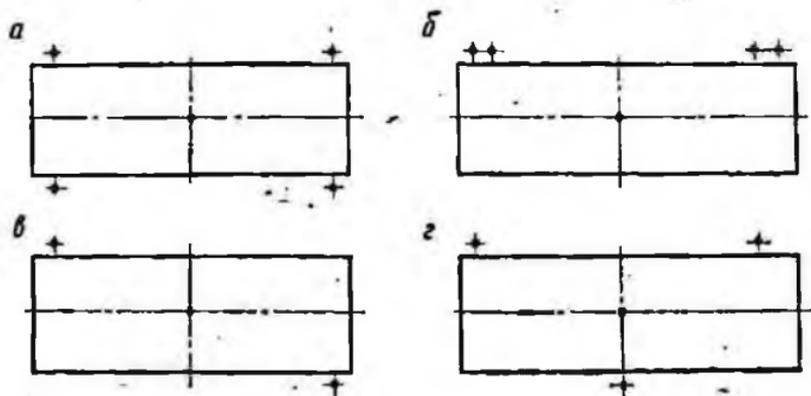


Рис. 3. Схемы расположения канатных проводников относительно подъемного сосуда

подъемного сосуда (рис. 3, в), а в случае применения трех — два размещают вдоль боковой стороны подъемного сосуда, обращенной к крепи ствола, а один на оси симметрии в промежутке между подъемными сосудами (рис. 3, г).

Конструкции проводниковых канатов выбираются такими, чтобы площадь соприкосновения их с направляющими устройствами подъемных сосудов была наибольшей, а проволоки наружного слоя имели наибольшую толщину.

Этим условиям наиболее полно отвечают канаты закрытой конструкции с высотой наружного слоя не менее 5 мм (рис. 4). Эти канаты имеют гладкую поверхность, что придает им высокую износоустойчивость от истирания и устойчивость против внутренней коррозии. Наличие замка во внешнем слое не допускает выскакивания оборванных проволок и заклинивания направляющих устройств подъемного сосуда. Канаты закрытой конструкции обладают большим коэффициентом заполнения, некрутостью под нагрузкой, максимальной

опорной поверхностью, минимальными упругими и остаточными удлинениями. Однако канаты закрытой конструкции с такою высотой проволок наружного слоя в нашей стране не выпускаются.

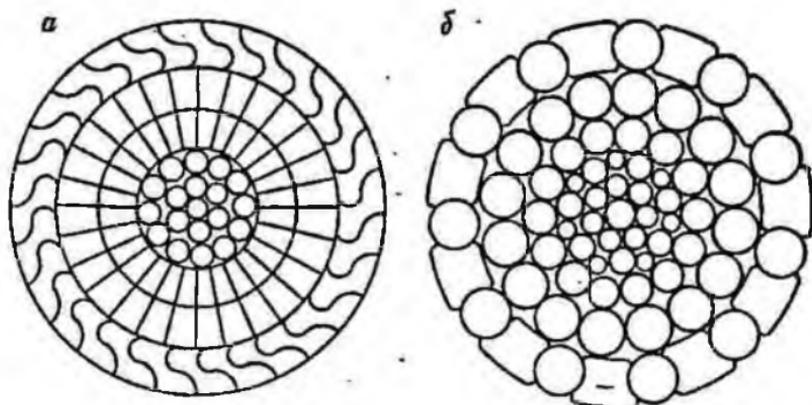


Рис. 4. Спиральные канаты с фасонными проволоками: а — закрытой конструкции; б — полузакрытой конструкции

В отечественной практике для канатных проводников принимаются следующие спиральные канаты закрытой конструкции: с одним слоем зетобразной проволоки (ГОСТ 3090—73); с одним слоем клиновидной и одним слоем зетобразной проволоки (ГОСТ 7576—73); с двумя слоями клиновидной и одним слоем зетобразной проволоки (ГОСТ 7675—73); с одним слоем зетобразной и одним слоем иксобразных проволок (ГОСТ 10506—63).

Диаметр проводниковых канатов должен быть при концевых нагрузках до 25 тс и глубинах ствола до 800 м не менее 32 мм и не менее 38 мм во всех остальных случаях. Запас прочности канатных проводников определяется как отношение суммарного разрывного сопротивления всех проволок каната к нагрузке на канат и собственного веса каната и должен составлять не менее 6 крат.

Применяемые по указанным ГОСТ канатные проводники имеют диаметр от 32 до 45 мм, высоту наружного слоя проволок от 2,6 до 4,6 мм, суммарное расчетное разрывное усилие всех проволок в канате для маркировочных групп по временному сопротивлению разрыву

34180

100—120 кгс/мм<sup>2</sup> — от 66 000 до 241 000 кгс и массу 1 м каната от 5,6 до 14,5 кг. Стоимость 1 м канатного проводника изменяется от 1,62 до 2,0 руб.

Однако отечественные заводы до настоящего времени недостаточно освоили технологию изготовления канатов закрытой конструкции. В результате при их эксплуатации возможен выход из замка зетобразной проволоки с последующим образованием на канате так называемых «кукол». Срок службы таких канатов в среднем не превышает 2—3 лет и лишь в отдельных случаях достигает 5—6 лет. В связи с этим до отработки технологии изготовления канатов закрытой конструкции, имеющих в наружном слое проволоки фасонного профиля высотой не менее 5 мм, допускается по согласованию с органами Госгортехнадзора применение круглопрядных нераскручивающихся канатов крестовой свивки с металлическим сердечником и диаметром наружных проволок не менее 2 мм. При этом рекомендуется применять прядевые канаты из оцинкованной проволоки.

На проходческих и аварийных подъемных установках допускается применять в качестве проводников однослойные некрутящиеся канаты крестовой свивки, имеющие диаметр наружных проволок не менее 2 мм.

На каждой подъемной установке, оборудованной канатными проводниками, навешивается не менее двух отбойных канатов между подъемными сосудами на одинаковом от них расстоянии, которые служат для предупреждения столкновения сосудов между собой при встрече. Если сосуд при развившихся по какой-либо причине боковых колебаниях приблизится к встречному сосуду, то он встретит на своем пути отбойные канаты, которые противодействуют дальнейшему отклонению сосуда и ограждают соседнее отделение ствола.

Для одноканатных подъемных установок при большом расстоянии между подъемными сосудами вопрос об отказе от отбойных канатов должен согласовываться с Госгортехнадзором.

Отбойные канаты могут отсутствовать на людских, грузо-людских и грузовых многоканатных подвесных установках при концевой нагрузке до 40 тс, если расстояние между выступающими частями подъемных сосудов одного или двух смежных подъемов более 600 мм и 800 мм — при концевой нагрузке свыше 40 тс, а также

в случае, когда один из подъемных сосудов движется по канатным проводникам, а другой — по жестким.

В качестве отбойных канатов допускается применять круглопрядные канаты.

Запас прочности отбойных канатов определяется так же, как и канатных проводников. Он не должен составлять менее 5 крат. При этом диаметр отбойных канатов должен быть не менее 40 мм.

Отбойные канаты соприкасаются непосредственно не со стенками сосуда, а со специальными сменными плитами из латуни или с деревянной обшивкой. Эти устройства смягчают удары отбойных канатов по сосуду и предохраняют отбойные канаты и сосуд от повреждений.

Наибольшая амплитуда колебания подъемных сосудов наблюдается в средней части ствола, где иногда происходит их соприкосновение с отбойными канатами. В этих местах отбойные и проводниковые канаты подвергаются преимущественному износу. Кроме того, наибольшему износу проводниковые канаты подвержены у верхней и нижней приемных площадок.

Для продления срока службы канатов при навеске предусматривается некоторый запас их длины на копре, позволяющий периодически перемещать изношенные места за пределы опасной зоны.

#### § 4. СПОСОБЫ НАТЯЖЕНИЯ КАНАТНЫХ ПРОВОДНИКОВ И ОТБойНЫХ КАНАТОВ

Для обеспечения сопротивления боковым усилиям проводниковые и отбойные канаты подвергаются натяжению. Величина их натяжения определяется по формуле (I.12), которая для рекомендуемого нормами значения  $k_0=50$  кгс/м принимает вид

$$Q_{гр} = 12,5(L_0 - L) \ln \frac{L_0}{L_0 - L}, \text{ кгс.} \quad (17)$$

При определении натяжения и выборе диаметра канатного проводника рекомендуется предел прочности проволок каната принимать наименьшим (100—120 кгс/мм<sup>2</sup>), с тем, чтобы выбирался наибольший возможный диаметр проводника для заданных условий. Натяжение каждого отбойного каната должно быть не менее натяжения каждого из канатных проводников.

Чтобы устранить возможность синхронных поперечных раскачиваний проводниковых и отбойных канатов, усилия в них должны быть несколько отличающимися друг от друга. Существуют несколько способов натяжения проводниковых и отбойных канатов при помощи грузов, размещенных в зумпфе ствола или на копре, винтовых домкратов с калиброванными пружинами и гидравлических устройств.

Наибольшее распространение получил способ натяжения проводниковых и отбойных канатов грузами, подвешенными непосредственно к нижнему концу каждого каната в зумпфе. При этом способе натяжения (рис. 5) верхние концы проводниковых и отбойных канатов закрепляются на копре при помощи специальных клиновых коушей 1, а нижние пропускаются через отверстия направляющих втулок 2 специальной рамы 3, установленной в зумпфе ствола. Эти втулки служат опорой для нижних концов канатов. Ниже рамы к концам каждого каната при помощи клиновых коушей крепятся натяжные грузы 4.

Для обслуживания, монтажа и демонтажа натяжных устройств в зумпфе ствола устраиваются вспомогательные площадки 5, а над грузами подъемные приспособления, позволяющие снимать и устанавливать их при замене и регулировке канатных проводников. Расстояние от нижних концов грузов до уровня воды в зумпфе должно быть не менее 1,5 м.

Для возможности изменения веса натяжного груза и удобства монтажа груз составляется из отдельных плит, скрепленных между собой болтами. Часть плит, в свою очередь, делится на части с таким расчетом, чтобы иметь возможность изменять натяжение каната в пределах 10% для ликвидации возможных вибраций (рис. 6). Если расстояние между отдельными канатами не позволяет произвести натяжение каждого каната самостоятельными грузами, то они спариваются на соответствующих траверсах и нагружаются одним грузом. При этом нельзя спаривать проводниковый и отбойный канаты, а также проводники смежных подъемных сосудов. Натяжные грузы для возможности поворота рекомендуется изготавливать цилиндрической формы.

Описанный способ обеспечивает неизменность натяжения проводниковых и отбойных канатов при любых

условиях, но требует дополнительной глубины зумпфа. Дополнительная глубина зумпфа зависит от числа и грузоподъемности подъемных сосудов, глубины ствола, числа проводниковых и отбойных канатов в нем, схемы подвески грузов и колеблется от 3 до 18 м.

При размещении натяжных грузов на поверхности отпадает потребность в дополнительном зумпфе. При

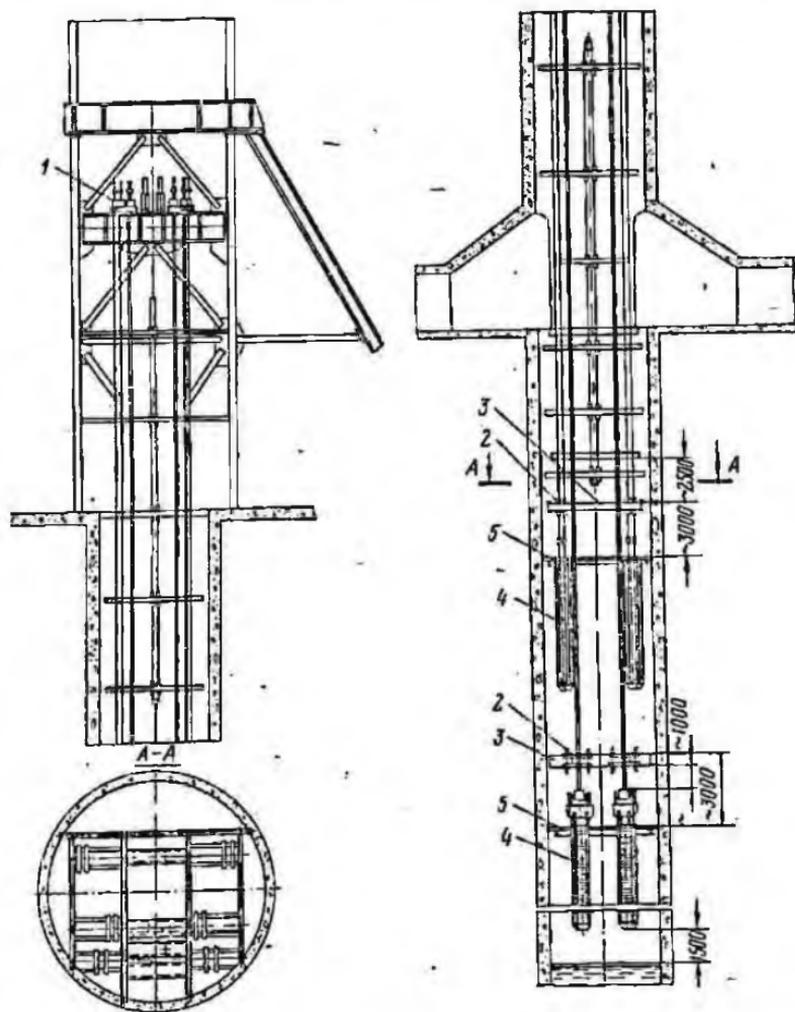


Рис. 5. Натяжение проводниковых и отбойных канатов грузами, размещенными в стволе

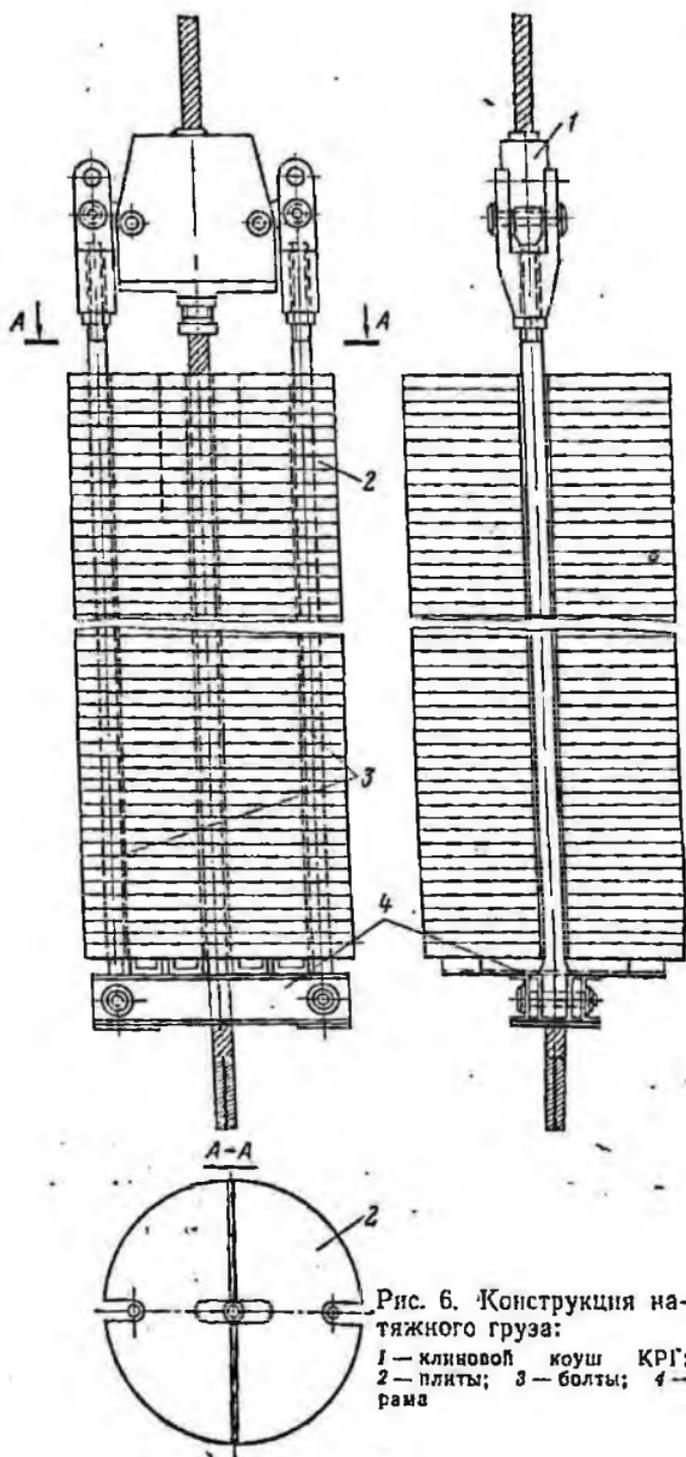


Рис. 6. Конструкция натяжного груза:

1 — клиновой ковш КРГ;  
 2 — плиты; 3 — болты; 4 — рама

этом способе натяжение канатов производится с помощью грузов, подвешенных к рычагам, установленным на копре. Отношение плеч рычагов выбирается в пределах от 1:5 до 1:3, чаще всего 1:4. Нижние концы закрепляются в зумпфе ствола к специальным балкам. Недостатком такой схемы создания натяжения канатов следует считать загромождение копра грузами, висящими над рабочим пространством.

Известна комбинированная система создания натяжения отбойных канатов при помощи грузов, располагаемых в зумпфе ствола, а натяжение проводниковых канатов с помощью грузов, подвешенных к длинным плечам рычагов, установленных на специальных балках на копре.

Громоздкость описанных способов привела к попыткам создания натяжения отбойных и проводниковых канатов с помощью винтовых домкратов с калиброванными пружинами, позволяющими следить за величиной натяжения. Этот простой способ имеет серьезные недостатки: натяжение уменьшается из-за прогрессивного удлинения канатов, вследствие чего требуются постоянный контроль и регулировка натяжения; высокая чувствительность к колебаниям температуры. Благодаря этому применение винтовых натяжных устройств ограничивается малыми подъемными установками.

Заслуживает внимания гидравлическое натяжное устройство для канатных проводников, разработанное институтом Донгипрооргшахтострой [19]. Это устройство (рис. 7) состоит из переносной гидростойки 1 (ГСТ-6), устанавливаемой на балки специальной подшивной площадки копра с помощью кронштейна 2.

Подвижная часть гидростойки упирается в верхнюю траверсу 3, с которой верхней частью связаны две тяги 4, имеющие по два ряда отверстий с шагом 80 мм для фиксации хода натяжения. Нижние концы тяг 4 соединены с нижней траверсой 5, на которой устанавливается коуш 6. Тяги фиксируются при помощи пальцев 7. Канат соединяется с коушем с помощью жимков 8.

Первоначально подвижная часть гидростойки находится в нижнем положении. Тяги опущены так, чтобы был выдержан зазор между коушем и балкой подшивной площадки 1500 мм. Затем включается гидроподъем

Рис. 7. Гидравлическое устройство для натяжения канатных проводников.

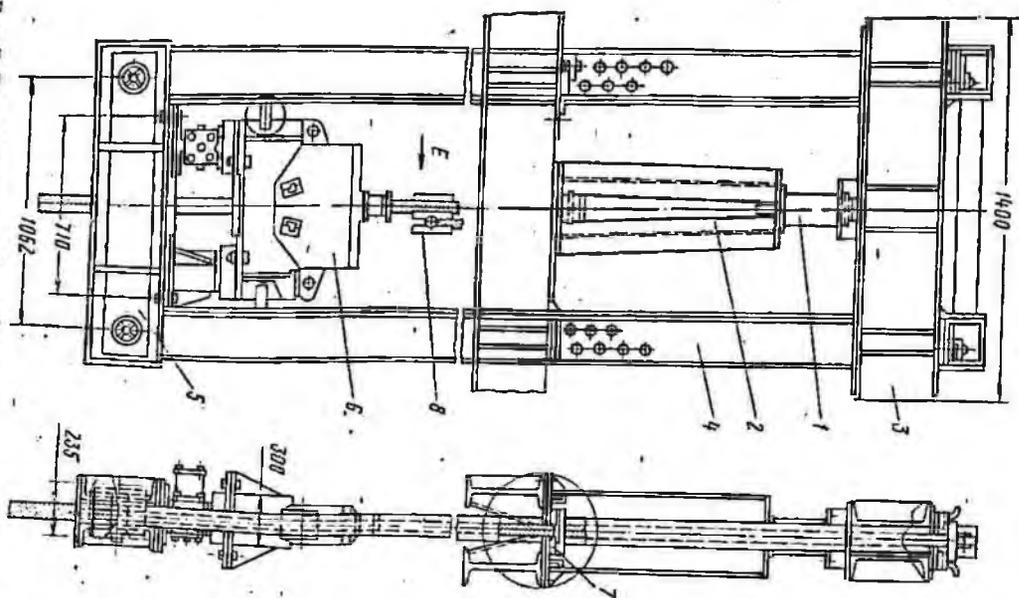


Таблица 5

Шахта, ствол	Диаметр ствола, м	Глубина ствола, м	Число подземных сосудов	Число направляющих накатов	Величина нагрузки в нижнем сечении, кгс	Место расположения натяжных грузов	Стоимость натяжения канатов груза, руб.	Стоимость натяжения канатов устройства, руб.	Экономия, руб.
№ 3-бис, воздухоподающий . . . . .	5,5	640	Две клетки	8	6 800	Копер	33 143	28 215	4 928
Октябрьский рудник, воздухоподающий . . . . .	5	1000	То же	8	10 305	То же	122 285	67 487	54 798
«Красноармейская-Капитальная», воздухоподающий № 3	6,5	1070	»	8	10 008	Зумпф	105 218	95 423	9 795
№ 21-бис, скиповой . . . . .	7,5	914	Одна бадья	2	8 910	То же	9 926	7 111	2 815
№ 21-бис, западный вентиляционный . . . . .	6	1340	То же	2	10 070	»	12 937	9 857	3 080
Итого: . . . . .							283 509	208 093	75 416

до требуемой величины натяжения или до подъема на 500 мм. После подъема верхней траверсы на 500 мм в случае недостаточной величины натяжения производят второй цикл натяжения. Для этого тяги фиксируются при помощи пальцев на балках подшивной площадки, после чего с помощью гидростойки опускают верхнюю траверсу в нижнее положение, фиксируют ее и натяжение повторяют.

В случае необходимости можно осуществить и третий цикл натяжения каната аналогичным образом. Если же этого окажется недостаточно, то производят перепанцировку каната на коуше, предварительно закрепив его на нулевой раме. После окончания натяжения одного каната гидростойка переносится и поочередно осуществляется натяжение каждого каната в отдельности. Максимальное натяжение каната достигает 20 тс. Максимальная длина вытяжки без перепанцировки, каната 1,5 м. Масса натяжного устройства 885 кг.

Контроль величины натяжения канатов осуществляется при помощи датчиков трансформаторного типа. Датчики устанавливаются на копре. В здании подъемной машины размещается пункт ограничения натяжения канатов, приборы, показывающие натяжение канатов, и пульт управления. На пульт управления подъемной машины выносятся сигнальная сирена и выключатель.

Описанное гидравлическое устройство по сравнению с применением грузов для натяжения канатов не требует дополнительной глубины зумпфа, значительно дешевле и практически может быть использовано во всех случаях применения канатной армировки. Экономический эффект, полученный от внедрения этого устройства на пяти шахтах Донецкого бассейна, приведен в табл. 5.

#### **§ 5. КОНСТРУКТИВНЫЕ РЕШЕНИЯ ПО КРЕПЛЕНИЮ КАНАТОВ НА КОПРЕ И ПОДВЕСКЕ НАТЯЖНЫХ ГРУЗОВ .**

Канатные проводники крепят на усиленном поясе копра с помощью специальных клиновых устройств. Ранее для этой цели применяли клиновые муфты. Прово-

локи расчаленного конца каната зажимались в корпусе муфты металлическими клиньями (рис. 8).

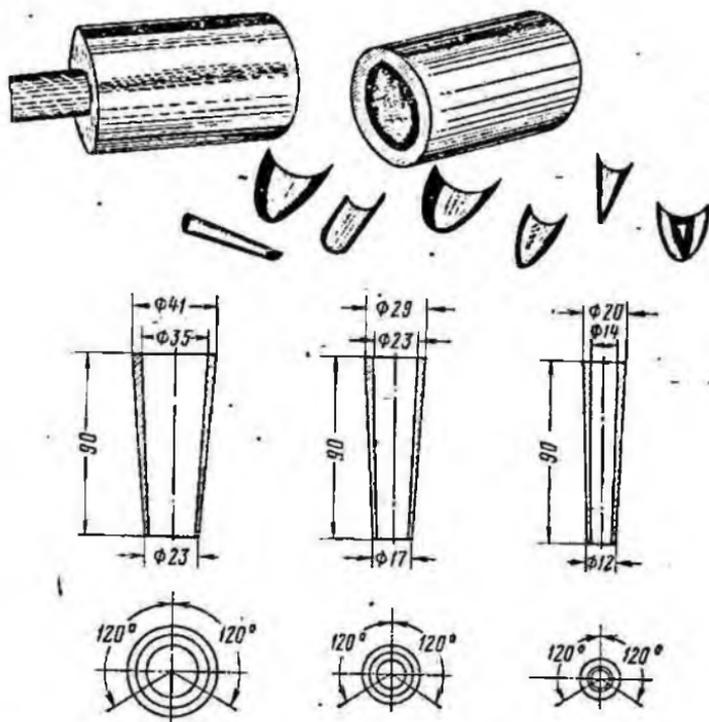


Рис. 8. Закрепление каната закрытой конструкции в конической муфте при помощи клиньев

Клиновые муфты обеспечивают простое и надежное закрепление проводниковых и отбойных канатов. Однако они не позволяют для увеличения срока службы канатов после некоторого периода эксплуатации повернуть их и передвинуть вниз.

Институтом Донгипроуглемаш разработаны универсальные конструкции клиновых регулируемых коушей типа КРГ и КРЗ для панцировки подъемных канатов к прицепному устройству. Их успешно используют для крепления проводниковых и отбойных канатов на коп-

ре (рис. 9) и прикрепления к ним натяжных грузов в зумпфе ствола.

Клиновой коуш КРГ (рис. 10) разработан для прядевых канатов. Он состоит из двух симметричных продольных клиньев 1, которые опираются на обратные

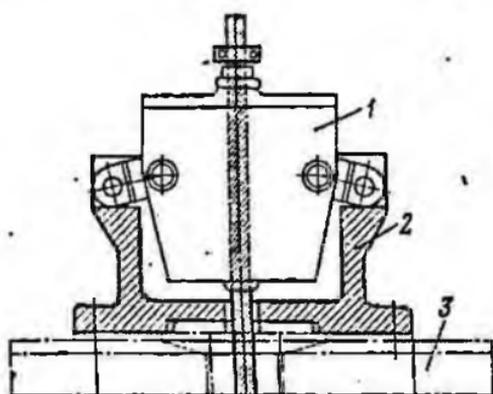
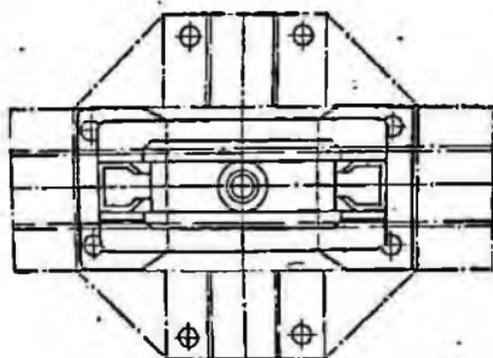


Рис. 9. Подвеска канатного проводника на копре:

1 — клиновой коуш; 2 — опорный стакан; 3 — рама



клинья 2, последние, в свою очередь, опираются на опорную раму 5. Продольные и обратные клинья соединяются путем расклинивания поперечными клиньями 3. На опорной раме подвижно на осях устанавливаются рычаги 4, к одним концам которых подвешивается подъемный сосуд или натяжной груз, а другими концами они опираются на обратные клинья. При натяжении каната продольные клинья перемещаются и плотно с обеих сторон сжимают канат. Для предупреждения возможного расклинивания каната в случае его напуска предусматривается гайка 6, которая не дает возможности

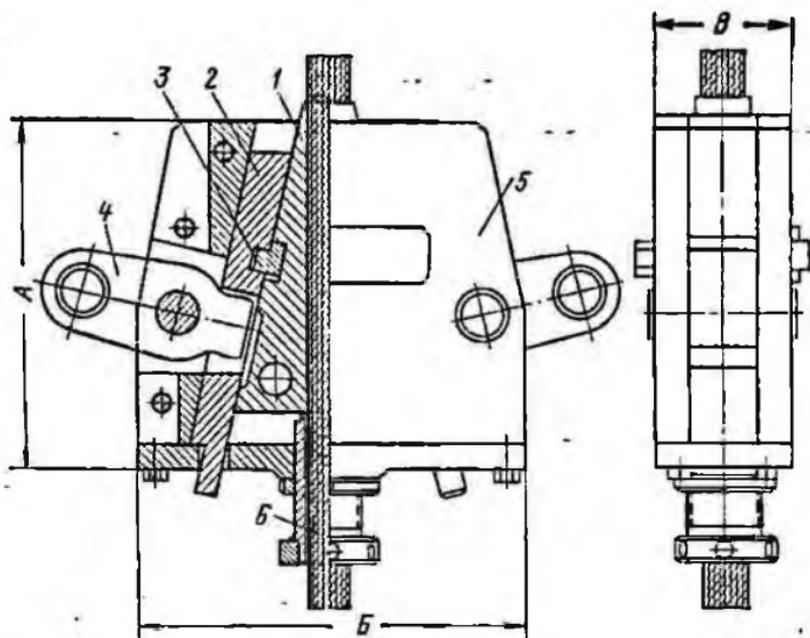


Рис. 10. Клиновой коуш КРГ

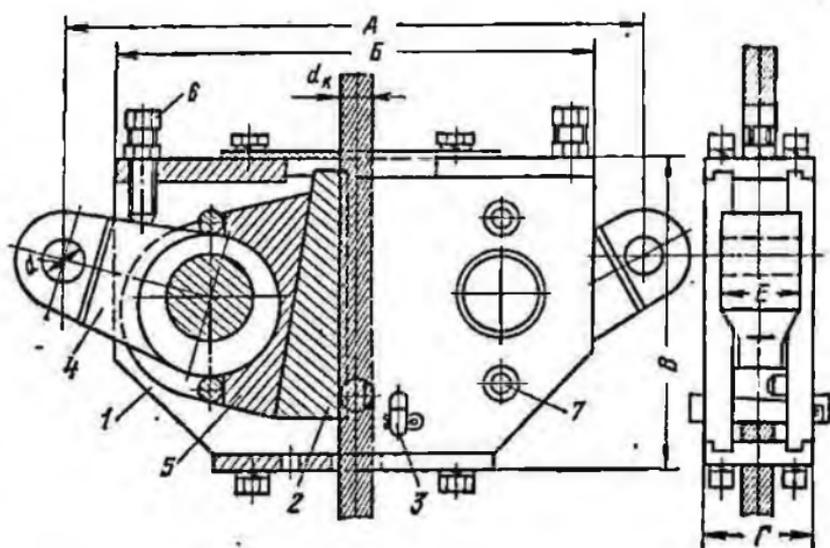


Рис. 11. Клиновой коуш КРЗ

клинья́м расклиниваться. Основные параметры клинов-  
вых коушей типа КРГ приведены в табл. 6.

Таблица 6

Коуш	Диаметр каната, мм	Основные размеры (см. рис. 10)			Масса, кг
		А	Б	В	
КРГ-1	18,5—25	295	295	82	52
КРГ-2	25—34	315	335	96	66
КРГ-3	31—40	400	415	104	105
КРГ-4	39—47,5	430	470	126	180
КРГ-5	43,5—56,5	470	510	148	245
КРГ-6	60,5	500	600	190	330

Клиновой коуш КРЗ (рис. 11) разработан для канатов закрытой конструкции диаметром от 20 до 60 мм и для канатов прядевой конструкции диаметром от 18 до 65 мм с концевыми нагрузками до 65 тс. Он состоит из следующих основных частей: корпуса 1, вертикальных клиньев 2, и горизонтальных клиньев 3, рычагов 4, колодок 5, болтов 6 и штифтов 7.

Вертикальные клинья служат для непосредственно-го удержания канатов, а горизонтальные для предварительного зажатия канатов путем подъема вертикальных клиньев, которые, скользя по наклонным плоскостям колодок, сжимают канат. Эксцентрикoвые рычаги являются связывающим звеном между коушем и опорой или подвесным устройством подъемного сосуда и натяжного груза. Колодки предназначены для передачи усилий от эксцентрикoвых рычагов вертикальным клиньям, зажимающим канат. Болт с гайкой обеспечивает предотвращение расклинивания коуша во время напуска каната. Штифты предназначены для правильной установки колодок в корпусе коуша. Основные параметры клиновых коушей КРЗ и клиньев к ним приведены в табл. 7.

Применение регулируемых коушей упрощает и облегчает процесс закрепления проводниковых канатов на копре и создает возможность для их продольного перемещения и поворота вокруг своей оси, когда в этом есть необходимость. Для перемещения каната выше коуша оставляется свободный конец длиной не менее 15 м.

Таблица 7

Коуш	Максимальная коше- вая нагрузка, тс		Диаметр подъёмного кабеля, мм		Основные размеры, мм (см. рис. 11)						Масса, кг
	для клет	для скипа	закрытой конструк- ции	прядевой конструкции	А	Б	В	Г	Е	д	
КРЗ-2 . . . . .	До 7	До 9	20—22	18—34	470	380	312	101	72	45	74,0
КРЗ-3 . . . . .	7—10	9—13	25—27	31—40,5	566	450	347	108	78	55	111,0
КРЗ-4 . . . . .	10—15	13—19,5	30—33	39—47,5	668	530	382	130	94	65	171,3
КРЗ-5 . . . . .	15—20	19,5—26	36—40	43,5—56,5	788	630	442	150	106	75	280,3
КРЗ-6 . . . . .	20—30	26—39	43—46	52—65	942	750	540	190	132	85	339,8
КРЗ-7 . . . . .	30—40	39—52	50—55	65—70	1080	890	640	190	140	95	445,0
КРЗ-8 . . . . .	40—50	52—65	60	70—80	1208	980	765	212	148	110	724,8

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

Отбойные канаты могут крепиться на подкопровой раме или на одном из усиленных поясов копра.

Для крепления отбойных канатов используются клиновые зажимы описанной выше конструкции или коуши с обычными плашечными зажимами.

## § 6. НАПРАВЛЯЮЩИЕ УСТРОЙСТВА

Направляющие устройства подъемных установок служат для связи подъемного сосуда с проводниковыми

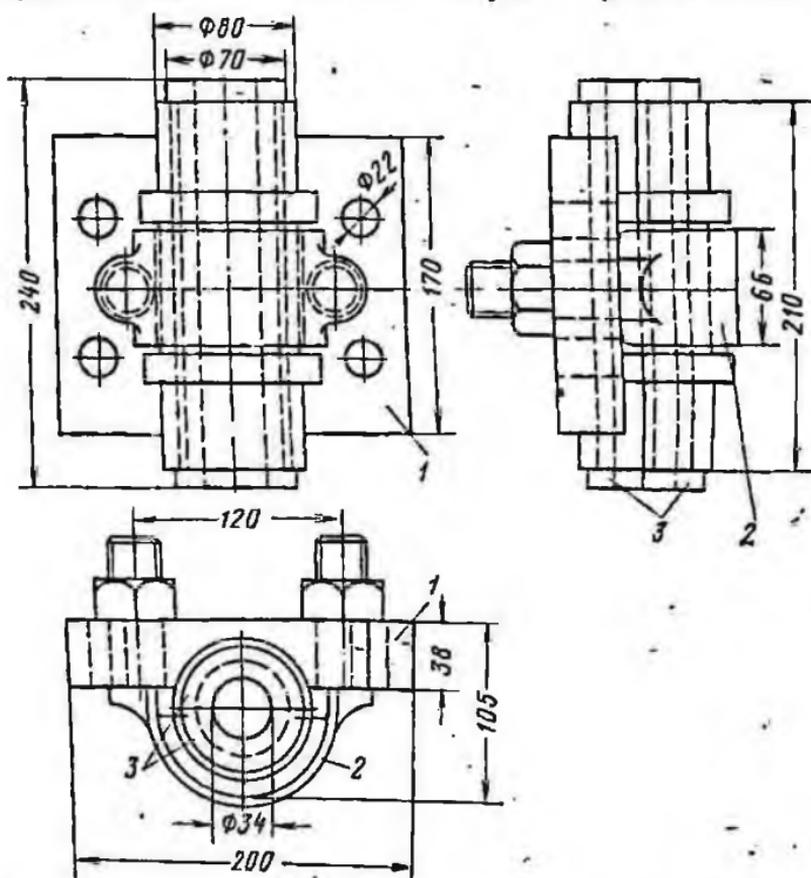


Рис. 12. Направляющая муфта со сменными вкладышами

канатами. Их устанавливают на подъемных сосудах по два, реже по три на каждый проводник.

Обычно направляющие устройства (рис. 12) состоят из разъемного стального корпуса 1—2 и сменных

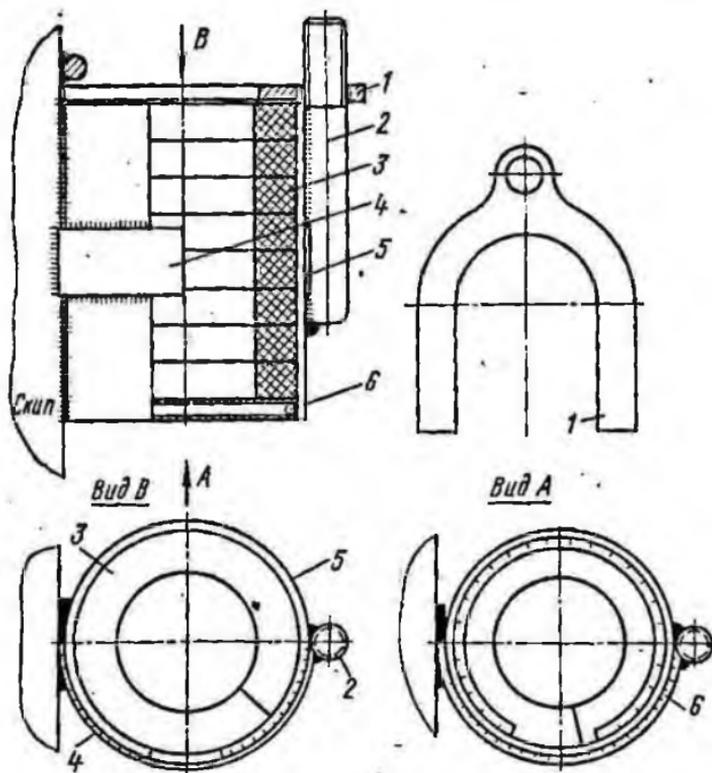


Рис. 13. Направляющая муфта с набивкой из конвейерной ленты.  
1 — прижимная вилка; 2 — болт; 3 — кольца из конвейерной ленты; 4 — хомут; 5 — корпус; 6 — фиксатор

вкладышей 3. В качестве вкладышей используются разрезные цилиндрические втулки, которые изготавливаются в основном способом литья из серго чугуна или из цельной прессованной березовой древесины, пропитанной парафином.

Центры вкладышей направляющих устройств, установленных на подъемном сосуде, должны соответствовать центрам проводниковых канатов. Отклонение до-

пускается  $\pm 3$  мм. Внутренний диаметр вкладышей должен быть на 5 мм больше диаметра проводникового каната. Износ вкладышей допускается не более 10 мм по диаметру.

Опыт эксплуатации чугунных вкладышей показал, что они имеют малый срок службы (1—3 сут работы) вследствие быстрого износа и требуют затрат большого количества металла на изготовление (30—70 кг на ком-

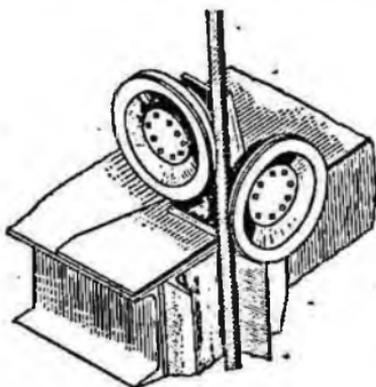


Рис. 14. Роликовое направляющее устройство

плект для одного подъемного сосуда). Кроме того, чугунные вкладыши оказывают разрушающее воздействие на проводниковый канат. Вследствие этого срок службы закрытых канатов не превышает 2—3 лет.

Применение вкладышей из цельной древесины невыгодно экономически из-за высокой стоимости и малого срока службы (1—2 дня).

Имеется положительный опыт использования на скиповом стволе шахты «Соколовская» производственного объединения Ростовуголь направляющих с набивкой из конвейерной ленты в виде колец (рис. 13). Срок службы такой набивки составляет семь-восемь дней. Замена ее производится одним человеком за 5—10 мин.

Кроме описанных направляющих устройств известны случаи использования роликовых направляющих на проходческих и эксплуатационных подъемных установках (рис. 14). Однако они быстро выходили из строя из-за несовершенства и несоответствия конструкций параметрам подъемных установок.

## § 7. ТРЕБОВАНИЯ К ПОДЪЕМНЫМ КАНАТАМ

Подъемный сосуд при движении по канатным проводникам стремится поворачиваться вокруг вертикальной оси в результате раскручивания подъемного каната. Величина крутящего усилия зависит от конструкции подъемного каната и концевой нагрузки. Сосуды при

сильном вращении могут столкнуться или задеть крепь ствола. Поэтому при использовании канатных проводников следует принимать специальные меры для ослабления вращения сосудов. Наибольшему вращению подвержены сосуды одноканатных подъемных установок.

При одноканатном подъеме рекомендуется применять некрутящиеся подъемные канаты закрытой конструкции, которые благодаря противоположным направлениям свивки прядей и использованию фасонных проволок для наружного слоя подвергаются меньшему кручению, чем слабокрутящиеся канаты из плоских прядей.

Канаты закрытой конструкции по сравнению с прядевыми имеют максимальное значение поверхностного соприкосновения и коэффициента заполнения, вследствие чего они наиболее изнаноустойчивы и при прочих равных условиях имеют наибольшую прочность.

Так, например, канат закрытой конструкции диаметром 51 мм при временном сопротивлении разрыву материала проволоки  $140 \text{ кгс/мм}^2$  обладает суммарным разрывным усилием 241 500 кгс, чему соответствует канат двойной свивки диаметром 62,5 мм.

В то же время канаты закрытой конструкции наиболее жесткие и требуют 120-кратного соотношения диаметра барабана к диаметру каната, что в 1,7—4 раза больше, чем для прядевых. Однако, учитывая при этом уменьшенный диаметр самого каната, существенного увеличения диаметров барабана и шкивов подъемных установок не происходит.

Канаты закрытой конструкции не являются полностью некрутящимися, поэтому при их навеске следует обращать особое внимание на правильность положения подъемного сосуда в стволе. При любом отклонении сосуда от проектного положения необходимо ослабить свивку канатов и установить сосуд в требуемое положение. При этом следует учитывать, что слишком большое ослабление канатов может привести к нарушению фасонных проволок.

На одноканатных подъемных установках для обоих подъемных сосудов должны навешиваться головные канаты одного диаметра, конструкции и направления свивки, чтобы подъемные сосуды вращались в одном направлении.

Сочетание многоканатных подъемных машин с ка-

натной армировкой дает наиболее надежную, безопасную и экономичную подъемную установку. При этом в значительной степени устраняются основные недостатки канатной армировки — кручение и колебание подъемных сосудов в канатных проводниках. Для этого подъемные канаты для многоканатных подъемных установок навешиваются таким образом, чтобы крутящие моменты канатов правой и левой свивки взаимно уравновешивались. Кроме того, наличие нескольких подъемных канатов, расположенных на довольно значительном расстоянии друг от друга, предотвращает раскачивание подъемных сосудов в плоскости расположения подъемных канатов.

Для многоканатных подъемных установок наиболее рациональны канаты закрытой конструкции.

Для достижения равномерной вытяжки и уравновешивания крутящих моментов на многоканатной подъемной установке должны навешиваться канаты одного диаметра, типа, конструкции, изготовленные на одном заводе, с одинаковой маркой проволоки по вязкости, с разбегом разрывных усилий между отдельными канатами не более 5%.

В качестве канатов подъемных установок с канатными проводниками рекомендуются канаты закрытой конструкции с проволоками фасонного профиля малых геометрических размеров и отношением диаметра слоя к высоте проволоки фасонного профиля, входящей в этот слой (коэффициент гибкости), не менее 11. Этим условиям отвечают канаты ГОСТ 10506—63, ГОСТ 10507—63 и ГОСТ 10508—63.

#### **§ 8. ФИКСИРУЮЩИЕ УСТРОЙСТВА ДЛЯ ВЕРХНИХ, НИЖНИХ И ПРОМЕЖУТОЧНЫХ ПРИЕМНЫХ ПЛОЩАДОК**

Для обеспечения нормальной работы подъемной установки во время погрузочно-разгрузочных операций на нижней и верхней приемных площадках, где скорость движения подъемных сосудов невелика, устанавливаются жесткие направляющие из рельсов, стальных или деревянных брусьев. Вход подъемных сосудов в жесткие проводники осуществляется за 4—6 м до приемной площадки. В местах входа концы жестких проводников за-

остряются и отгибаются в сторону от подъемного сосуда. Для движения по жестким проводникам подъемные сосуды снабжаются стальными направляющими лапами с раструбами.

Жесткие направляющие устройства не устанавливаются на промежуточных горизонтах, так как это вызвало бы замедление подхода к ним подъемных сосудов и тем самым снизило производительность подъемной установки.

Для обеспечения возможности прохода подъемными сосудами промежуточных горизонтов без снижения скорости и надежной фиксации, позволяющей производить погрузочно-разгрузочные работы, применяют откидные или выдвижные фиксирующие устройства и площадки.

На рис. 15 показаны откидные фиксирующие площадки для промежуточных горизонтов клетевых стволов. В нерабочем положении они всегда находятся в поднятом состоянии и нажимают на конечные выключатели, введенные в сеть сигнализации и блокировки подъемной машины. При необходимости установки клетки на промежуточном горизонте соответствующие откидные площадки при помощи привода устанавливаются в горизонтальное положение и захватами фиксируют направляющие канаты. Клеть опускается вниз, попадает в угловые полураструбы и в нижнем положении точно совмещает откаточные рельсы, после чего полным нажатием отключает приводы площадок. Поэтому вслед за подъемом клетки под действием контргруза происходит немедленное откидывание площадок в нерабочее положение. Если любая из откидных площадок не обеспечила проектный зазор до клетки, т. е. полностью не откинулась и не нажала на конечный выключатель, то работа подъема до устранения отказа будет возможна только на промежуточный горизонт.

На рис. 16 показано выдвижное захватывающее фиксирующее устройство для загрузки скипов на промежуточном горизонте. Фиксация подъемного сосуда осуществляется путем удержания проводниковых канатов от колебаний при помощи специальных захватов, представляющих собой два рычага с пазами на концах, в которых размещается канат при сведении рычагов в рабочее положение. Захватывание канатов производится на расстоянии 3 м от нижней части рамы скипа. Во из-

бежание истирания канатов рычаги в местах соприкосновения с канатами имеют съемную футеровку из конвейерной ленты.

Движение рычагов осуществляется при помощи винтового привода и пары зубчатых секторов, приводимых

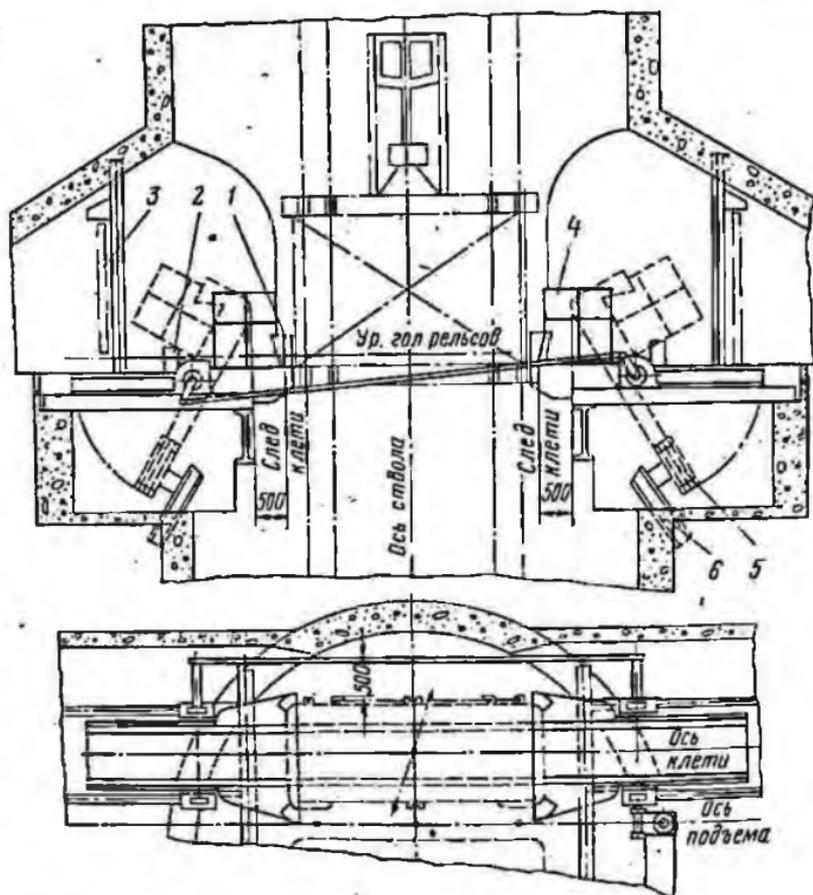


Рис. 15. Откидная фиксирующая площадка для промежуточных горизонтов:

1 — конические полураструбы; 2 — привод; 3 — предохранительные двери; 4 — ограждение; 5 — контргруз; 6 — упор

в движение электродвигателем мощностью 2,7 кВт. При вращении винта по нему передвигается гайка, связанная тягой с одним из фиксирующих рычагов. Гайка при помощи регулируемых штифтов воздействует на концевые выключатели, дающие импульс на остановку дви-

гателя фиксатора. В то время когда работа с промежуточного горизонта не производится, рычаги фиксатора находятся в разведенном состоянии и благодаря большому зазору между ними и подъемным сосудом обеспечивают проход подъемных сосудов с максимальной скоростью. Положение рычагов фиксатора соответствующим образом заблокировано со схемой управления подъемной машиной.

Описанная конструкция фиксирующего устройства пригодна и для клетевых подъемов при загрузке на весу.

Таким образом, многогоризонтность работы подъемных установок не является препятствием для применения канатных проводников. Необходимы лишь дальнейшее совершенствование имеющихся технических решений и их унификация.

#### **§ 9. ЛЕСТНИЧНЫЕ ОТДЕЛЕНИЯ, РАЗМЕЩЕНИЕ И КРЕПЛЕНИЕ ТРУБОПРОВОДОВ**

В вертикальных шахтных стволах, оборудованных канатной арматурой, лестничные отделения могут устраиваться либо в соответствии с типовыми решениями, либо консольного типа. Известно несколько конструкций лестничных отделений консольного типа [10, 31].

Одноклетевой ствол шахты «Южная» производственного объединения Кузбассуголь диаметром в свету 5 м оборудован лестничным отделением консольного типа на глубину 300 м. В отличие от типовых решений оно опирается не на расстрелы, а на укосины, забетонированные в крепь (рис. 17).

На рис. 18 показано лестничное отделение южного вентиляционного ствола шахты «Ягуновская» производственного объединения Кузбассуголь.

Вентиляционный ствол диаметром в свету 5 м оборудован на глубину 100 м лестничным отделением, состоящим из сварных площадок консольного типа, устанавливаемых в стволе в шахматном порядке относительно оси ствола, лестниц и панелей ограждения.

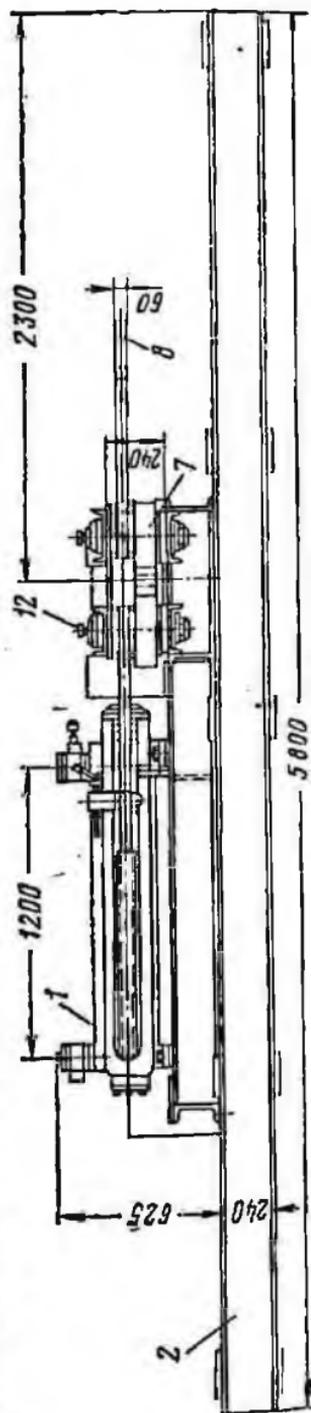
Монтаж лестничного отделения производили с проходческого полка сверху вниз. После бетонирования первой площадки навешивали лобовую панель ограждения, которая служила шаблоном-фиксатором для последующей площадки. Затем устанавливали лестницы и боковые панели.

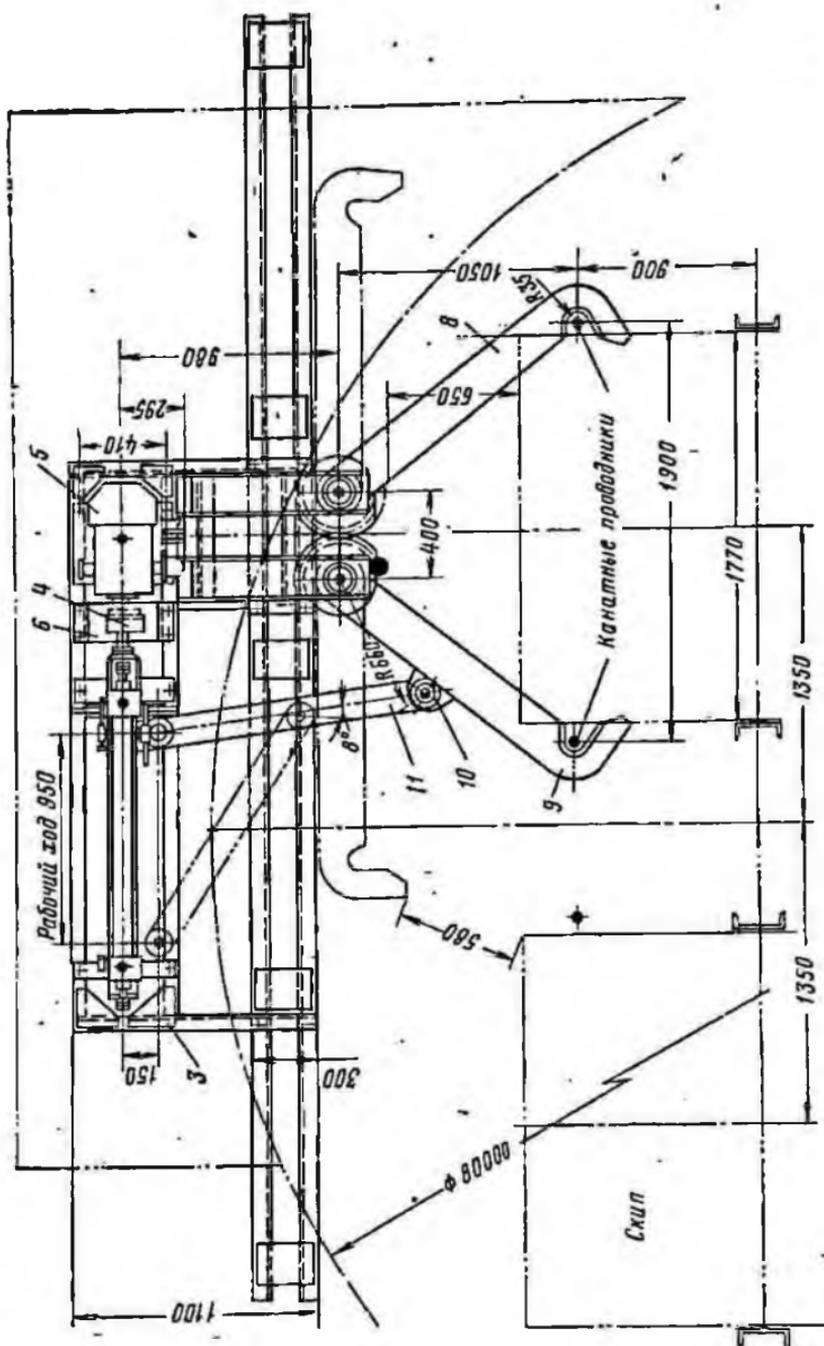
Лестничное отделение консольного типа из цельно-сварных секций, соединенных между собой внакладку (рис. 19), установлено в одном из стволов глубиной 220 м рудоуправления им. Ф. Э. Дзержинского. Каждая секция такого лестничного отделения состоит из каркаса 1, выполненного из уголка 63×63×6 мм, обшитого проволочной сеткой 2 с клетками размером 200×300 мм, лестничного марша 6, днища секции и полка с лазом 5, выполненных из рифленого железа толщиной 8 мм. Две смежные секции на стыке соединяются между собой винтовыми скобками. Каждая из секций имеет четыре плиты 3 с отверстиями, через которые их крепят к стенкам ствола анкерными болтами 4 на цементном растворе. Установку лестничного отделения производили с проходческого полка, имеющего вырез. При монтаже к месту установки спускали по 4—5 секций, соединенных между собой на поверхности.

Лестничные отделения консольного типа по сравнению с типовыми требуют меньшего расхода металла, дешевле в изготовлении, имеют меньшее вентиляционное сопротивление и рекомендуются в том случае,

Рис. 16. Выдвижное захватывающее устройство для загрузки скипов на промежуточном горизонте:

1 — винтовой редуктор; 2 — балка; 3 — рама; 4 — фрикционная муфта; 5 — электродвигатель; 6 — щиток муфты; 7 — зубчатый сектор; 8—9 — рычаги; 10 — ось; 11 — тяга; 12 — ось





когда нет необходимости в расстреле лестничного отделения для крепления трубопроводов.  
 В вертикальных стволах шахт размещаются трубопроводы главного водоотлива, противопожарного водо-

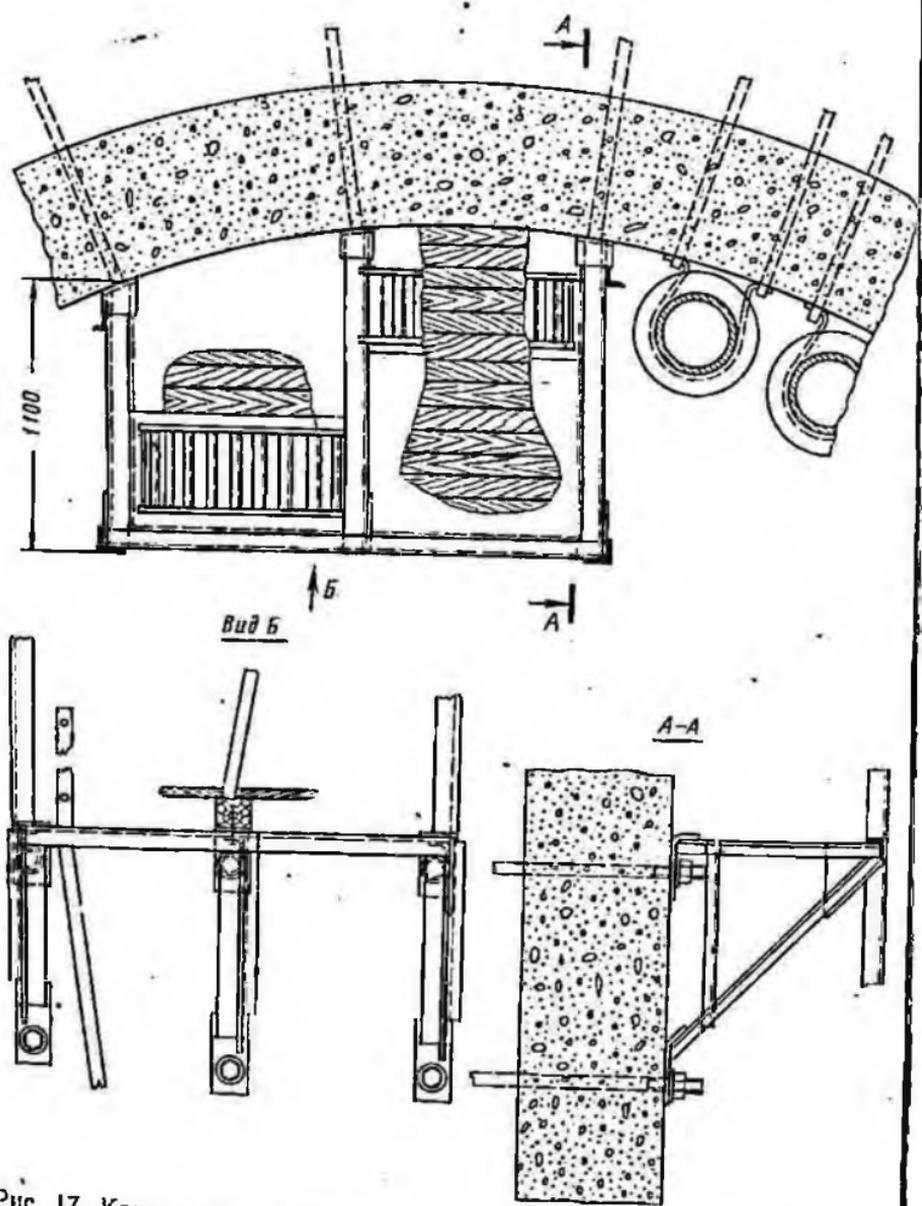


Рис. 17. Консольная конструкция лестничного отделения одноклете-  
 вого ствола шахты «Южная»

снабжения и орошения, кондиционирования воздуха, дегазации, сжатого воздуха, а также силовые, сигнальные и телефонные кабели.

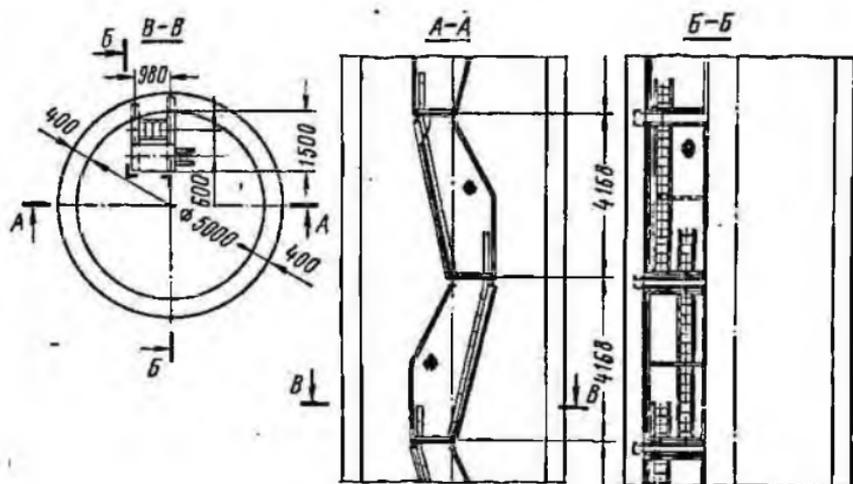


Рис. 18. Консольная конструкция лестничного отделения южного вентиляционного ствола шахты «Ягуновская»

При размещении трубопроводов и кабелей в стволах следует:

обеспечивать в стволе необходимое число трубопроводов и кабелей различного назначения с соблюдением требуемых правилами безопасности зазоров между сосудами, крепью и армировкой ствола;

обеспечивать свободный доступ к трубам, кабелям и возможность вывода их из ствола для замены и ремонта;

исключать попадание струи воды в открытые проемы клетки в случае повреждения трубопроводов.

В стволах, оборудованных канатными проводниками, крепление трубопроводов для предохранения их от продольного изгиба целесообразно производить непосредственно к крепи ствола (рис. 20).

Сальниковые компенсаторы и опорные тумбы устанавливают на специальные балки. Если для размещения балок недостаточно места, то их устанавливают на консолях, заделанных в крепь ствола (рис. 21).

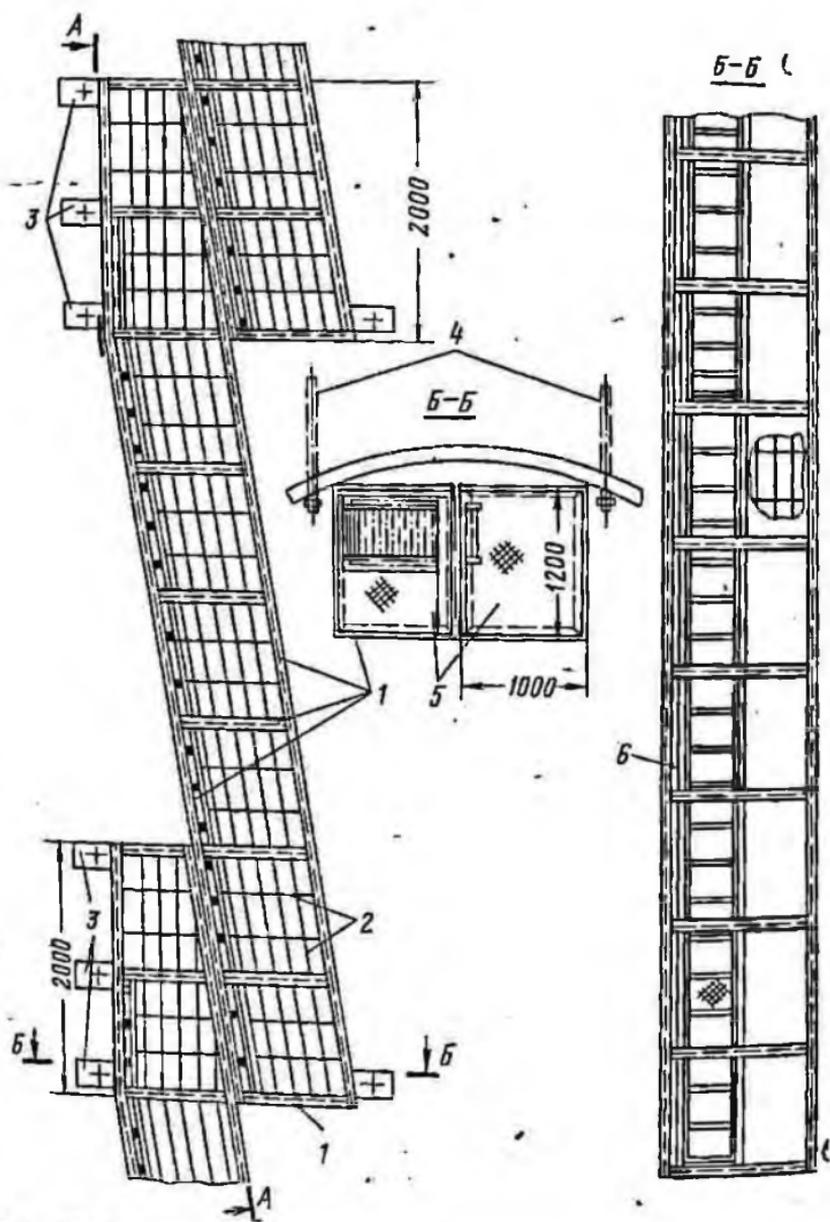


Рис 19. Лестничное отделение консольного типа из цельносварных секций

Кабели в стволах крепят к крепи на конструкциях с клиновыми зажимами, которые состоят из полосы 90×20 мм, разрезанного клина и деталей крепления.

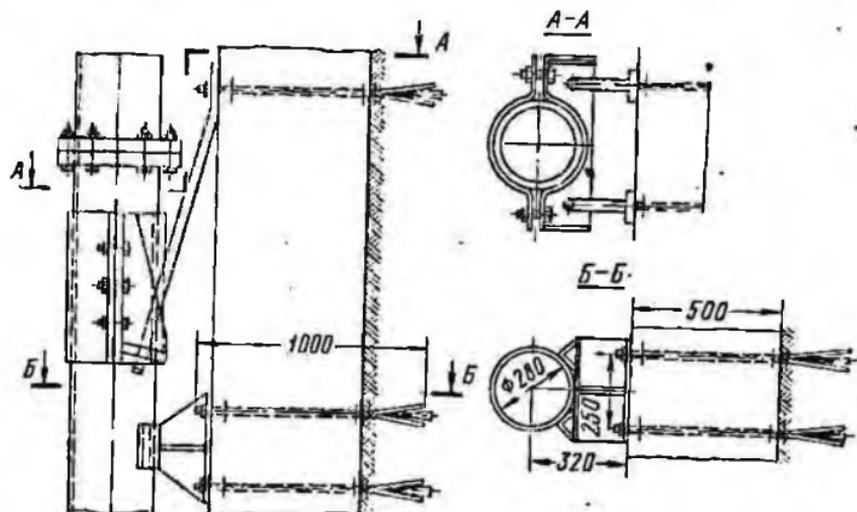


Рис. 20. Крепление трубопроводов в стволе

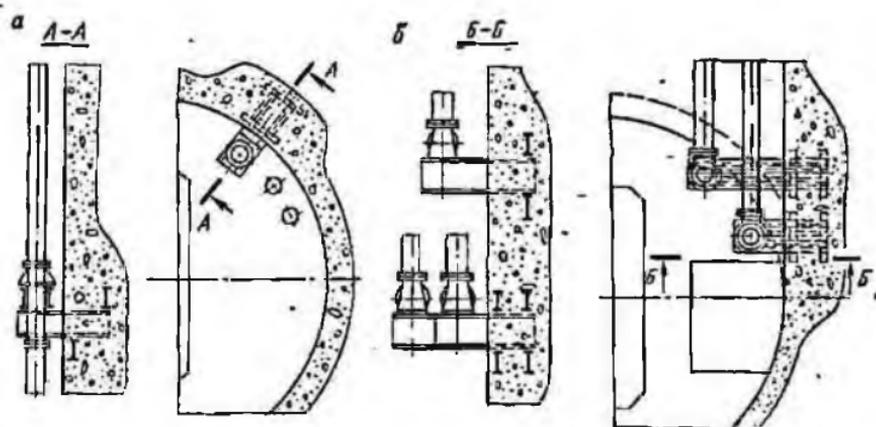
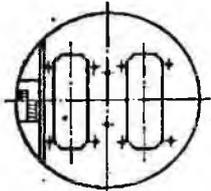
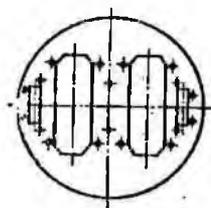
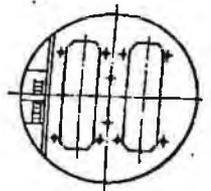
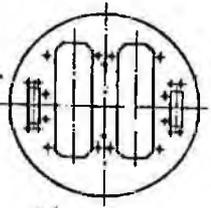
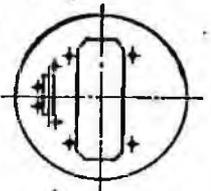
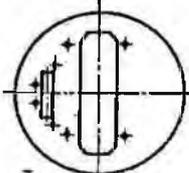
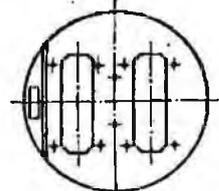


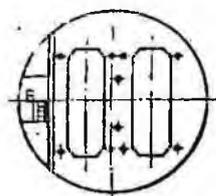
Рис. 21. Установка сальниковых компенсаторов и опорных тумб на консолях:

а — компенсаторы, б — опорные тумбы

Применение клиновых зажимов устраняет проскальзывание кабелей и обеспечивает быструю навеску и замену их в стволе.

Эскиз сечения	Диаметр ствола в свету, м	Тип подъема	Число подъемов	Число клеток	Емкость вагонетки, м <sup>3</sup>	Q <sub>к</sub> в, т/с	Капитальные затраты на 100 м ствола, тыс. руб.
	6,5	Многоканатный; одноканатный	1	2	3,3; 4,0	240	130—156; 154—160
	7,0	Многоканатный; одноканатный	2	2	3,3; 4,0	240	139—158; 158—167
	7,5	Многоканатный	1	2	5,6	360	171—184
	8,0	То же	2	2	5,6	360	180—200
	5,0	Одноканатный	1	1	3,3; 4,0	150	109—119

Эскиз сечения	Диаметр ствола в свету, м	Тип подъема	Число подъемов	Число клеток	Емкость вагонетки, м <sup>3</sup>	Q <sub>к</sub> м <sup>3</sup> ·тн/с	Капитальные затраты на 100 м ствола, тыс. руб.
	5,0	Одноканатный	1	1	2,5	100	109—119
	6,5	Многоканатный (в том числе аварийный)	2	3	3,3; 4,0	240	—



6,5

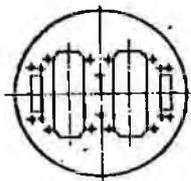
Одноканатный

1

2

2,5

170



6,5

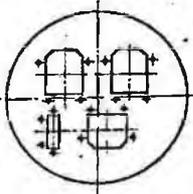
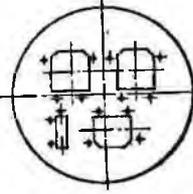
То же

2

2

2,5

170

Эскиз сечения	Диаметр ствола в свету, м	Тип подъема	Число подъемов в стволе	Емкость угольного скипа, м <sup>3</sup>	Размеры в плане угольных скипов, мм	$Q_k, \text{ т/м/с}$	Емкость породного скипа, м <sup>3</sup>	Размеры в плане породного скипа, мм	Капитальные затраты на 100 м ствола, тыс. руб.
	6,5	Одноканатный	2	5; 7; 9,5 или 11	1850×1510	320	5 или 9,5	1700×1400	131—153
	6,5	Многоканатный	2	11; 15 или 20	2230×1740	640	5 или 9,5	1700×1400	131—153 149—155

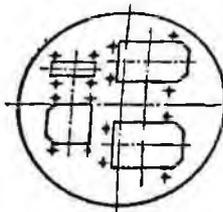
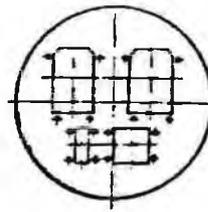
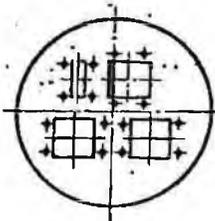
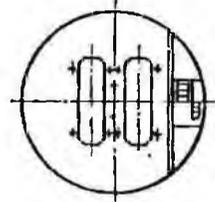
	7,5	Многоканатный	2	25 или 35	2350×1900	960	11 или 15	1700×1600	161—175
	8,0	То же	2	20; 25 или 35	2800×2200	960	11 или 15	1700×1600	163—188

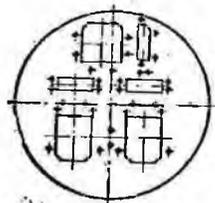
Таблица 10

52

Шахта, производственное объединение	Эскиз сечения	Диаметр, м	Глубина ствола, м	Число подъемов в стволе	Тип подъемного сосуда	$v$ , м/с	Диаметр провальных водников кабелей, мм	Тип подъема	Примечание
Им. Бажанова, Макеевуголь:		7,0	1060	2	Два скипа угольных—12 т, один скип породный—6 т	9,8	38,5	Многоканатный	Эксплуатируется с 1963 г.
		8,0	1012	1	Две двухэтажные клетки на ВГ-2,5	9,8	38,5	То же	То же

«Шахтерская-Глубокая», Шахтерскантрацит:

скипной



8,5

1405

3

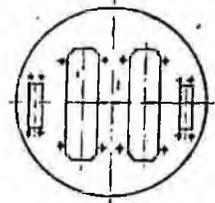
Два скипа угольных—35 т; один скип породный—18 т

12,0

45,0

Строится

клетевой



8,0

1340

2

Две двухэтажные клетки на ВД-5,6

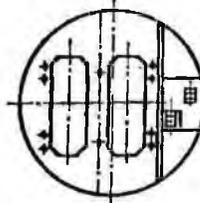
11,35

38,5

То же

Им. 50-летия Октября, Карагандауголь:

вспомогательный № 6



7,0

418

1

Две одноэтажные клетки на ВГ-3,3

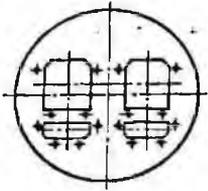
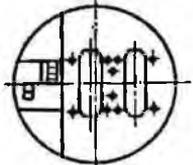
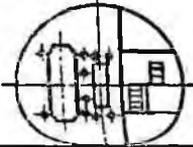
5,2

32,0

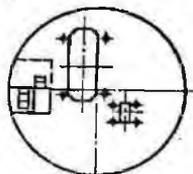
Одноканатный

Эксплуатируется с 1968 г.

53

Шахта, производственное объединение	Эскиз сечения	Диаметр, м	Глубина ствола, м	Число подъемов в стволе	Тип подъемного сосуда	$v_c$ , м/с	Диаметр проволочных канатов мм	Тип подъема	Примечание
«Анжерская», Кузбассуголь, скиповой		7,0	534	1	Два скипа угольных—20 т	8,87	38,5	Многократный	Эксплуатируется с 1972 г.
«Глубокая», Ростовуголь: вентиляционный № 1		5,0	720	1	Две одноэтажные клетки на ВГ-1,3	5,0	32	Однократный	Эксплуатируется с 1967 г.
вентиляционный № 2		4,5	692	1	То же	5,0	32	То же	То же

№ 16/17, вентиляционный ствол № 2



6,0

420

1

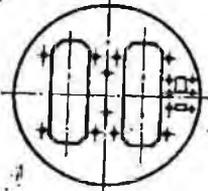
Одноэтажная клетка на ВГ-1,3

5,0

32

Строится

«Западная-Капитальная», Ростовуголь, клетевой



6,0

675

2

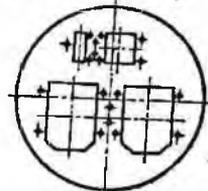
Две двухэтажные клетки на ВГ-3,3, одна инспекторская клетка

11,2

32

Эксплуатируется с 1968 г.

«Соколовская», Ростовуголь: скиповой



6,5

260

2

Два скипа угольных—8 т, один скип породный—6 т

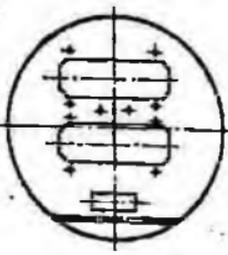
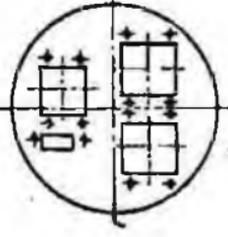
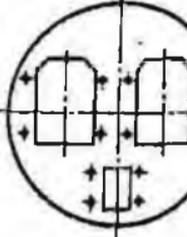
6,7

32

Однократный

Эксплуатируется с 1963 г.

Окончание табл. 10

Шахта, производственный объединение	{Сквоз сечения	Диаметр, м	Глубина ствола, м	Число подъемов в строде	Тип подъемного сосуда	Уг. м/с	Диаметр проволочных канатов, мм	Тип подъемника	Примечание
«Красная Звезда», Донецкая уголь, клетевой.		8,0	1200	1	Две двухэтажные клетки на ВГ-3,3	11,3	38,5	Многократный	Строится
скиповой		7,5	1300	2	Два скипа угольных—20 т, один скип породный—10,6 т	11,3	38,5	То же	То же
№ 21-бис, Макеевуголь, скиповой		7,5	893	2	Два скипа угольных—25 т, одна аварийная клеть		45		

## § 10. ТИПОВЫЕ СЕЧЕНИЯ ВЕРТИКАЛЬНЫХ СТВОЛОВ С КАНАТНОЙ АРМИРОВКОЙ

Действующими до 1964 г. правилами безопасности применение канатной армировки не допускалось, поэтому в типовых проектах сечений и армировки шахтных стволов использование канатной армировки не предусматривалось.

Впервые сечения стволов с канатной армировкой были включены в проектное задание «Армирование вертикальных стволов с жесткими и канатными проводниками», выполненное институтом Южгипрошахт в 1968 г. Всего разработано 13 схем армировки (табл. 8 и 9).

Скиповые стволы с канатной армировкой разработаны для двух подъемов: двухскипового для угля и односкипового с противовесом для породы. Клетевые стволы — для одного двухклетевого подъема или двух одноклетевых с противовесами. Размещение более двух подъемов в стволе с канатной армировкой не предусмотрено. В качестве канатных проводников типовым проектом приняты канаты закрытой конструкции с диаметром не менее 32 мм, а для отбойных канатов — прядевые диаметром 41,5 мм. В проекте конструктивно разработаны узлы крепления канатных проводников.

В 1965—1969 гг. были выполнены проекты более 50 подъемных установок с канатными проводниками и 14 сдано в эксплуатацию (табл. 10). Среди запроектированных и строящихся установок — ряд весьма крупных грузоподъемностью 25—35 т со скоростью 10—14 м/с и глубиной подъема до 1500 м.

Так, например, в Донбассе в настоящее время ведется строительство самой глубокой в Европе шахты «Шахтерская-Глубокая», главный и вспомогательный стволы которой запроектированы с канатной армировкой. Главный ствол диаметром в свету 8,5 м и глубиной 1405 м оборудован двумя односкиповыми многоканатными подъемными установками для выдачи угля скипами грузоподъемностью 35 т и одной односкиповой для выдачи породы скипом грузоподъемностью 18 т. Вспомогательный ствол диаметром 8,5 м и глубиной 1340 м оборудован двумя одноклетевыми подъемными установками с двухэтажными клетями на вагонетку ВД-5,6.

---

## ГЛАВА II

# ПРОИЗВОДСТВО РАБОТ ПО АРМИРОВАНИЮ СТВОЛА

---

### § 11. ПОДГОТОВИТЕЛЬНЫЕ РАБОТЫ

К навеске проводниковых и отбойных канатов в стволе приступают в соответствии с проектом производства работ после выполнения подготовительных работ и изготовления всех необходимых металлоконструкций и приспособлений. К подготовительным работам относятся: ревизия проходческих машин и лебедок; маркшейдерская съемка профиля крепи ствола и элементов жесткой армировки (если они предусмотрены проектом); монтаж противопожарных ляд; перекрытие устья ствола; установка направляющих и отклоняющих шкивов; монтаж полков для обслуживания грузов в зумпфе ствола; установка ручных вспомогательных лебедок; ревизия узлов крепления канатов на копре; испытания коушей КРГ на заземляющую способность; производство ревизии всех прицепных устройств натяжных грузов.

### § 12. СПУСК И НАВЕСКА ПРОВОДНИКОВЫХ И ОТБОЙНЫХ КАНАТОВ

Навеска проводниковых и отбойных канатов производится обычно с помощью проходческой машины или специальной лебедки через систему шкивов с полностью набранными на поверхности грузами в такой последовательности.

Катушка с проводниковым канатом доставляется к стволу и устанавливается горизонтально на опорах или в вертикальном положении на специальной плите с подшипниковой опорой. Один конец каната вводят в здание подъемной машины или лебедки при помощи вспомогательной лебедки и закрепляют на одном из бара-

банов. Затем канат с катушки перематывается на барабан подъемной машины, используемой для спуска канатов в ствол. Катушка при этом должна притормаживаться для обеспечения натяжения.

С помощью вспомогательной лебедки 6 (рис. 22) проводниковый канат 1 через шкивы 2 и коуш КРГ, уста-

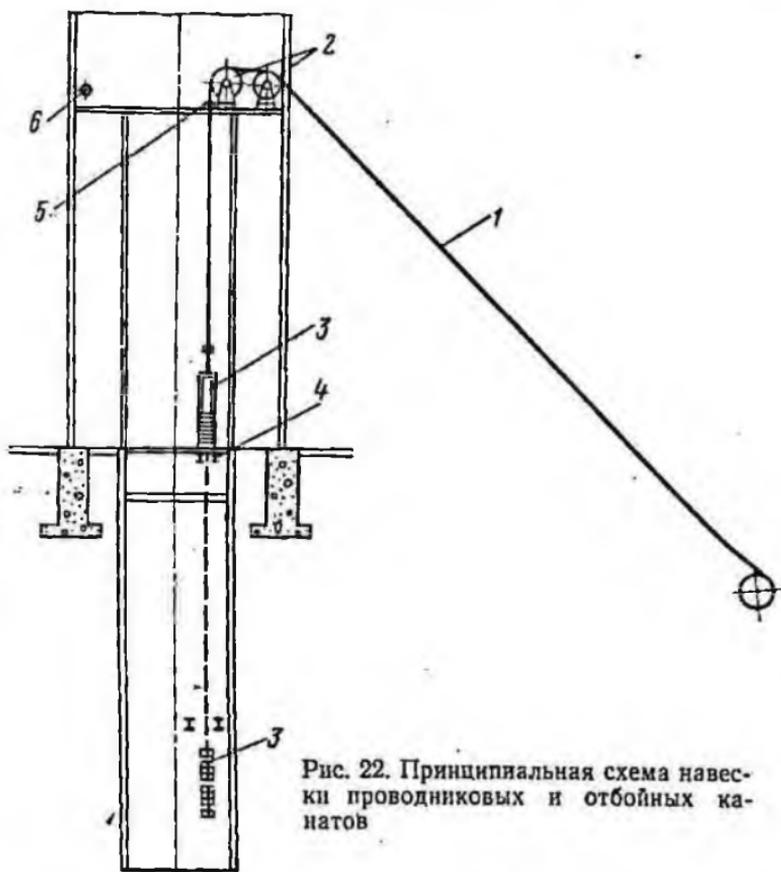


Рис. 22. Принципиальная схема навески проводниковых и отбойных канатов

новленный на копре в проектном положении 5, опускается на отметку верхней приемной площадки и крепится к раме груза 3, расположенной на опорных балках 4.

Раму загружают грузом на высоту 1,5 м, приподнимают и убирают из-под нее балки. Затем, постепенно опуская проводниковый канат, добирают груз до проектной величины и опускают в ствол со скоростью не

более 0,3 м/с в проектное положение, сопровождая его в клетки или люльке, после чего проводниковый канат закрепляют в коуше на копре и устанавливают контрольный жимок на расстоянии 200 мм выше коуша.

Прежде чем сматывать канат с барабана подъемной машины, производят проверку закрепления его в коуше. Для этого канат напускают и ведут наблюдение за качеством закрепления в течение 30 мин.

Когда канат не проскальзывает, оставшаяся его часть сматывается с барабана подъемной машины и обрубается на расстоянии 15—20 м выше коуша. Конец каната заделывают муфтой и закрепляют на копре.

После установки первого проводникового каната передвигают направляющие шкивы в положение для второго каната и закрепляют их. Все остальные операции по установке второго каната аналогичны операциям по установке первого каната.

При навеске проводниковых и отбойных канатов необходимо, чтобы:

отклонение центров проводниковых канатов от центра подъемного каната было не более  $\pm 5$  мм;

отклонение от проектных расстояний центров отбойных канатов между собой, а также по отношению к проводниковым канатам составляло  $\pm 10$  мм;

отклонение проводниковых и отбойных канатов от отвесного положения составляло 10 мм на каждые 100 м глубины ствола.

### § 13. ТРЕБОВАНИЯ ТЕХНИКИ БЕЗОПАСНОСТИ

1. Во время производства работ по навеске канатов все работы в стволе и его сопряжении с горными выработками запрещаются.

2. Устье подъемного отделения ствола надежно перекрывается полком.

3. Монтажная зона у ствола ограждается, вывешиваются предупредительные плакаты, а в особо опасных местах выставляются посты.

4. Ежедневно производится тщательный осмотр подъемной машины, а результаты осмотра фиксируются в специальном журнале.

5. Подъемная машина должна быть оборудована световой и звуковой сигнализацией.

6. Запрещаются все электросварочные работы в стаянке копра и вблизи канатов. Электросварочный аппарат должен быть отсоединен от металлоконструкции копра.

7. При резке направляющего каната следует надежно закрепить его отвес вспомогательным канатом. Удержание его вручную не допускается.

8. При ведении работ на копре и в зумпфе необходимо пользоваться предохранительными поясами.

#### § 14. ОПЫТ ПРОИЗВОДСТВА РАБОТ

Шахта № 21-бис производственного объединения Макеевуголь. Скиповой ствол шахты № 21-бис диаметром в свету 7,5 м пройден на глубину 893 м и оборудован двумя многоканатными подъемными установками с канатными проводниками: двухскиповой для выдачи угля скипами емкостью 25 м<sup>3</sup> и одноклетевой для осмотра и ремонта ствола. Копер башенный из монолитного железобетона.

Движение каждого скипа направляется четырьмя канатными проводниками диаметром 45 мм, а клетки — четырьмя канатными проводниками диаметром 38,5 мм. Канаты приняты ГОСТ 7675—55 (сейчас действует ГОСТ 7675—73) спиральной закрытой конструкции с одним слоем клиновой и одним слоем зетобразной проволоки.

Навеска проводниковых канатов производилась с проходческой лебедки ЛП-45-3 через систему шкивов диаметром 2000 мм, установленных на отметке +57,2 м башенного копра и узла крепления типа КРГ-5А.

В подготовительный период были выполнены следующие работы:

изготовлены в электромеханических мастерских все необходимые приспособления и металлоконструкции;

произведены ревизия и испытание узлов крепления направляющих канатов на заземляющую способность (один — под нагрузку, равную разрывному усилию канатов, остальные — под рабочую нагрузку);

выполнена ревизия лебедки ЛП-45-3; по середине барабана установлена временная реборда;

установлена временная реборда по диаметру 1500 мм конусного барабана натяжной лебедки; выполнена деревянная футеровка той части барабана, где наматывались канаты;

произведена перемотка поочередно двух проводниковых канатов с минимальной длиной 1050 м на барабан ЛП-45-3: предварительное натяжение создавалось натяжной лебедкой в пределах 5—6 тс:

в башенном копре на отм. +57,2 м были установлены отбойные и отклоняющие шкивы, а также установлена ручная лебедка грузоподъемностью 1,5 т; вторая лебедка такой грузоподъемности была установлена на отм. —0,4 м.

Навеска канатных проводников проводилась в такой последовательности (рис. 23). С ручной лебедки 6 грузоподъемностью 1,5 т, установленной на отметке +57,2 м, через направляющие шкивы 3 опускался вспомогательный канат диаметром 11 мм к лебедке ЛП-45-3 и увязывался с проводниковым канатом 2 киперной лентой. Затем проводниковый канат поднимался на отм. +57,2 м, пропускался через узлы крепления 7, увязывался к вспомогательному канату ручной лебедки, установленной на отм. —0,4 м, и опускался к устью ствола. После этого конец проводникового каната запашировался в прицепное устройство корзины натяжных грузов 5. Корзина лебедкой 1 приподнималась с таким расчетом, чтобы ее низ был на отм. —0,4 м. Затем производился набор грузов до проектной величины по мере опускания корзины ниже отм. —0,4 м при закрытых противопожарных лядях 8.

Набранный груз приподнимался выше отм. —0,4 м, и открывались противопожарные ляди. После этого груз вновь опускался ниже отм. —0,4 м, устанавливались временные отклоняющие шкивы 4 и производился спуск груза на канатном проводнике в зумпф ствола.

Схема сборки грузов натяжных устройств показана на рис. 24.

Опущенный в зумпф груз 3 (рис. 25) увязывался канатом диаметром 26 мм к балкам в зумпфе ствола 8 а проводниковый канат крепился специальным плашечным сжимом к опорным балкам 7 копра на отм. +26,1 м. Оставшаяся часть проводникового каната сматывалась с барабана лебедки ЛП-45-3, поднималась на отм.

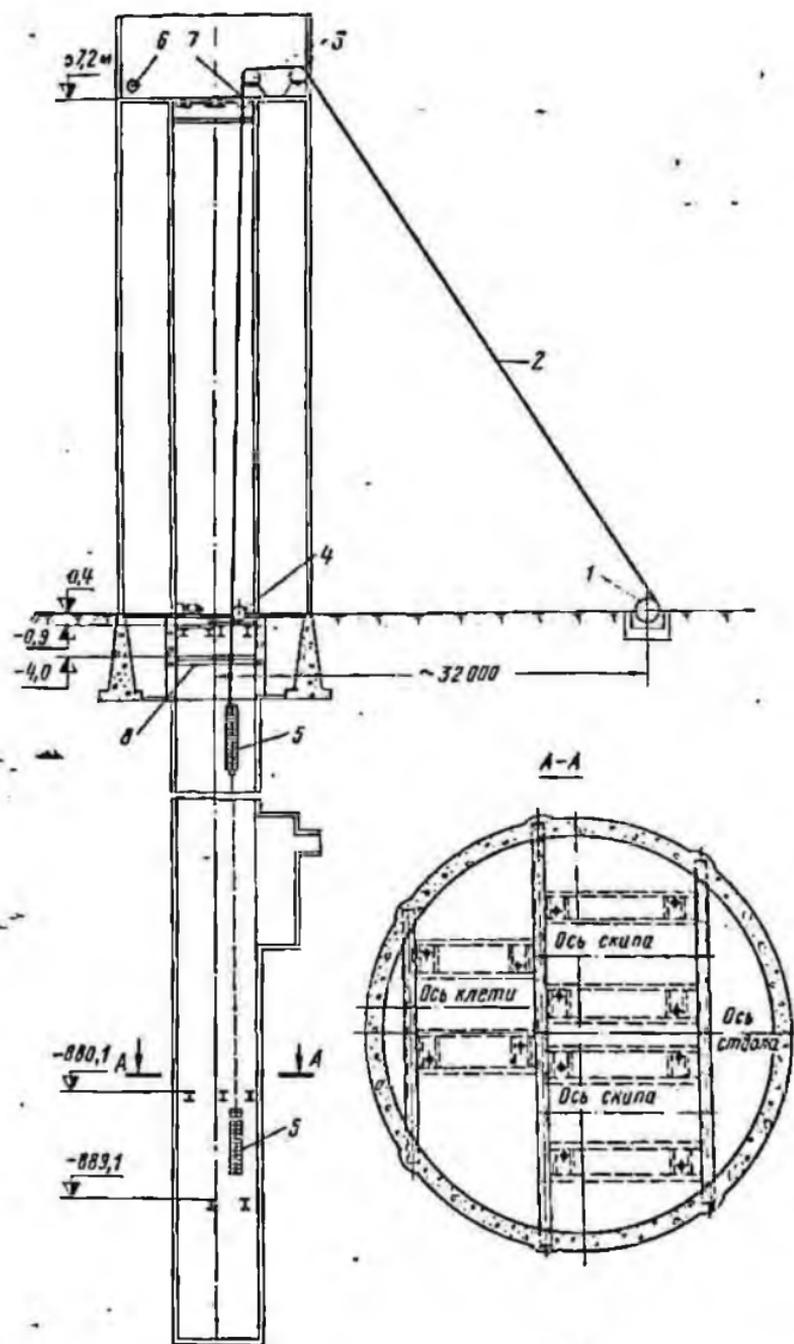


Рис. 23. Схема навески проводниковых канатов в скиповом стволе шахты № 21-бис

+57,2 м, отрезалась на расстоянии 20 м от коуша КРГ. Конец каната разделялся и закреплялся в муфте.

После спуска четырех проводниковых канатов производилась передача нагрузок на проектные узлы креп-

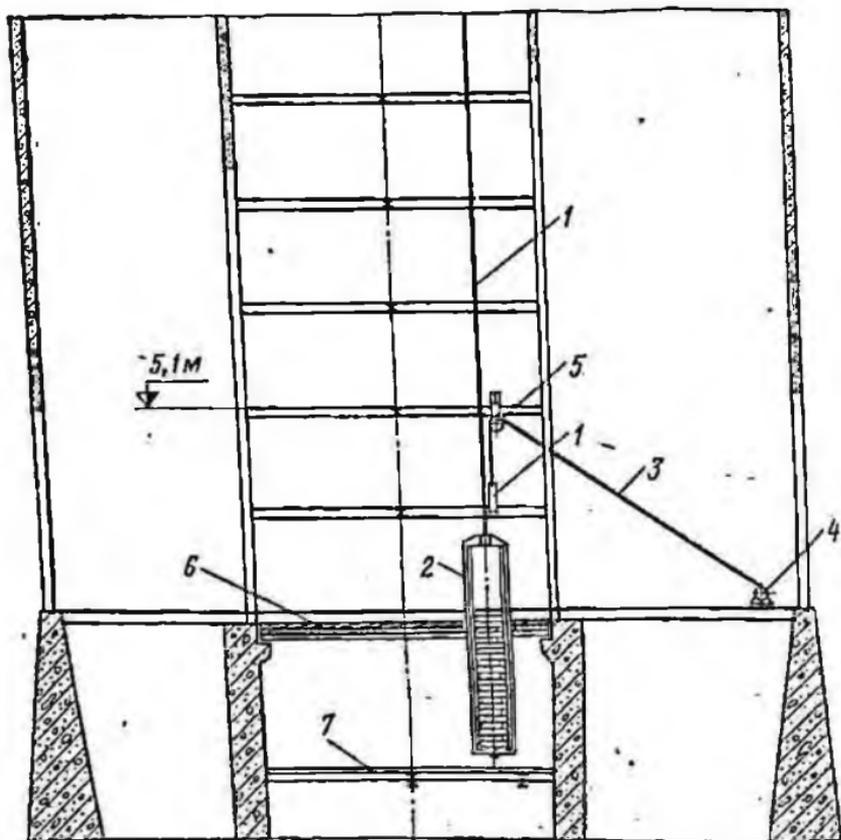


Рис. 24. Схема сборки грузов натяжных устройств:

1 — проводниковый канат; 2 — корзина груза; 3 — канат вспомогательной лебедки; 4 — вспомогательная лебедка; 5 — блок; 6 — разборный полук; 7 — противопожарные яды

ления с использованием проектного мостового крана грузоподъемностью 50 т. Для этого проводниковый канат 2 специальным, сжимом 4 крепился к блоку 5 и мостовым краном 1 приподнимался на высоту не более 500 мм. Затем спимался плашечный сжим, убирались опорные балки 6, развязывались узлы увязки натяж-

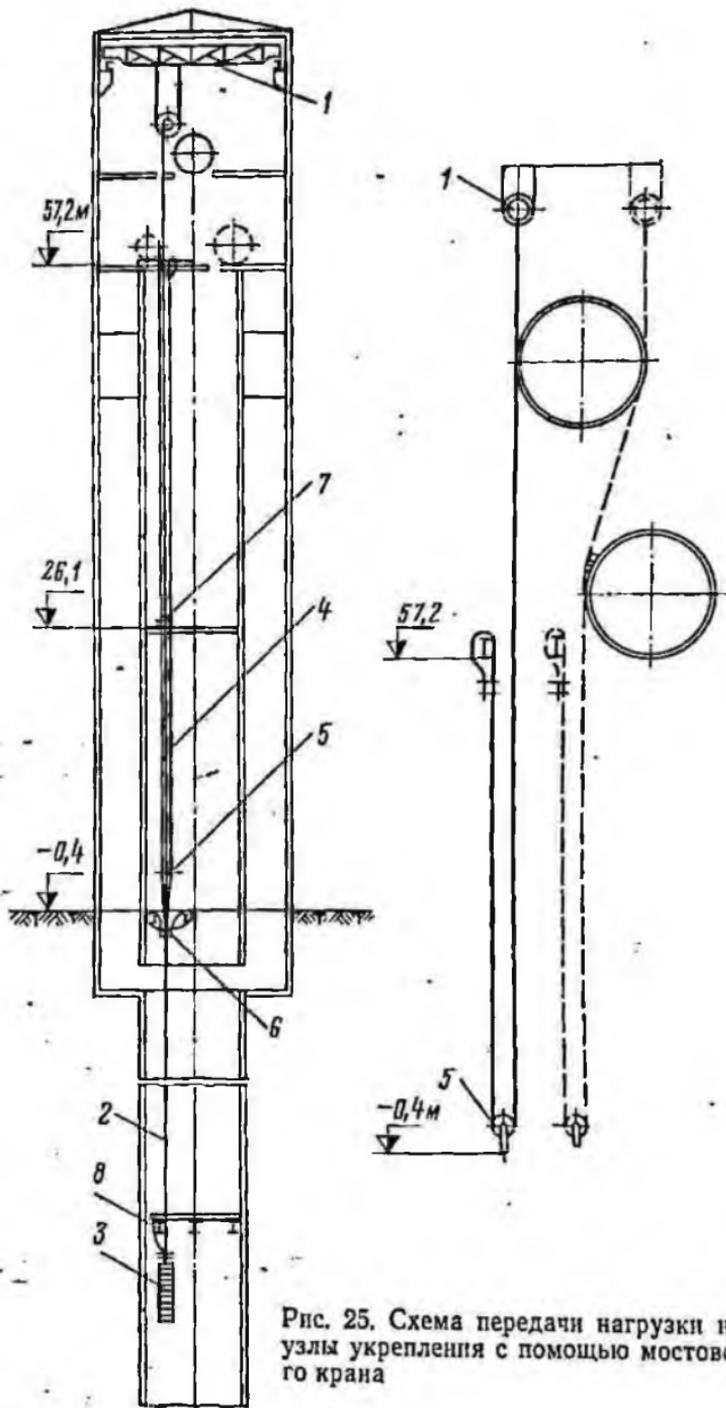


Рис. 25. Схема передачи нагрузки на узлы укрепления с помощью мостового крана

ных устройств в зумпфе ствола и плавно мостовым крапом передавалась нагрузка на проектные узлы крепления. После получасовой выдержки и наблюдения за контрольным сжимом аналогично производился спуск остальных проводниковых канатов.

После окончания монтажа всех проводниковых канатов производилась установка балок в зумпфе ствола, ограничивающих раскачивание натяжных грузов и канатов, выполнялись маркшейдерские работы по проверке точности монтажа и навешивались подъемные сосуды.

Шахта «Красная Звезда» производственного объединения Донецкуголь. Клетевой ствол шахты «Красная Звезда» диаметром в свету 8,0 м пройден на глубину 1200 м. Ствол оборудован многоканатной двухклетевой подъемной установкой с двухэтажными клетями на вагонетку ВГ-3,3 и аварийной одноклетевой подъемной установкой.

Армировка двухклетевого подъема принята канатная, одноклетевого — жесткая.

Навеска проводниковых канатов диаметром 45 мм ГОСТ 7675—55 (сейчас действует ГОСТ 7675—73) производилась с помощью проходческой подъемной машины 2×6×2,4 после установки в стволе жесткой армировки одноклетевой аварийной подъемной установки.

В подготовительный период были выполнены следующие работы:

смонтирована и приведена в рабочее состояние аварийная подъемная установка;

выполнена ревизия проходческой подъемной установки 2×6×2,4;

установлены на отм. +34,7 м башенного копра отклоняющие шкивы диаметром 3000 мм с таким расчетом, чтобы место схода каната со шкива совпадало с осью проводникового каната;

установлены и закреплены на копре коуши КРГ в проектном положении;

перекрыт ствол полком на отм. +0,250 м, установлены балки под рамы грузов; для пропуски грузов через нулевую раму установлена ручная лебедка грузоподъемностью 1,5 т;

на проходческую подъемную машину 2×6×2,4 намотан первый проводниковый канат длиной 1400 м.

Принципиальная схема навески проводниковых канатов показана на рис. 26.

Проводниковый канат с заводской катушки заводился в здание подъемной машины, крепился к одному из барабанов и наматывался на него. Другой конец проводникового каната с помощью вспомогательной лебедки МЭЛ-11,4 через шкив 1 и коуш КРГ (установ-

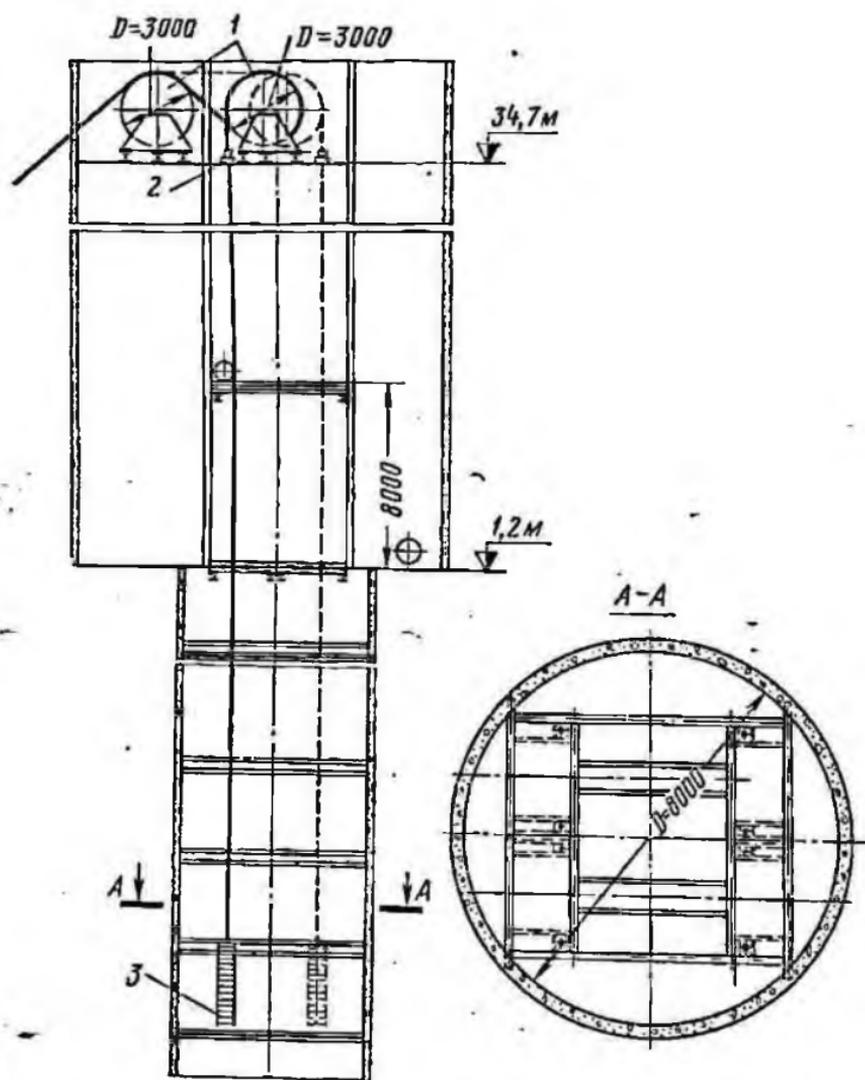


Рис. 26. Схема навески проводниковых канатов в клетевом стволе шахты «Красная Звезда»

ленный на отметке +34,7 м башенного копра) 2 опускался на отм. +1,2 м. После этого лебедкой МЭЛ-11,4 затягивалась рама грузов в станок копра и устанавливалась на балки. Проводниковый канат западцовывался к раме натяжного груза, загружался на высоту 1,5 м и приподнимался на высоту 100—200 мм. Затем убирались из-под нее балки, рама постепенно опускалась и груз добирался до проектной величины. После этого проводниковый канат с набранным грузом 3 подъемной машиной 2×6×2,4 опускался в проектное положение со скоростью 0,3 м/с. Наблюдение за поведением каната велось с аварийной клетки.

Проводниковый канат закреплялся в коуше КРГ и устанавливался контрольный жимок на расстоянии 200 мм от него. После получасовой выдержки оставшийся канат сматывался с барабана подъемной машины и обрубался с таким расчетом, чтобы оставшийся конец каната был длиной не менее 15—20 м от коуша.

Затем наматывался второй проводниковый канат на барабан подъемной машины, передвигались направляющий шкив, рама с роликами и отклоняющий шкив в положение второго каната. Все остальные операции производились как и для первого каната. После окончания навески канатных проводников и маркшейдерской проверки производился монтаж балок в зумпфе ствола, навеска тормозных канатов парашютов и подъемных сосудов.

## ГЛАВА III

# ЭКСПЛУАТАЦИЯ СТВОЛОВ С КАНАТНОЙ АРМИРОВКОЙ

### § 15. ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ

Проводниковые канаты эксплуатационных подъемных установок должны подвергаться по всей длине ежесуточному тщательному осмотру, а отбойные канаты осматриваться не реже двух раз в месяц.

При ежесуточном осмотре контролируется состояние проводниковых канатов, их крепление на копре, направляющих муфт, отбойных лыж и фиксирующих устройств на приемных площадках.

Осмотр проводниковых и отбойных канатов производится с клетки при скорости движения не более 0,3 м/с. При осмотре выполняется детальное обследование поверхности канатов. Результаты осмотра заносятся в журнал.

При обнаружении порывов проволок в проводниковых и отбойных канатах место повреждения должно быть осмотрено лицами технического надзора для определения возможности восстановления поверхности и решения вопроса о дальнейшей эксплуатации этого каната.

Обычно обрыв наружной проволоки закрытого каната не влечет за собой выхода ее из замка. Если же она выходит из замка, то ее необходимо запаять. Для этого концы проволоки стачиваются напильником на клин, очищается бензином место прилегания проволок и производится пайка. Для пайки рекомендуется применять латунный припой. При пайке соединяемые концы проволоки подогревают до температуры плавления припоя. Для локализации поверхности каната в местах пайки проволоки необходимо изолировать поверхность соседних проволок теплоизоляционным материалом (листовым асбестом). Для этого в листе асбеста делается узкий прямоугольный вырез шириной, равной  $3/2$  толщины

проволоки, который размещают под участком пайки. Остальную поверхность каната обматывают этим же листом асбеста, который надежно закрепляют мягкой проволокой. Для пайки рекомендуется применять сварочную горелку с наконечником № 0 или 1.

Не реже одного раза в полгода производится замер диаметров проводниковых и отбойных канатов через каждые 10 м по длине. При обнаружении участков канатов с увеличенным износом контроль их состояния с замером диаметров производится ежемесячно.

В проводниковых канатах эксплуатационных шахт допускается износ 15% номинального диаметра, но не более половины высоты или диаметра наружных проволок.

Повышенный износ канатов наблюдается в местах изменения скоростного режима движения подъемного сосуда (начало и конец ускоренного или замедленного движения) и ниже уровня нижней приемной площадки от коррозии. Поэтому за ними необходим более тщательный надзор. Если происходит местный износ канатных проводников, то допускается передвижение их вниз таким образом, чтобы участок, подвергающийся наибольшему износу, вышел из этой зоны. Передвижка допускается при износе канатов не более 14% номинального их диаметра.

Отбойный канат подлежит замене, если на 100 м длины каната обнаружено более двух обрывов наружных проволок или износ их достиг 50% высоты. Место обрыва проволок должно быть тщательно обвязано тонкой проволокой.

Предельный срок службы проводниковых и отбойных канатов допускается 15 лет.

Осмотр натяжных грузов и узлов крепления к ним канатов производится один раз в 15 дней при остановленной работе подъема и перекрытом полком зумпфе. При обнаружении ослабления натяжения проводникового или отбойного канатов осмотр натяжных грузов производится досрочно.

Осмотр натяжных грузов заключается в проверке количества элементов и их крепления. Натяжные грузы не должны быть заштыбованы или затоплены.

Смазка проводниковых и отбойных канатов производится не менее одного раза в неделю. Особое внимание

уделяется предохранению от коррозии нерабочих участков канатов. Смазка этих участков производится густыми консистентными смазками. Для смазывания проводниковых канатов применяется специальная масленка, позволяющая производить смазывание во время движения подъемного сосуда. Смазка состоит из битума, коллоидного графита, минерального и касторового масла.

## § 16. СМЕНА ПРОВОДНИКОВЫХ И ОТБОЙНЫХ КАНАТОВ

Работа по смене проводниковых и отбойных канатов ведется в соответствии с проектом производства работ или специально разработанными мероприятиями под руководством лиц технического надзора.

Для выполнения работ по смене и навеске проводниковых и отбойных канатов должна привлекаться постоянная бригада рабочих, хорошо проинструктированная о методах и последовательности производимых работ и правилах личной безопасности. Необходимо подготовить нужный материал, исправный инструмент и принять меры для безопасного ведения работ. Навеска новых проводниковых канатов может производиться в такой последовательности.

Подъемный сосуд 1 устанавливается на верхней приемной площадке. Ствол перекрывается надежным полком 2. Старые канатные проводники 3 выводятся из направляющих устройств и разгружаются от натяжных грузов 4 (рис. 27, а). Новый проводниковый канат 9 сматывается с заводской катушки на вспомогательную лебедку. Конец каната пропускается через вспомогательный шкив 5 и крепится к старому канату жимками 6. После этого создается натяжение старого канатного проводника вспомогательной лебедкой. Старый канат обрезается выше жимков и спускается совместно с новым в ствол. Нижний конец каната выводится на горизонт и сматывается на барабан 8, или в бухту, или растягивается электровозом (рис. 27, б). После прихода нового каната на горизонт он отсоединяется от старого и устанавливается в проектное положение (рис. 27, в).

Оставшийся кусок старого проводникового каната освобождается от крепления на копре. Для этого выворачиваются стопорные болты клинового коуша в край-

нее положение, горизонтальные клинья выбиваются ударами молотка, эксцентриковые рычаги разворачиваются вверх до упора колодок в штифты, вертикальные клинья опускаются вниз, после этого освобождается канат.

Новый проводниковый канат крепится жимками на приемной площадке к вспомогательному канату 10, при-

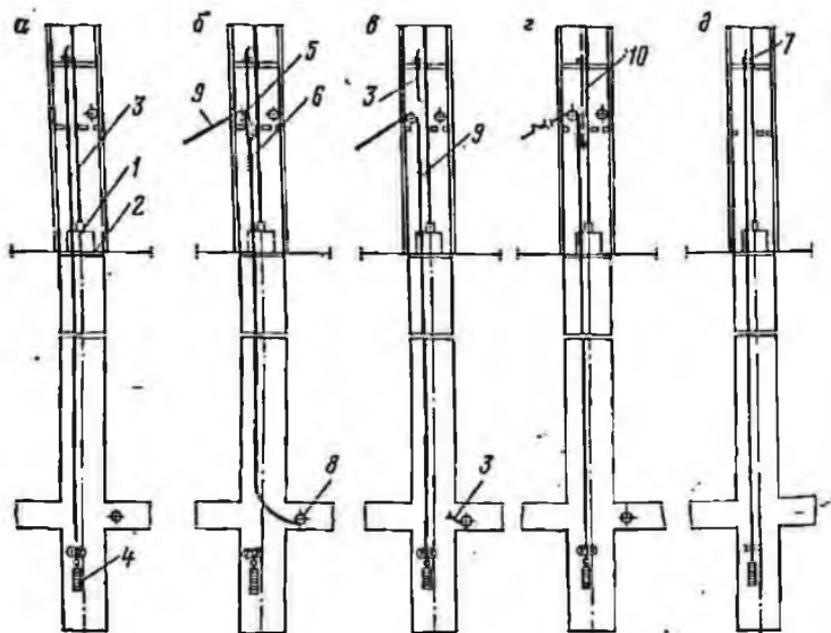


Рис. 27. Принципиальная схема замены проводниковых канатов в створе

поднимается им вспомогательной лебедкой до образования слабины на лебедке и сматывается с ее барабана. Свободный конец каната поднимается на отметку узлов крепления канатов на копре, обрезается и закрепляется в клиновых коушах 7. К нижнему концу каната крепится подвесное устройство натяжного груза и набирается груз 4 (рис. 27, г, д).

Панцировка нового проводникового каната в коушах КРГ производится следующим образом. Проводниковый канат пропускается между вертикальными клиньями коуша, освобожденными от горизонтальных клиньев и

находящимися в крайнем нижнем положении. Через отверстия в нижней крышке корпуса поднимают вертикальные клинья до соприкосновения их с канатом, после чего дальнейшее зажатие каната производится горизонтальными клиньями путем их расклинивания между корпусом коуша и вертикальными клиньями. При этом колodки должны упираться в упорные штифты, а эксцентрикковые рычаги удерживаются от разворота вверх стопорными болтами.

При ведении работ по навеске нового каната необходимо принимать меры для предохранения его от повреждений. Нельзя перед навеской растягивать канат для промера по шахтному двору и укладывать удлиненными петлями, так как при этом нарушается свивка канатов, возможно образование петель, перекрутов прядей каната, а также происходит загрязнение каната абразивным материалом.

При сматывании каната с заводской катушки ее необходимо располагать горизонтально на опорах или в вертикальном положении на специальной плите или роликовой опоре. Катушки должны притормаживаться для обеспечения натяжения каната.

При необходимости резки каната закрытого типа следует у места разреза устанавливать два четырехболтовых зажима. Расстояние между зажимом берется равным 2—4 диаметрам каната. Торцы каната, предназначенного для навески, следует надежно заварить при помощи электросварки или газосварки и только после этого снять зажимы.

Навеска проводниковых и отбойных канатов должна производиться строго в соответствии с проектом.

При замене канатов необходимо соблюдать следующие Правила безопасности:

- надежно устанавливать катушку с новым канатом;
- настилать полки для снятия и установки зажимов при панцировке каната;
- пользоваться предохранительными поясами;
- при резке напущенного каната надежно крепить его отвес вспомогательным канатом;
- надежно перекрывать устье ствола подъемного отделения;
- для подачи необходимых сигналов, связанных с навеской канатов на нулевой площадке обязательно при-



Скорость движения подъемных сосудов 9,8 м/с.

Движение каждого скипа направляется четырьмя канатными проводниками закрытой конструкции диаметром 38,5 мм. Натяжение канатов осуществляется грузами, размещенными в зумпфе ствола. На каждом из скипов установлено по 8 направляющих муфт с чугунными вкладышами. Срок службы вкладышей составляет 3—4 сут.

Движение скипов в проводниках плавное, без толчков и ударов.

Эксплуатация канатной армировки чрезвычайно простая и сводится к периодическому осмотру канатов, узлов крепления их на копре и к натяжным грузам и замене вкладышей направляющих устройств.

Аварий, связанных с канатной армировкой, не наблюдалось.

Ствол в вентиляционном отношении служит для выдачи исходящей струи воздуха. Расход воздуха 184 м<sup>3</sup>/с. Депрессия ствола составляет 44 мм вод. ст. Срок службы канатных проводников не превышает двух лет.

Замена проводников производилась в такой последовательности (рис. 29). Скипы 1 устанавливались на отм. —6 м, и ствол перекрывался полком 2. Старые канатные проводники 3 разгружались и выводились из направляющих муфт на скипе (рис. 29, а). На отм. ±0 монтировался вспомогательный шкив 4. Новый канат 5 наматывался на барабан лебедки ЛП-18, через шкив заводился в ствол и крепился к старому канату четырьмя жимками 6, после чего производилось натяжение старого каната лебедкой ЛП-18 до образования слабину выше жимков (рис. 29, б). Верхний конец старого каната обрезался у жимков и производился спуск старого и нового канатов в ствол. Нижний конец старого каната выводился через бункер для улавливания мелочи и укладывался в бухту (рис. 29, в). После прихода нового каната на 10 м ниже породного загрузочного устройства старый канат отсоединялся от нового. На новом канате закреплялась рама для навески грузов 7. С отм. +43 м башенного копра убирался кусок старого каната. С отм. +56 м опускался вспомогательный канат 8 диаметром 38 мм и на отм. —6 м крепился к новому проводниковому канату четырьмя жимками 9. После этого производился напуск канатного проводника с ле-

бедки ЛП-18. После выдержки в течение 5 мин проводниковый канат обрезался на нужную длину, с помощью вспомогательного каната поднимался на отм. +43 м и закреплялся в клиновой муфте 10 (рис. 29, г). Затем

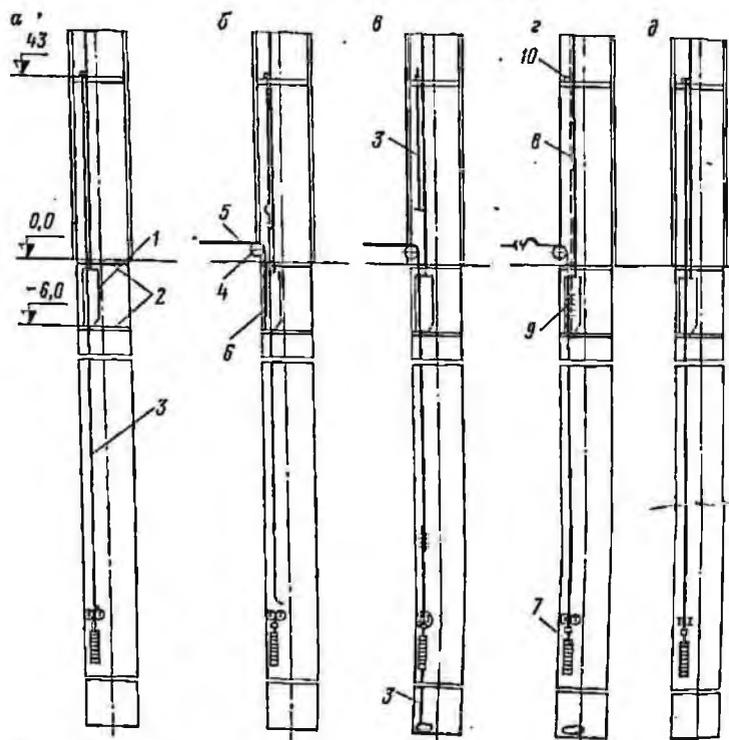


Рис. 29. Схема замены проводниковых канатов в скиповом стволе шахты им. Бажанова

вспомогательный канат отсоединялся от проводникового и производилась навеска грузов. Новый канатный проводник заводился в направляющие устройства скипа. Полок и вспомогательный шкив демонтировались (рис. 29, д). На замену четырех канатных проводников затрачивались одни сутки.

Клетевой ствол (рис. 30) диаметром в свету 8 м пройден на глубину 1012 м. Ствол оборудован одной

двухклетевой многоканатной подъемной установкой с двухэтажными неопрокидными клетями на одну вагонетку ВГ-2,5 в этаже. Армировка ствола канатная. Скорость подъема — 9,8 м/с. Движение каждой клетки

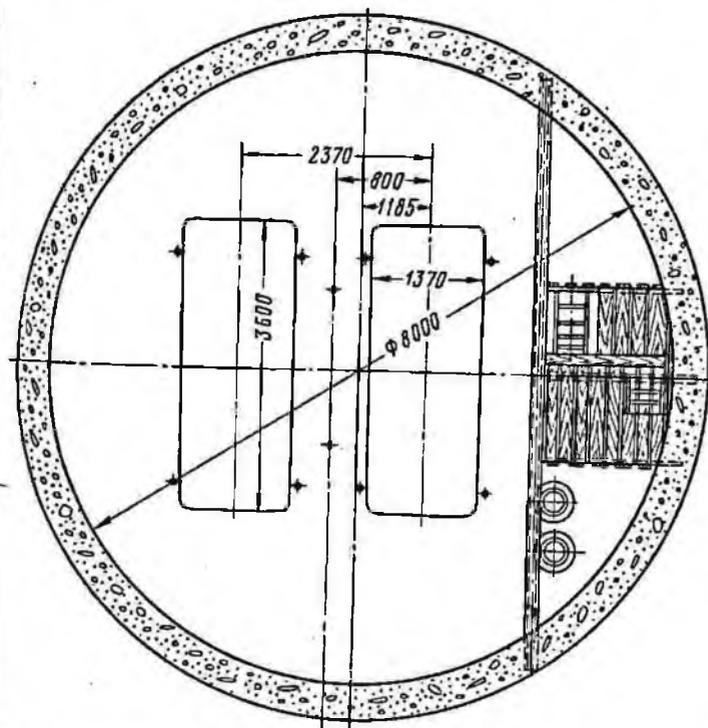


Рис. 30. Сечение клетевго ствола шахты им. Бажанова

направляется четырьмя проводниковыми канатами закрытой конструкции диаметром 38,5 мм. Между клетями навешены два отбойных каната той же конструкции. Натяжение канатов производилось грузами, которые размещались в зумпфе ствола.

Срок службы проводниковых канатов 3 года, отбойных — до 10 лет.

Движение клеток в канатных проводниках плавное. В процессе эксплуатации имело место зависание клетки

В стволе из-за местного раздутия на канатном проводнике вследствие низкого качества каната. Авария не имела серьезных последствий и была ликвидирована за две смены.

По стволу поступает в шахту 310 м<sup>3</sup>/с свежего воздуха. Депрессия составляет 40 мм вод. ст. Применение канатной армировки стволов шахты им. Бажанова показало ее надежность и перспективность для условий глубоких стволов, оборудованных многоканатными клетевыми подъемными установками.

Шахта «Западная-Капитальная» производственного объединения Ростовуголь. Клетевой ствол диаметром 6 м пройден на глубину 675 м. Ствол оборудован одноканатной двухклетевой подъемной установкой с двухэтажными клетями на одну вагонетку ВГ-3,3 в этаже и одноклетевым с противовесом инспекторским подъемом с клетью на два человека. Армировка ствола канатная. Направление движения каждой рабочей клетки осуществляется четырьмя канатами закрытой конструкции с диаметром 32 мм, расположенными симметрично по углам клетки, направление аварийной клетки — двумя канатными проводниками с диаметром 22 мм той же конструкции (рис. 31). Между смежными клетями навешены отбойные канаты диаметром 32 мм прядевой конструкции.

Натяжение канатов осуществляется грузами, размещенными в зумпфе. Канатные проводники и отбойные канаты крепятся на копре и к натяжным грузам с помощью клиновых регулируемых коушей типа КРГ. На верхней и нижней приемных площадках клетки фиксируются жесткими проводниками. Проектная максимальная скорость движения клеток 11,2 м/с.

В качестве подъемных были применены канаты обычной конструкции с диаметром 52 мм ГОСТ 3071—55 (в настоящее время действует ГОСТ 3071—74). Из-за значительного закручивания клеток во время движения по канатным проводникам и искривления ствола расстояние между клетью и крепью ствола на участке протяженностью около 400 м составляло всего лишь 190 мм вместо 340 мм по проекту. В связи с этим скорость подъема была ограничена до 3,0 м/с. В 1974 г. было принято решение для увеличения минимального расстояния между крепью и клетью обрезать угол кле-

ти. После этого минимальное расстояние возросло до 250 мм и скорость подъема была увеличена до 8,5 м/с.

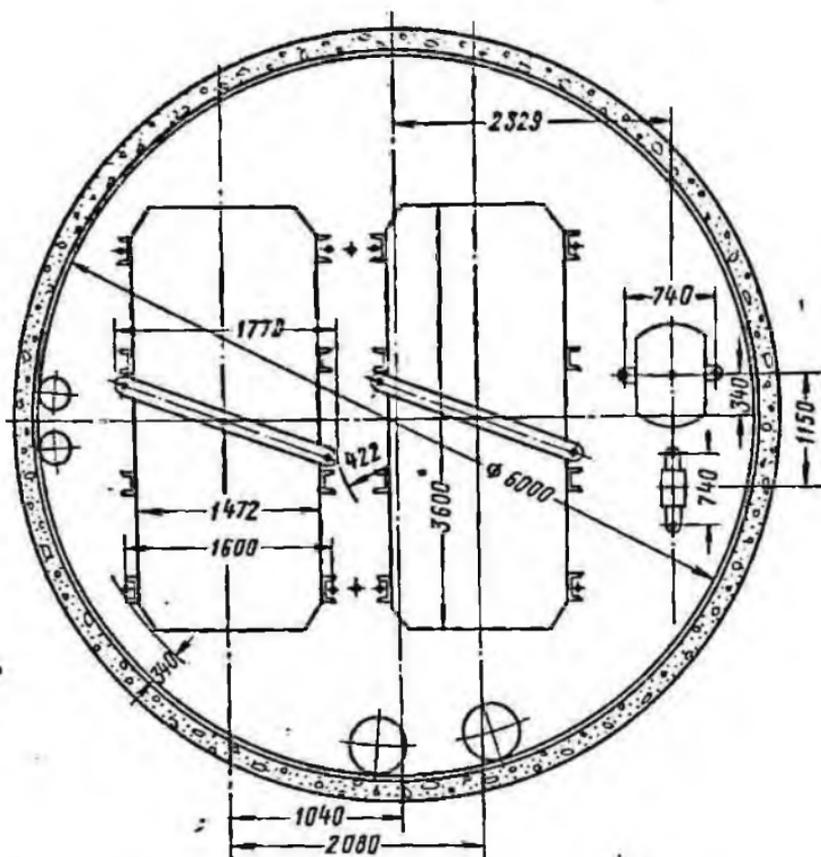


Рис. 31. Сечение вспомогательного ствола № 2 шахты «Западная-Капитальная»

За период эксплуатации ствола с 1968 г. аварий подъемной установки, связанных с канатной арматурой, не наблюдалось.

По стволу поступает в шахту 128 м<sup>3</sup>/с свежего воздуха. Депрессия составляет 18 мм вод. ст.

Шахта «Соколовская» производственного объединения Ростовуголь. Скиповый ствол шахты «Соколовская» сдан в эксплуатацию в 1963 г. (рис. 32). Ствол диамет-

ром в свету 6,5 м пройден на глубину 260 м. Ствол закреплен железобетонными тубингами и оборудован двумя одноканатными подъемными установками: двух-

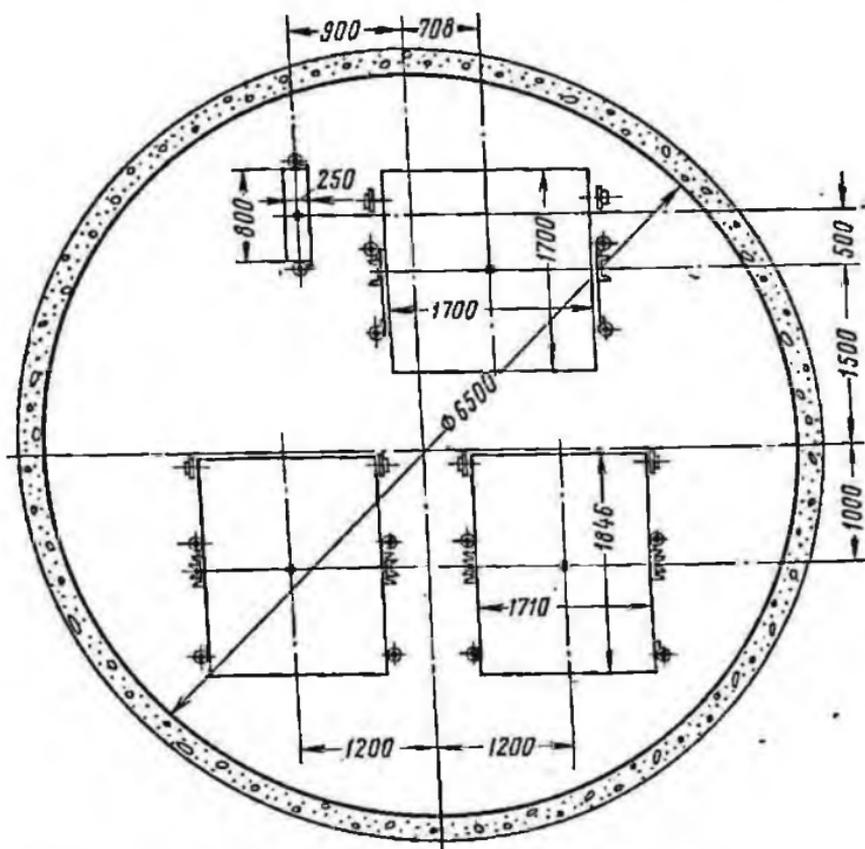


Рис. 32. Сечение скипового ствола шахты «Соколовская»

скиповой для выдачи 4000 т угля в сутки скипами грузоподъемностью 8 т и односкиповой с противовесом для выдачи породы скипом грузоподъемностью 6 т. Армирование ствола — канатная. Рабочая скорость движения угольного и породного скипов 6,7 м/с.

Направление движения каждого из скипов осуществляется четырьмя канатными проводниками, а противовеса — двумя. Отбойные канаты в стволе отсутствуют. Из 14 канатов закрытой конструкции диаметром 32 мм,

навешенных перед сдачей шахты в эксплуатацию, в течение трех-четырёх лет 10 были заменены прядевыми канатами того же диаметра из-за нарушений фасонных проволок наружного слоя вследствие низкого качества канатов. Оставшиеся в стволе четыре каната закрытой конструкции через 10 лет эксплуатации находились в хорошем состоянии. Срок службы прядевых канатов составляет от 2 до 4 лет.

Натяжение канатов производится грузами, размещаемыми в зумпфе. Для крепления канатов используются клиновые коуши.

Предусмотренные проектом чугунные вкладыши направляющих муфт в процессе эксплуатации изнашивались в течение 2—3 сут, что приводило к преждевременному истиранию канатов. Вследствие этого они были заменены набивкой из конвейерной ленты. Срок службы набивки составляет 7—9 сут.

В связи с тем, что при движении противовеса по двум направляющим канатам наблюдалось значительное закручивание, которое создавало угрозу столкновения его с породным скипом, на нем было установлено проходческое прицепное устройство с вертлюгом. После этого закручивание противовеса прекратилось.

В копре и нижней загрузочной площадке скипы фиксируются жесткими проводниками.

Аварий подъемных установок, связанных с канатной арматурой, за 12 лет эксплуатации не наблюдалось. Скипы по проводникам движутся плавно, без толчков. Такое движение оказывает благоприятное влияние на работу подъемных канатов, средний срок службы которых превышает 12 мес. Между тем на подъемных установках с жесткими проводниками с аналогичной интенсивностью работы он не превышает 9 мес.

Из-за отсутствия промежуточных расстрелов в стволе и узлов крепления к ним проводников эксплуатация арматуры исключительно проста и практически сводится к периодическому осмотру и замене набивки направляющих устройств.

В 1972 г. авторами были проведены исследования движения скипов в канатных проводниках с помощью киносъёмки [33].

Перед началом исследования в стволе было установлено два отвеса из стальной проволоки диаметром

1,4 мм. Роль третьего отвеса выполняли подъемные канаты породного скипа или противовеса. При исследовании проводилась одновременная киносъемка трех отвесов с движущегося сосуда.

Кинокамеры устанавливались параллельно осям скипа с таким расчетом, чтобы отвесы при положении скипа на нулевой площадке ствола совмещались с вертикальной осью кадра (см. рис. 33).

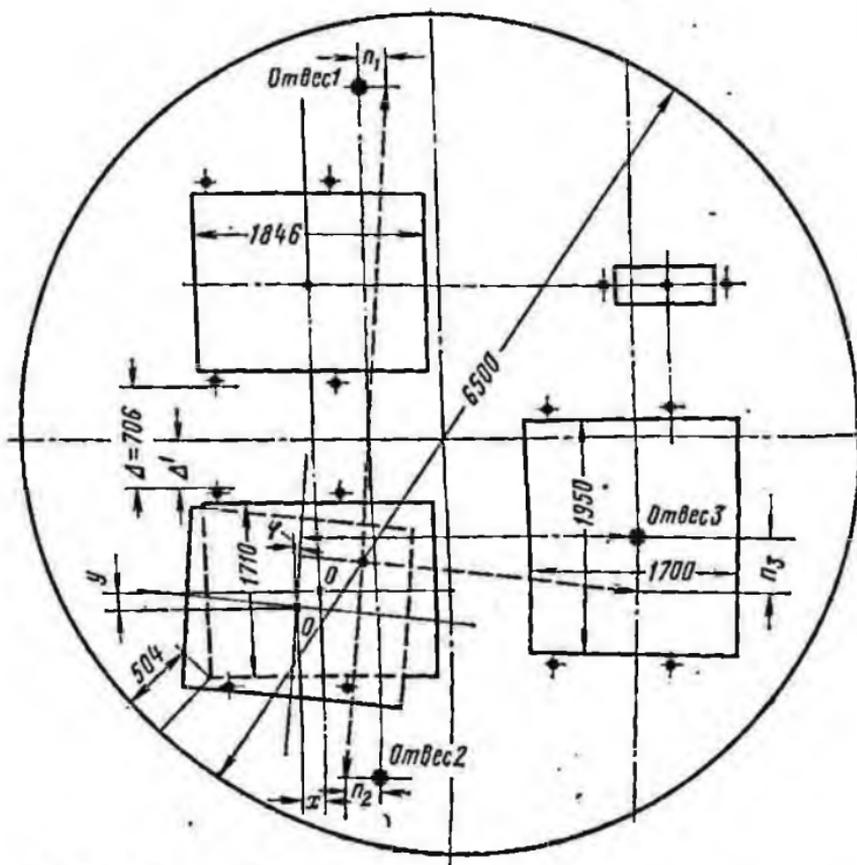


Рис. 33. Расчетная схема для определения колебаний скипа

Киносъемка отвесов производилась на 8-миллиметровую киноплёнку со скоростью 16 кадров в секунду при спуске и подъеме порожнего и груженого скипа со скоростью 3,3 и 6,6 м/с.

Глубина стола, м	$l_1$ , мм	$l_2$ , мм	$l_3$ , мм	$\varphi$ , град	$2x$ , мм	$2y$ , мм	Южный сканп $a$ , мм	Северный сканп $\Delta$ , мм	$\Delta$ , мм (максимум с различным взаимным смещением сканпов)	$\Delta$ , мм (максимум с осью подъема — жидкого стекла)
0	0	0	0	0° 0'	0	0	500	490	760	760
10	160	10	50	3° 30'	100	60	510	600	710	730
30	200	780	120	4° 30'	150	100	450	530	640	720
50	560	100	360	5° 45'	160	140	400	520	560	680
70	320	300	280	7° 15'	220	200	380	520	500	660
90	600	60	420	8° 30'	280	240	370	470	420	660
110	560	430	600	9° 00'	340	260	360	480	400	660
130	580	400	600	9° 00'	340	240	350	470	400	660
150	480	340	280	8° 15'	300	220	350	470	410	660
170	660	100	380	7° 30'	240	220	390	480	460	670
190	420	160	340	6° 15'	200	120	410	500	560	670
210	260	280	200	5° 00'	180	100	420	530	620	680
230	240	200	140	4° 00'	140	80	450	510	660	700
250	220	20	200	2° 25'	60	50	490	610	710	730
270	0	0	0	0° 00'	0	0	480	617	760	760

В процессе кино съемки фиксировалось смещение отвесов относительно вертикальной оси кадра вследствие закручивания и колебания движущегося подъемного сосуда в канатных проводниках. Величина смещения каждого из отвесов определялась путем проектирования полученных кадров на одномасштабную с ними координатную сетку.

На основании полученных смещений ( $n_1$ ,  $n_2$ ,  $n_3$ ) производился расчет следующих элементов движения сканпов в канатных проводниках: угла закручивания сосуда в канатных проводниках, образующегося вследствие неуравновешенной силы упругости подъемного каната,  $\varphi$ , градус; отклонения центра тяжести сосуда в горизонтальной плоскости вдоль его длинной оси  $x$ , мм; отклонения центра тяжести сосуда в горизонтальной плоскости вдоль его короткой оси  $y$ , мм; расстояния между движущимися сосуда и проектным профилем крени ствола  $\Delta$ , мм; расстояния между движущимся подъемным сосудом и осью подъема  $\Delta'$ , мм.

Расчеты производились с помощью ЭВМ «Илари-2» путем последовательного решения уравнений, получен-

ных методом геометрических построений. В табл. 11 приведены итоги расчетов для варианта движения груженого скипа со скоростью 6,6 м/с.

Анализ расчетов показал, что при движении скипа вниз (к середине ствола) по мере уменьшения сопротивления канатных проводников скип поворачивается в сторону раскручивания подъемного каната. При дальнейшем движении вниз по мере роста сопротивления канатных проводников скип поворачивается в обратном направлении.

Угол закручивания скипа увеличивается с ростом концевой нагрузки. Так, для порожнего скипа он составлял  $7^{\circ}30'$ , а для груженого —  $9^{\circ}$ .

Во время движения скипа в канатных проводниках происходят его колебания в горизонтальной плоскости. Амплитуда колебания скипа возрастает по мере приближения его к средней части ствола и затем уменьшается.

Максимальные значения величины смещения центра тяжести скипа в горизонтальной плоскости от первоначального положения были получены в средней части ствола; для груженого скипа при скорости движения 6,6 м/с, они составляли 170 мм вдоль длинной оси скипа и 130 мм вдоль короткой оси.

Вследствие указанных выше причин расстояния между скипом и крепью ствола и двумя движущимися скипами являются переменными величинами. Минимальные значения этих расстояний были получены при скорости груженого скипа 6,6 м/с и составляли соответственно 350 и 400 мм.

Приведенный метод исследования не требует сложного специального оборудования, дает высокую достоверность результатов и может быть рекомендован для изучения движения подъемных сосудов в канатных проводниках.

**Шахта «Глубокая» производственного объединения Ростовуголь.** Вентиляционные стволы № 1 и 2 пройдены соответственно диаметром в свету 5,0 и 4,5 м на глубину 720 и 692 м и оборудованы двухклетевой и одноклетевой с противовесом подъемными установками с одноэтажными клетями на вагонетку ВГ-1,3 и лестничными отделениями (рис. 34). Назначение подъемных установок — спуск — подъем людей в аварийных случаях.

Армировка стволов канатная. Канатные проводники

диаметром 32 мм закрытой конструкции расположены по углам подъемных сосудов. Между двумя смежными клетями, клетью и противовесом навешены отбойные канаты диаметром 40,5 мм прядевой конструкции. Натя-

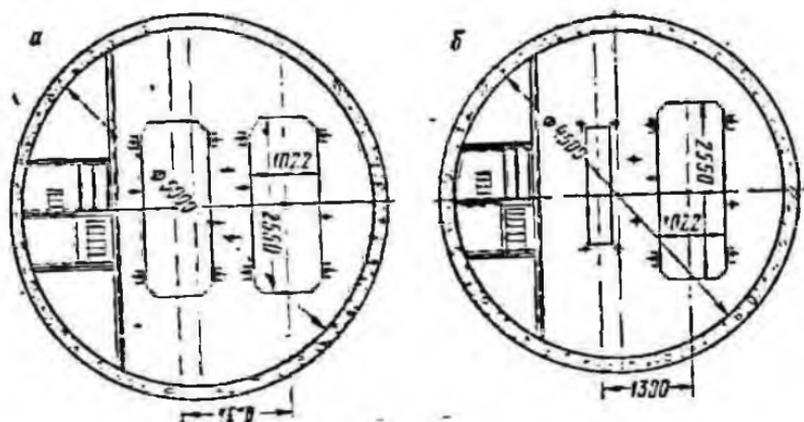


Рис. 34. Сечение вентиляционных стволов шахты «Глубокая» № 1 (а) и № 2 (б)

жение канатов создается грузами, размещенными в зумпфе ствола. Канаты крепятся клиновыми коушами на усиленном поясе копра и к натяжным грузам.

Скорость движения клетей 5 м/с. Стволы эксплуатируются с 1967 г.

Шахта им. 50-летия Октября производственного объединения Карагандауголь. Вспомогательный ствол № 6 диаметром в свету 7 м и глубиной 418 м оборудован двухклетевой одноканатной подъемной установкой с одноэтажными клетями на одну вагонетку грузоподъемностью 3 т. Подъемная установка рассчитана на одновременную работу с двух горизонтов.

Ствол оборудован канатными проводниками. Вдоль наружных длинных сторон клетей расположены четыре канатных проводника 1 диаметром 32 мм закрытой конструкции, а между сосудами — два отбойных каната 2 диаметром 40 мм прядевой конструкции (рис. 35).

Крепление верхних концов каната на усиленном поясе копра осуществлено клиновыми устройствами, позво-

ляющими периодически поворачивать канат. Каждая пара направляющих канатов натягивается одним общим грузом при помощи равноплечной рычажной системы.

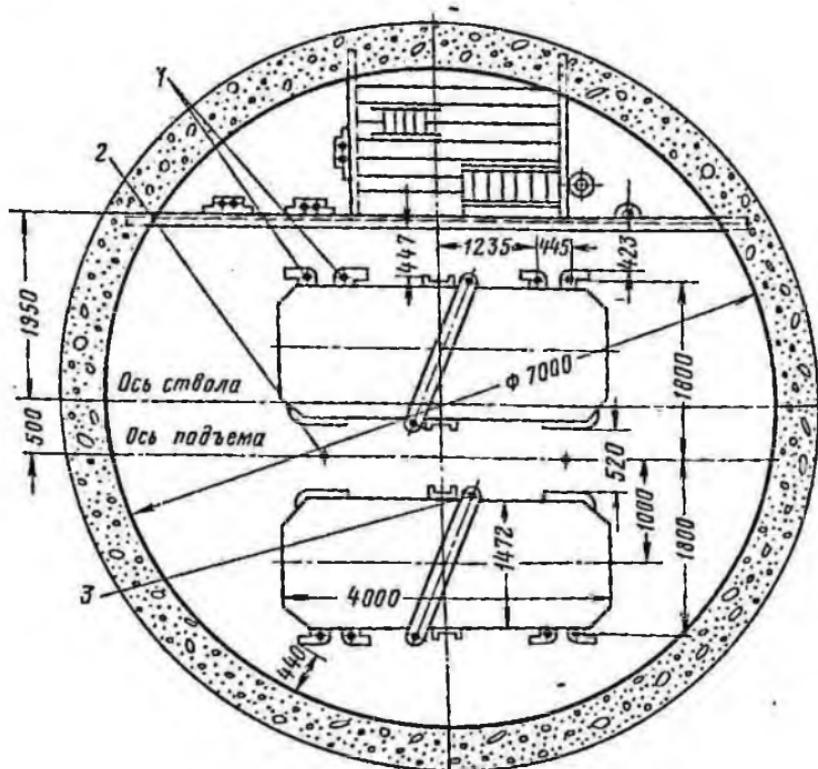


Рис. 35. Сечение вспомогательного ствола № 6 шахты № 22

Точная установка клеток на нулевой приемной площадке осуществляется в результате крепления на клетки дополнительных башмаков, которые входят в жесткие направляющие, смонтированные на подкопровой раме (рис. 36).

Для фиксирования положения клеток на промежуточном горизонте используются специальные откидные площадки, которые одновременно служат основанием для посадки клетки. Точность входа обеспечивается четырьмя полураструбами, расположенными по углам пло-

щадок. В нерабочем положении откидные площадки под действием контргрузов всегда находятся в поднятом положении и обеспечивают безопасный проход клетей на конечном горизонте.

В околоствольном дворе фиксирование клетки производится в жестких направляющих, конструкция которых подобна копровым.

Максимальная скорость работы подъемной установки 5,2 м/с.

Подъемная установка находится в эксплуатации с 1968 г. По данным на 1971 г., замена канатных проводников не производилась. Износа канатов в местах остановки клетей на верхней, промежуточной и нижней приемных площадках не наблюдается. Замена бронзовых вкладышей направляющих муфт производится через 8—10 сут.

При движении по стволу наблюдаются повороты клетей в сторону раскручивания подъемного каната. Это явление устраняется до пределов допустимых зазоров путем отсоединения каната с коушем от клетки на

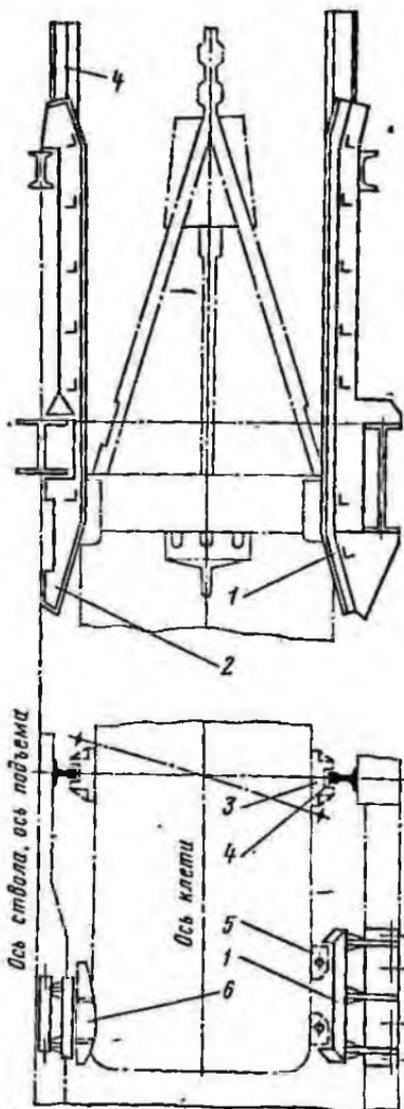


Рис. 36. Жесткие направляющие на копре:

1—раструб; 2—направляющие; 3—башмаки клетки; 4—рельсовые проводники в копре; 5—башмаки направляющих канатов; 6—отбойники на клетях

нижней приемной площадке. Освобожденный канат делает пять-шесть оборотов, после чего раскручивание прекращается.

Применение канатной армировки в стволе № 6 снизило коэффициент аэродинамического сопротивления ствола по сравнению с жесткой армировкой  $\alpha \cdot 10^{-4}$  с 32 до 9,6 кгс·с/м<sup>3</sup>.

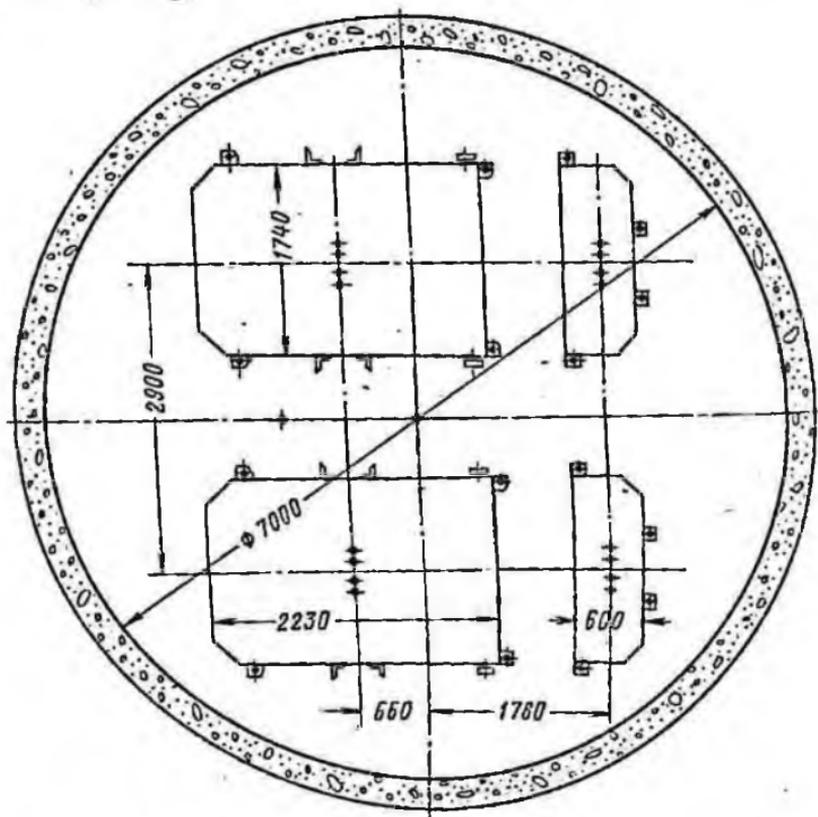


Рис. 37. Сечение скипового ствола шахты «Анжерская»

Скиповой ствол шахты «Анжерская» производственного объединения Кузбассуголь. Ствол пройден диаметром в свету 7 м на глубину 534 м и закреплен монолитной бетонной крепью. Из расчета последующей углубки ствола до глубины 670 м и выдачи угля одновременно с двух горизонтов ствол оборудован двумя одно-

скиповыми с противовесами многоканатными подъемными установками с подъемными машинами МК 3,25×4 и скипами емкостью 17,5 м<sup>3</sup> с донной разгрузкой. Рабочая скорость подъема 8,87 м/с. Каждая из подъемных установок после углубки ствола позволяет производить выдачу угля со всех горизонтов и тем самым устраняет неравномерность в работе внутришахтного транспорта. Армировка ствола — канатная. Движение каждого подъемного сосуда и противовеса направляется четырьмя канатными проводниками закрытой конструкции диаметром 38 мм (рис. 37). Отбойные канаты навешены только между двумя смежными подъемными сосудами. Между сосудом и противовесом, а также между смежными противовесами отбойные канаты отсутствуют. Натяжение проводниковых и отбойных канатов осуществляется натяжными грузами, размещенными в зумпфе ствола. Проводниковые и отбойные канаты закреплены на усиленном поясе копра и к натяжным грузам с помощью коушей КРГ. В загрузочных камерах ствола и в башенном копре положение скипов фиксируется жесткими проводниками из рельсов Р38.

При углубке ствола будет необходимо произвести демонтаж натяжных грузов на горизонте 500 м, замену жестких фиксирующих устройств на откидные и навеску новых проводниковых и отбойных канатов на всю глубину ствола.

Ствол находится в эксплуатации с 1972 г.

---

## ГЛАВА IV

### ЗАРУБЕЖНЫЙ ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ КАНАТНОЙ АРМИРОВКИ

---

Канатная армировка вертикальных стволов находит все более широкое применение в горнодобывающей промышленности Англии, Франции, США, ПНР, ФРГ, ЮАР, Швеции, Канады и других стран. Технические характеристики ряда зарубежных стволов, оборудованных канатной арматурой, приведены в табл. 12.

Родиной канатной армировки считают Германию, где в конце XIX в. в Мансфельде при разработке медистых сланцев эксплуатировалось 14 главных и 12 вспомогательных стволов, оборудованных канатными проводниками. Дальнейшее применение этого вида армировки в Германии было прекращено из-за отсутствия надежной конструкции парашютов и требования горной инспекции об обязательном применении их на людских подъемах.

В Англии канатная армировка получила широкое применение. В настоящее время в английской каменноугольной промышленности эксплуатируется более 1000 (включая 1000 шахтных стволов), оборудованных канатной арматурой, которая используется для подъема и спуска людей, материалов и оборудования. Для этих стволов являются характерными диаметр и свету от 6 до 7 м; преобладающая высота подъемов и интервалов 600—800 м; полезная грузоподъемность главных подъемов 12—15 т, вспомогательных — до 10 т; скорость подъема 10—15 м/с.

Стволы с канатной арматурой обычно оборудуются одной подъемной установкой. Для двухклетевых подъемных установок применяются клетки с площадью пола этажа не более 4 м<sup>2</sup>, а для одноклетевых с противовесом — до 5—6 м<sup>2</sup>.

В стволах с канатной арматурой для более рационального использования их сечения лестничные отделения не устраиваются. На случай заклинивания сосуда в



Канатная армировка вертикальных стволов находит все более широкое применение в горнодобывающей промышленности Англии, Франции, США, ПНР, ФРГ, ЮАР, Швеции, Канады и других стран. Технические характеристики ряда зарубежных стволов, оборудованных канатной армировкой, приведены в табл. 12.

Родиной канатной армировки считают Германию, где к концу XIX в. в Мансфельде при разработке медистых сланцев эксплуатировалось 14 главных и 12 вспомогательных стволов, оборудованных канатными проводниками. Дальнейшее применение этого вида армировки в Германии было прекращено из-за отсутствия надежной конструкции парашютов и требования горной инспекции об обязательном применении их на людских подъемах.

В Англии канатная армировка получила широкое применение. В настоящее время в английской каменноугольной промышленности эксплуатируется более 100 стволов (свыше 50% всех стволов), оборудованных канатной армировкой, которые используются для подъема полезного ископаемого, спуска — подъема людей, материалов и оборудования. Для этих стволов являются характерными: диаметр в свету от 6 до 7 м; преобладающая высота подъема в интервале 600—800 м; полезная грузоподъемность скиповых подъемов 12—15 т, вспомогательных — до 10 т; скорость подъема 10—15 м/с.

Стволы с канатной армировкой обычно оборудуются одной подъемной установкой. Для двухклетевых подъемных установок применяются клетки с площадью пола этажа не более 4 м<sup>2</sup>, а для одноклетевых с противовесом — до 5—6 м<sup>2</sup>.

В стволах с канатной армировкой для более рационального использования их сечения лестничные отделения не устраиваются. На случай зависания сосуда в

Таблица 12

Страна, шахта	Глубина, м	Диаметр или размеры сечения ствола, м	Полезная грузоподъемность сосудов, т	Скорость подъема, м/с	Число канатных проволочников	Число отбойных молотков	Расстояние между смежными подъемными сосудами, мм	Расстояние между подъемным сосудом и крепью, км
<b>ГДР</b>								
№ 2 им. Маркса-Энгельса . . . . .	785	5,5	11,0	12,0	4	2	360	560
<b>ФРГ</b>								
«Зигфрид-Гизен» . . . . .	750	4,5	8,0	15,0	4	4	440	375
«Рансбах» . . . . .	750	4,5	9,0	12,0	4	2	300	400
«Ганс-Вайдель» . . . . .	480	4,8	—	—	4	—	—	—
«Маркс-Ладеман» . . . . .	456	3,44	1,65	14,0	4	—	850	200
<b>Англия</b>								
«Коттрейв» № 1 . . . . .	577	6,78	15,0	10,4	4	—	395	355
«Коттрейв» № 2 . . . . .	577	6,78	—	—	—	—	—	—
«Парксайд» № 1 . . . . .	810	7,3	—	—	—	—	—	—
«Парксайд» № 2 . . . . .	810	7,3	15	13,7	4	2	395	753
«Мосли-Комман» № 4 . . . . .	787	5,5	—	14,0	4	2	400	450
«Мэнтон» № 4 . . . . .	915	7,3	12,0	12,2	4	4	400	800
«Бeverкоутс» № 1 . . . . .	824	6,79	—	14,9	4	—	1145	350
«Бeverкоутс» № 2 . . . . .	861	6,79	12,0	14,5	4	—	1050	450
«Бродсворт» № 1 . . . . .	769	6,25	—	12,8	4	2	700	620
«Бродсворт» № 2 . . . . .	769	6,25	22	11,5	4	2	750	560
«Клипстон» № 1 . . . . .	853	6,4	—	14,0	4	4	765	355
<b>Франция</b>								
«Ливин» № 7 . . . . .	904	6,0	12	—	—	—	—	—
«Штаффельфельден» . . . . .	878	—	30	16,5	4	4	500	400
<b>ПНР</b>								
«Сосновец», стволы:								
«Евгениуш» . . . . .	280	—	5,5	6,0	4	—	155	—
«Анна» . . . . .	280	5,5	7,51	13,0	4	—	500	350
<b>Швеция</b>								
«Кируна» № 1 и 8 . . . . .	540	2,9×5,6	20,0	8,3	4	—	—	—
«Кируна» № 9 и 10 . . . . .	540	19 м <sup>2</sup>	20,0	11,0	4	—	—	—
«Туолуваара» . . . . .	473	—	10,7	11,0	4	—	—	—
«Гренгсберг» II . . . . .	645	13,5 м <sup>2</sup>	15,5	12,0	4	—	900	300
«Гренгсберг» III . . . . .	645	13,5 м <sup>2</sup>	15,5	12,0	2	—	1000	300
<b>ЮАР</b>								
«Хармони» . . . . .	1440	7,3	5	—	2	4	—	—
«Хартбессфонгейн» . . . . .	1760	7,3	8	—	4	—	991	—

Страна, шахта	Глубина, м	Диаметр или размеры сечения ствола, м	Полезная грузоподъемность сосудов, т	Скорость подъема, м/с	Число канатных проводников	Число отбойных катушек	Расстояние между смежными подвешенными сосудами, мм	Расстояние между подвешенным сосудом и крепью, мм
«Баффельсфонтейн» . . .	1590	6,7	11,5	—	4	—	1067	117
Ф. С. Сайплас I . . . . .	1775	6,7	8	—	4	2	686	—
«Блэкфонтейн» . . . . .	2000	—	—	15,2	—	—	—	—
«Нью-Моддерфонтейн» № 1 . . . . .	685	5,5	15	20,3	4	2	457	440
«Нью-Моддерфонтейн» № 2 . . . . .	872	6,1	15	20,3	4	4	763	630
«Краун» № 15 . . . . .	1061	6,08	15	17,5	4	2	458	345
Чили								
Установка № 1 . . . . .	914	6,7	12	12	4	2	640	600
Установка № 2 . . . . .	900	—	9	13	—	—	—	—
США								
«Виски Ислянд I» . . . . .	549	5,5	20	6,6	4	—	—	—
«Виски Ислянд II» . . . . .	549	5,5	15	3,55	4	2	—	—
«Кэн Крик Майн» . . . . .	827	7,0	20	—	4	—	700	—
Канада								
«Ярбоу» . . . . .	—	5,64	21,8	15,2	2	4	650	325

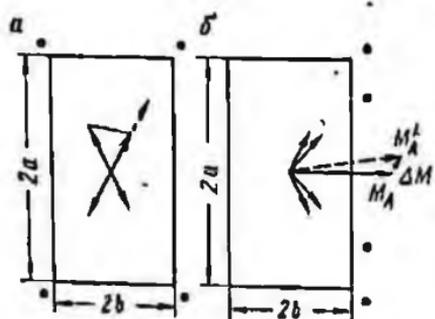


Рис. 38. Крутящие моменты, вызываемые сопротивлением трению, у канатных проводников:

*a* — при двустороннем боковом расположении проводников; *b* — при расположении проводников вдоль одной длинной стороны клетки

стволах предусматриваются стационарные или передвижные подъемные установки, а для ремонта используются специальные подвесные полки.

В английской практике число канатных проводников для каждого подъемного сосуда изменяется от 2 до 6

и как правильно равно в Предположение отсюда равно  
 должно канатных производных в виде наружной дуги  
 при стороны сего. Там же равнозначные производной,  
 по мнению естественной статистической, обнаруживает бол-  
 шую правдоподобности, поэтому сего. Это обнаружива-  
 ются следующим образом:

Выводимая, в канале по дуге, если она  
 трени вызвала, утратив, канат, для  $M_1$ . При ра-  
 равности производных в, если сего, для трени у  
 всех канат и канатных, в том, канат, канатной  
 дуги, для, трени, сего, в канат, канатной, в  
 канатной, у канатной, в, трени, канат,  $M_1$ , кото-  
 рый канатной, трени, сего, в канатной, трени,  
 для канат. Там же, канатной, трени, канат-  
 ный производные в, трени, канатной, канатной, сего,  
 канатной, канатной, канатной, канатной, трени, трени,  
 канатной, в, канатной, канатной, трени, трени,  
 что канатной, канатной, канатной, трени.

Для канатной, канатной, в, канатной,  
 стороны канатной, трени, канатной, канатной, канат-  
 ные канатной, трени, канатной, в, канатной, канатной,  
 дет канатной, канатной, в, канатной,  $M_1$ , в, канатной,  
 канатной, трени,  $M_1$ , трени, канатной, в, канатной, в  
 канатной, трени,  $M_1$ , канатной, трени.

Если сего, канатной, канатной, в, канатной, у  
 $+M_1$  и  $-M_1$  канатной, канатной, канатной, трени,  
 жене канатной, канатной, в, канатной, трени,  
 имеет канатной, канатной, трени, в, канатной, канатной,  
 ние трени, в, канатной, в, трени, трени, трени, в,  
 канатной, в, канатной, канатной, в,  $-M_1$ , в,  $M_1$ , в,  
 трени, в,  $-M_1$ , канатной, канатной, в, канатной, в,  
 чене, для, канатной, канатной, в, канатной, в,  
 $(M_1=1)$ , канатной, в, в, трени, в, канатной, в,  
 жене канатной, канатной, в, канатной, в, канатной,  
 будет равн,  $M_1$ , канатной, в, канатной, в, канатной,

Там же, канатной, канатной, канатной, в, канатной,  
 канатной, канатной, канатной, в, канатной, канатной, в,  
 канатной, канатной, канатной, в, канатной, канатной, в,  
 угла, канатной, в, канатной, канатной, канатной, в,  
 ной, трени.

В случае канатной, канатной, в, канатной, в, канатной,  
 ное, канатной, канатной, в, канатной, в, канатной, в,  
 канатной, канатной, в, канатной, в, канатной, в,

Или шести канатных проводников четыре располагаются вдоль наружной длинной стороны, а два — вдоль внутренней длинной стороны, вблизи углов. Четыре каната располагаются неравномерно по длине сосуда, а по два вблизи каждого его угла на небольшом расстоянии друг от друга. Этим достигается большее сопротивление вращению клетки, чем при равномерном расположении проводников по его длине.

Для предотвращения столкновения подъемных сосудов во время движения при недостаточном расстоянии между ними навешиваются отбойные канаты. Число их, как правило, равно двум, а иногда трем и четырем. Считается, что более целесообразно применять четыре отбойных каната, по два в одной плоскости, но это требует большого расстояния между подъемными сосуда-

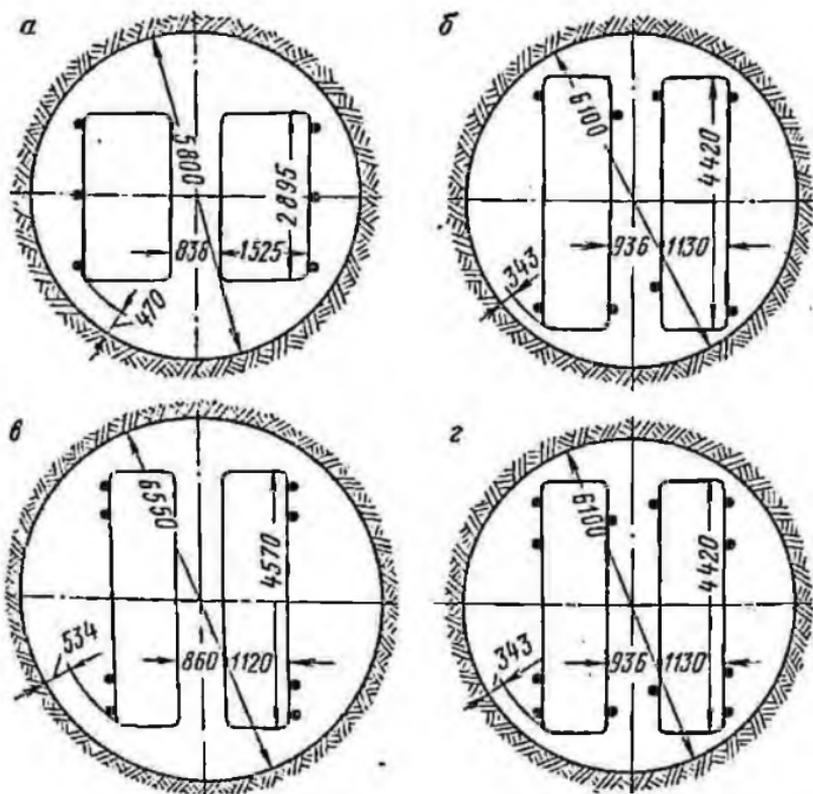


Рис. 39. Сечения стволов шахт Англии с различным расположением канатных проводников при отсутствии отбойных канатов: а—ствол № 2 шахты «Узбек»; б—ствол № 1 шахты «Узбек»; в—ствол № 2 шахты «Узорсол»; г—ствол шахты «Йоркшир»

ми, чем при расположении в одной плоскости двух или трех канатов.

Схемы поперечных сечений стволов шахт Англии с различным расположением канатных проводников и отбойных канатов показаны на рис. 39 и 40.

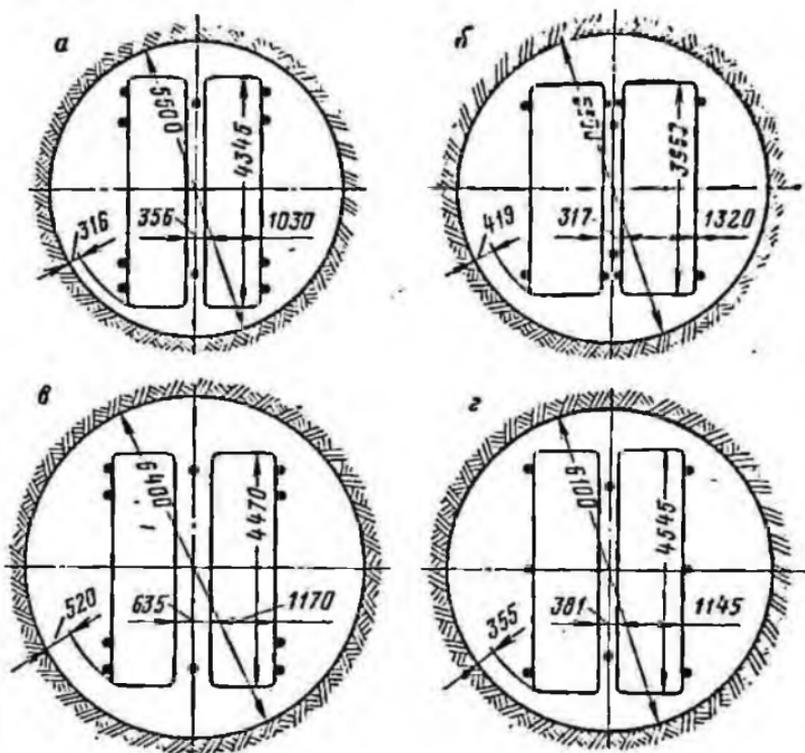


Рис. 40. Сечения стволов шахт Англии с различным расположением отбойных канатов и канатных проводников:

а — ствол шахты «Тенсфилд»; б — ствол шахты «Шервуд»; в — ствол шахты «Оллертон»; г — ствол шахты «Клипстон»

Отбойные канаты соприкасаются непосредственно не со стенками движущегося сосуда, а со специальными сменными плитами или скобами. Зазор между двумя скобами должен быть не менее 152 мм. Однако известны случаи, когда отбойные канаты скользят по ним (рис. 41).

В качестве проводниковых и отбойных применяются канаты полузакрытой и закрытой конструкции. Для

метр их составляет 38—51 мм. В более глубоких стволах используются канаты диаметром не менее 44,5 мм. Проводниковые и отбойные канаты выбираются с пяти- или шестикратным запасом прочности. Диаметр

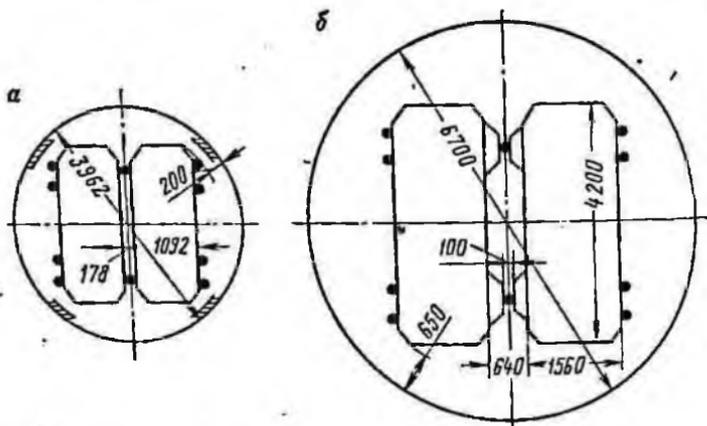


Рис. 41. Сечения стволов, оборудованных канатными проводниками при небольшом расстоянии между клетями:

а — шахта «Шарльстон» (Англия); б — угольная шахта в Чили

отбойных канатов принимается больше, чем проводниковых. Срок службы канатов — 10—20 лет. Канаты заменяются при 40%-ном износе наружных проволок.

Натяжение канатов осуществляется с помощью натяжных грузов, размещенных в зумпфе ствола.

При использовании канатных проводников применяются специальные меры для ослабления вращения клетей вследствие раскручивания подъемного каната. При одноканатном подъеме для этой цели широко применяются некрутящиеся канаты. При применении многоканатных подъемов канаты навешивают таким образом, чтобы кручение канатов правой и левой свивки взаимно уравновешивалось.

Опыт эксплуатации канатной армировки в Англии показал ее высокую надежность. Число аварий, связанных с ее применением, невелико. В результате спокойного движения подъемных сосудов увеличивается срок службы подъемных канатов. Вследствие этого количество несчастных случаев из-за обрыва подъемных кана-

тов на 100 000 шахтеров в Англии за период с 1926 по 1940 г. составило 0,05, а в ФРГ — 0,5.

Капитальные затраты на оборудование ствола канатными проводниками примерно такие же, как и жесткими. Однако стоимость поддержания ствола значительно ниже, особенно в стволах, подверженных высокому горному давлению.

В ФРГ канатная армировка находит применение на рудниках калийной промышленности. В большинстве случаев это вызвано стремлением снизить аэродинамическое сопротивление ствола.

Интересны случаи применения канатной армировки на одном из калийных рудников Нижней Саксонии в условиях высокого горного давления. Кирпичная крепь ствола на участке между 600 и 1000 м была разрушена горным давлением. Поскольку новая крепь могла быть снова разрушена, стенки ствола закрепили анкерными болтами и металлической сеткой, чтобы удержать отслаивающуюся породу. При установке жесткой армировки расстрелы через непродолжительное время под действием горного давления подверглись бы деформации, что нарушило бы прямолинейность проводников. Применение канатных проводников исключило это явление.

В качестве примера длительной безаварийной работы канатной армировки могут служить клетевые стволы № 1 и 2 на руднике «Нью-Маддерфаунтен» в ЮАР.

Клетевой ствол № 1 был сдан в эксплуатацию в 1915 г. К моменту обследования в 1944 г. все канатные проводники, за исключением одного, снятого в 1932 г., были в хорошем состоянии. Отбойные канаты, навешенные перед сдачей ствола в эксплуатацию, в 1953 г. были развернуты на 180°.

Клетевой ствол № 2 был сдан в эксплуатацию в 1926 г. Во время обследования после 18,5-летней службы они оказались в удовлетворительном состоянии.

В ПНР на шахте «Сосновец» эксплуатируются две подъемные установки с канатной армировкой в стволе «Анна» и одна в стволе «Евгениуш».

Ствол «Анна» (рис. 42, а) оборудован двумя подъемными установками: двухскиповой для выдачи полезного ископаемого и вспомогательной для спуска леса. Высота подъема обеих установок 280 м.

Двухскиповая подъемная установка оборудована паровой подъемной машиной мощностью 1200 л. с. и скипами грузоподъемностью 5 т. Производительность подъ-

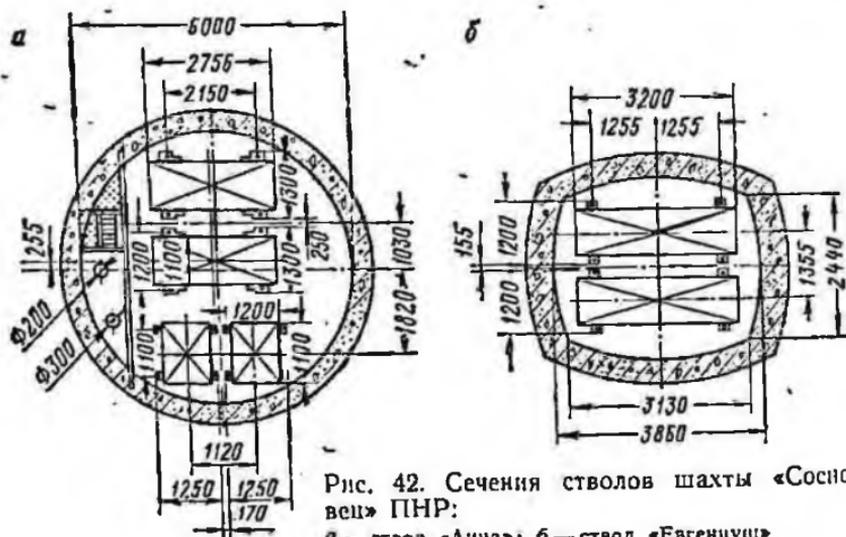


Рис. 42. Сечения стволов шахты «Сосновец» ПНР:

а — ствол «Анна»; б — ствол «Евгениуш»

емной установки 290 т/ч, скорость подъема 4 м/с. Скипы подвешены на круглопрядных канатах диаметром 43 мм. В качестве хвостового каната используется плоскопрядный канат 120×22 мм.

Передвижение скипов осуществляется по канатным проводникам закрытой конструкции диаметром 32 мм. Канаты закрытой конструкции применяются на шахте лишь с 1954 г. До этого использовались круглопрядные канаты диаметром 32 мм из проволок диаметром 5 мм.

Натяжение канатных проводников осуществляется при помощи винтовых устройств, расположенных на копре. В зумпфе ствола канатные проводники прикреплены к специальным балкам. Каждый из скипов снабжен 12 направляющими муфтами с чугунными вкладышами. Срок службы их составляет около недели. Срок службы бронзовых вкладышей — в четыре раза больше.

Быстрый износ вкладышей объясняется кручением подъемного каната, плохой смазкой канатов и большой интенсивностью работы подъема.

В местах погрузки и разгрузки скипов установлены жесткие проводники из углового проката.

Несмотря на малые зазоры между подъемными сосудами (250 мм) и высокую скорость подъема, в течение 20-летней эксплуатации не было отмечено случаев столкновения скипов во время их движения по стволу.

Ствол «Евгениуш» (рис. 42, б) служит для спуска — подъема людей и материалов. Ствол оборудован двухбарабанной паровой подъемной машиной мощностью 500 л. с. и трехэтажными клетями на 15 человек в каждом этаже. Спуск и подъем людей осуществляется со скоростью 4 м/с, материалов — 6 м/с.

Клетки подвешены на круглопрядные канаты диаметром 40 мм. Хвостовой канат отсутствует. Каждая клетка движется по четырем канатным проводникам закрытой конструкции диаметром 32 мм.

В связи с искривлением ствола канатные проводники отклонены от вертикального положения. Это отклонение на глубине 280 м составляет 350 мм.

Срок службы проводниковых канатов в этом стволе значительно больше, чем в стволе «Анна». Это объясняется в первую очередь малой интенсивностью работы подъема. Так же как и в стволе «Анна», не было отмечено случаев столкновения клеток, несмотря на малые зазоры между ними (около 150 мм) и отклонение проводников от вертикали.

Несмотря на значительное распространение канатной армировки в зарубежной горнодобывающей промышленности, теоретические основы ее проектирования и эксплуатации остаются недостаточно разработанными. Прежде всего имеются неясности в отношении величины амплитуд колебания подъемного сосуда в канатных проводниках в зависимости от концевой нагрузки, расположения проводниковых канатов, скорости подъема, натяжения канатных проводников, направления движения вентиляционного потока, уплотнения рудничного воздуха в месте встречи подъемных сосудов и их формы. Действующие в настоящее время положения о расстояниях между смежными подъемными сосудами и подъемным сосудом и крепью ствола основаны на опыте, накопленном в угольной промышленности Англии.

Решение этих вопросов является особенно актуальным в связи с тем, что в настоящее время создаются рудничные подъемные установки со значительно отличающимися параметрами от принятых в Англии. Рас-

хождения касаются глубины стволов, их диаметров, концевых нагрузок подъемных установок и количества воздуха, движущегося по стволам.

Особенно неудовлетворительным в действующих нормах следует считать отсутствие учета влияния движения вентиляционной струи воздуха. Учитывая, что от разработки научно обоснованных решений для расчета армировки зависит ее успешное применение, в различных странах определяют собственные нормативные данные путем теоретических исследований и натуральных наблюдений. Так, институтом горного дела в Катовице (ПНР) было проведено исследование движения подъемных сосудов в канатных проводниках при помощи кино съемки в пяти вертикальных стволах калийных шахт глубиной 280—750 м. Масса полезного груза составляла 8—21 т, а скорость подъема 4—14 м/с. Для этой цели в ствол опускалось по три отвеса, которые служили неподвижной системой отсчета. Указание глубины осуществлялось через каждые 20 м при помощи отметок на отвесах. Три кинокамеры, расположенными на подъемном сосуде, фиксировались на пленке горизонтальные перемещения одной точки сосуда и угол закручивания сосуда вокруг вертикальной оси, проходящей через эту точку. Погрешность измерений — 1,5 см.

Измерениями были зафиксированы максимальные отклонения подъемных сосудов в горизонтальной плоскости 30 см и максимальное кручение от 3,5 до 9,5°. Расстояния между движущимися подъемными сосудами и крепью ствола, составляющие 50—70% от проектных в состоянии покоя на нулевой площадке, обеспечивали надежную работу подъемных установок.

Исходя из результатов замеров специалисты ПНР предлагают:

повысить натяжение до 3—5 тс на 100 м проводникового каната для подъемных установок большой производительности;

использовать многоканатные подъемные установки в сочетании с канатной армировкой;

при применении барабанных подъемных машин, согласовывать направление свивки подъемных канатов; размещать направляющие канаты не на одной стороне, а по четырем углам подъемного сосуда.

В ГДР проведены исследования влияния на-

грузок, скорости подъема и количества воздуха, движущегося по стволу, на величину ускорения подъемных сосудов в горизонтальном направлении на одном из стволов с канатной арматуркой калийных шахт (рис. 43).

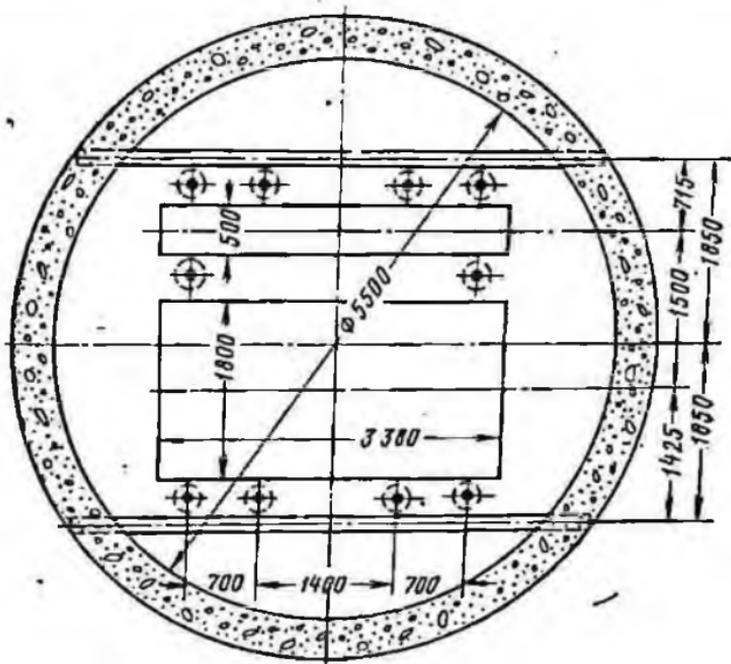


Рис. 43. Сечение клетового ствола шахты № 2 им. Маркса-Энгельса ГДР

Измерительными приборами служили индуктивные датчики ускорения. Расчет ускорений производился приближенным методом исходя из величины ускорения. Колебания записывались на осциллограмму.

Максимальные отклонения порядка 150 мм были установлены на участке примыкания вентиляционного канала к шахтному стволу. На месте встречи подъемных сосудов, отклонение составляло 45 мм. При оценке результатов замеров было установлено, что на плавность движения подъемных сосудов оказывает влияние их обшивка и точность установки жестких направляющих на приемных площадках.

Расстояния между стенками ствола и подъемными сосудами, а также между двумя подъемными сосудами

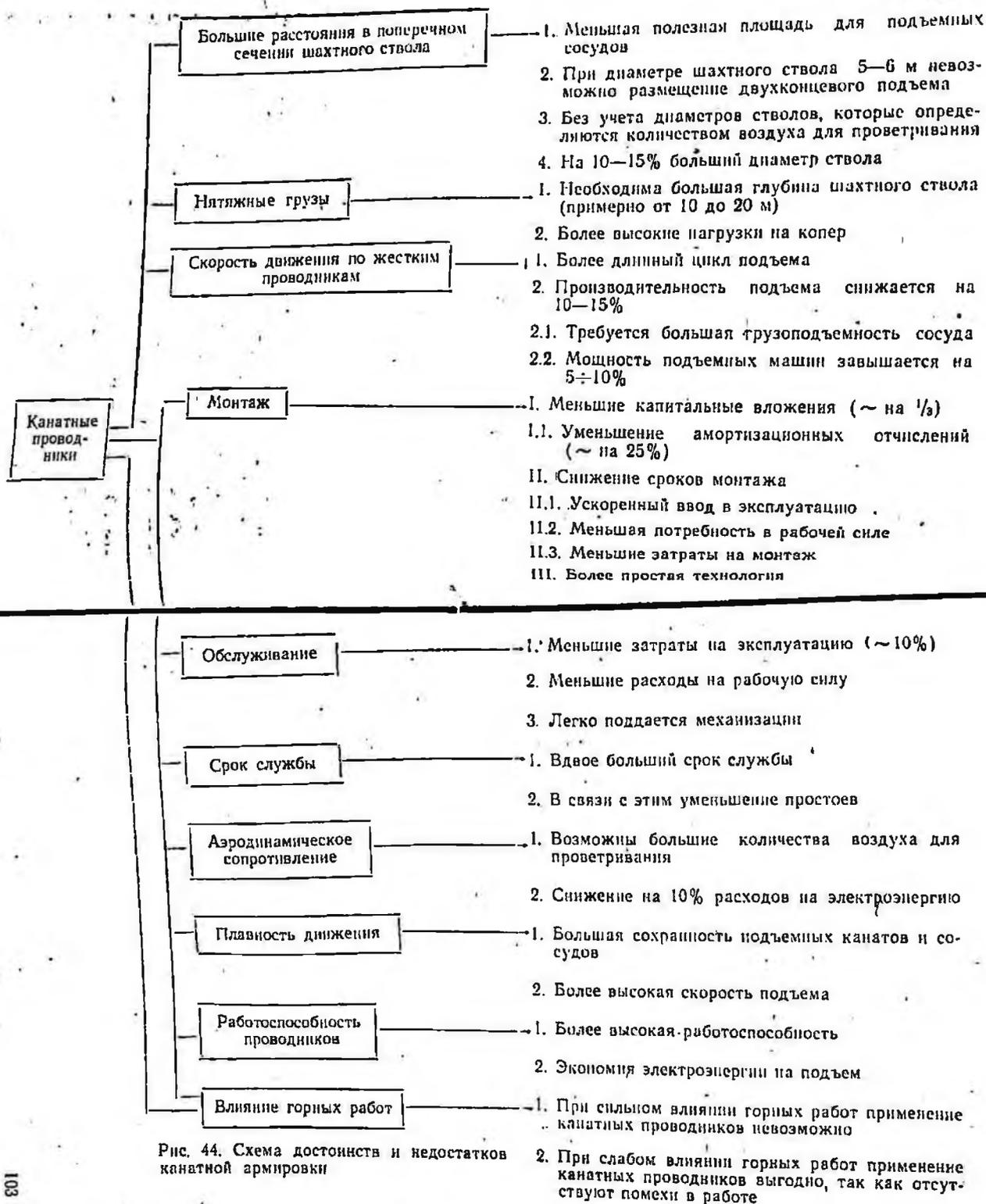


Рис. 44. Схема достоинств и недостатков канатной армировки

в сечении исследуемого ствола было вполне достаточными для безопасной работы. Эти зазоры оказались использованными в местах встречи подъемных сосудов только на 15%, а в местах примыкания вентиляционного канала на 40%.

В результате исследования были сделаны выводы о необходимости учета при проектировании канатной армировки влияния вентиляционной струи путем применения специальных облицовок подъемных сосудов, вызывающих улучшение профилей потоков, а также сокращение до минимума их боковых поверхностей с тем, чтобы аэродинамические усилия в местах встречи имели наименьшие значения.

Из-за многообразия действующих решающих факторов и ограниченного числа возможных измерений не были получены статистически достоверные величины. Однако сравнение результатов измерений с расчетами показало их удовлетворительное совпадение.

Для определения экономической эффективности канатной армировки была сделана попытка сопоставле-

Таблица 13

Наименование затрат	Затраты в марках	
	канатная армировка (шахта № 2 им. Маркса—Энгельса)	жесткая армировка (шахта № 4 им. Мартина Хоола)
Стоимость материалов . . . . .	286 000	958 573
Монтажные работы . . . . .	72 144	—
Амортизационные отчисления . . . . .	17 907	47 858

ния затрат на монтаж канатной армировки ствола шахты № 2 им. Маркса — Энгельса с жесткой армировкой для аналогичных условий (табл. 13).

Однако данные табл. 13 не дают полной сравнительной характеристики канатной армировки, так как не охватывают всех достоинств и недостатков.

Специалисты ГДР считают, что для выбора наиболее рационального типа армировки при конкретном проектировании необходимо выполнять технико-экономические расчеты, учитывающие постановку технологической задачи и стоимостные различия (рис. 44).

**ИССЛЕДОВАНИЕ ОБЛАСТИ  
РАЦИОНАЛЬНОГО ПРИМЕНЕНИЯ  
КАНАТНОЙ АРМИРОВКИ**

**§ 18. ВЫБОР ВАРИАНТОВ И МЕТОДИКА  
ИССЛЕДОВАНИЯ**

Канатная армировка вертикальных стволов шахт по сравнению с жесткой обладает следующими техническими и экономическими преимуществами.

1. Более надежна в эксплуатации. Подъемные сосуды по канатным проводникам движутся спокойно, без толчков и ударов. Такое движение допускает применение высоких скоростей, увеличивает срок службы подъемных канатов и сосудов и повышает к. п. д. подъемной установки.

Применение закрытых конструкций направляющих устройств исключает возможность выхода подъемного сосуда из проводников.

2. Эксплуатационные затраты, связанные с канатной армировкой, в 3—4 раза ниже, чем с жесткой. Это объясняется меньшей трудоемкостью осмотра и текущего ремонта ствола из-за простоты армировки, отсутствием большого числа расстрелов, узлов крепления к ним проводников и низкой аварийностью.

3. Позволяет произвести быструю замену вышедшего из строя проводника. Так, в процессе эксплуатации замена четырех канатных проводников в скиповом стволе глубиной 1060 м шахты им. Бажанова комбината Макеевуголь производится в течение одних суток, в то время как на замену жестких проводников в аналогичном стволе затрачивается несколько месяцев.

4. Требуется меньшего расхода металла и капитальных затрат на собственно армировку ствола. Так, например, масса канатной армировки шахтного ствола диаметром 7 м для подъема двумя неопрокидными клетями на вагонетку ВГ-3,3 при глубине ствола 900 м составляет 410 000 кг, капитальные затраты 292 тыс. руб., а для

аналогичного ствола с жесткой армировкой масса 740 000 кг, капитальные затраты 390 тыс. руб.

5. Отличается высокой степенью механизации работ по армированию ствола и меньшими сроками строительства. Клетевой ствол шахты им. Бажанова глубиной 1012 м был оборудован канатными проводниками за 10 рабочих дней, между тем нормативный срок армирования такого ствола жесткой армировкой составляет 7,2 мес.

6. Сохраняется сплошность крепи ствола, благодаря чему повышается ее несущая способность, снижаются притоки воды в ствол во время эксплуатации, в связи с чем улучшаются условия работы крепи, армировки и оборудования в стволе.

7. Аэродинамическое сопротивление стволов с канатной армировкой в 2—6 раза ниже, чем с жесткой, и практически равно сопротивлению собственно ствола и инженерных коммуникаций в нем. Это имеет особо важное значение для глубоких шахт.

К основным недостаткам канатной армировки следует отнести необходимость увеличения диаметра ствола на 0,5—1,5 м для обеспечения нормативных зазоров между подъемными сосудами и крепью ствола, потребность в дополнительной глубине зумпфа в случае размещения в нем натяжных грузов и в усиленной конструкции копра и, как следствие, на 10—30% большие первоначальные капитальные затраты, значительный расход канатных проводников из-за их низкого качества, закручивание подъемных сосудов в канатных проводниках одноканатных подъемных установок и др.

При проектировании армировки вертикальных стволов часто предпочтение отдается жесткой армировке только из соображений сокращения первоначальных капитальных затрат. Между тем область рационального применения канатной армировки может быть определена только лишь в результате технико-экономических исследований с учетом всего комплекса связанных с нею капитальных затрат и эксплуатационных расходов.

Для решения этой задачи авторами было выполнено исследование сравнительной экономической эффективности жесткой и канатной армировки с использованием метода экономико-математического моделирования.

Построение экономико-математической модели осуществлялось в такой последовательности:

анализ, систематизация и инженерная проработка вариантов, типов и схем армировки стволов;

дезагрегирование исследуемой системы на элементы затрат и их последовательное математическое описание в виде функциональных зависимостей от переменных величин;

анализ и конструирование модели.

Для сравнения принимались следующие варианты оборудования стволов с жесткой и канатной армировкой.

**Клетевые стволы.** Исследовались три варианта схем оборудования клетевых стволов (I — с двухклетевой подъемной установкой и лестничным отделением; II — с двумя одноклетевыми с противовесами подъемными установками; III — с одной двухклетевой и одной одноклетевой подъемными установками) для двух типоразмеров клеток; двухэтажных неопрокидных для вагонеток ВГ-3,3 и для вагонеток ВГ-5,6.

Расположение жестких проводников принималось лобовое, канатных — двустороннее боковое.

**Скиповые стволы.** Исследовались три варианта схем оборудования скиповых стволов (I — с двумя односкиповыми с противовесами подъемными установками; II — с двухскиповой и односкиповой с противовесом подъемными установками; III — с двумя двухскиповыми подъемными установками) для двух типоразмеров скипов: угольных емкостью 15 м<sup>3</sup> и породных 5 м<sup>3</sup>; угольных емкостью 35 м<sup>3</sup> и породных 15 м<sup>3</sup>.

Расположение жестких и канатных проводников принималось двустороннее боковое.

**Вентиляционные стволы.** Исследовались два варианта оборудования вентиляционных стволов (I — с одноклетевой с противовесом подъемной установкой и лестничным отделением; II — то же, без лестничного отделения) для одноэтажных клеток для вагонетки ВГ-2,5.

Расположение жестких проводников — одностороннее боковое, канатных — двустороннее боковое.

Описанные варианты рассматривались для следующих трех случаев:

диаметр ствола определяется по фактору вентиляции;

диаметр ствола определяется по условию размещения подъемных сосудов;

клетевые и скиповые стволы нейтральные по отношению к вентиляции.

Основные характеристики исследованных вариантов приведены в табл. 14.

В математическом отношении задача сводилась к сопоставлению по критерию «приведенные затраты» исследуемых вариантов

$$C_{\text{ж}} + E_{\text{н}} K_{\text{ж}} \cong C_{\text{к}} + E_{\text{н}} K_{\text{к}}, \quad (18)$$

где  $C_{\text{к}}$ ,  $C_{\text{ж}}$ ,  $K_{\text{к}}$ ,  $K_{\text{ж}}$  — соответственно учитываемые эксплуатационные расходы и капитальные затраты для вариантов с канатной и жесткой армировкой;  $E_{\text{н}}$  — нормативный коэффициент экономической эффективности капитальных вложений.

Функции цели:

$$C_{\text{ж}} + E_{\text{н}} K_{\text{ж}} = f(H_{\text{ств}}, Q_{\text{к}}, v_{\text{с}}, m, v_{\text{в}}, Q_{\text{в}}); \quad (19)$$

$$C_{\text{к}} + E_{\text{н}} K_{\text{к}} = f(H_{\text{ств}}, Q_{\text{к}}, v_{\text{с}}, m, v_{\text{в}}, Q_{\text{в}}). \quad (20)$$

представляют собой сумму приведенных затрат на строительство и эксплуатацию вертикального шахтного ствола, армировки и вентиляционной сети горных выработок шахты.

Диапазоны изменения основных переменных величин приведены в табл. 15.

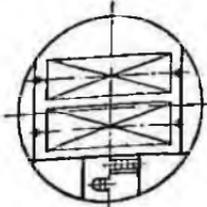
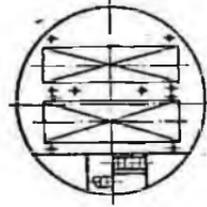
В структурном отношении экономико-математическая модель расчленяется на три блока:

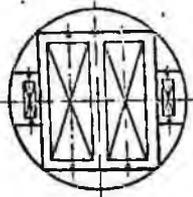
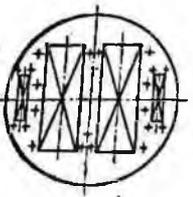
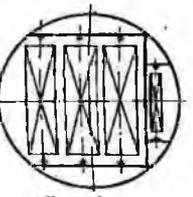
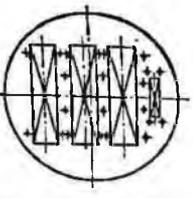
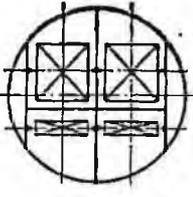
капитальные затраты на строительство комплекса ствола, учитывающие тип и схему армировки;

эксплуатационные расходы, включающие расходы на амортизационные отчисления, ремонт и эксплуатацию армировки;

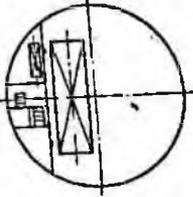
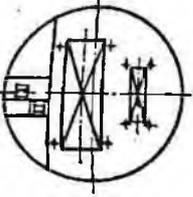
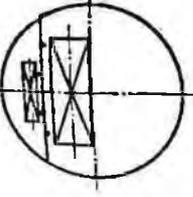
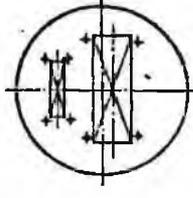
капитальные и эксплуатационные расходы на проветривание шахты, зависящие от аэродинамического сопротивления ствола.

Таблица 14

Эквивалентное сечение	Диаметр в стволе в свету, м	$m^3 \text{ с. тс. м}^3 / \text{с}^2$ или $Q_{\text{к. в. с.}}$ $\text{тс. м}^3 / \text{с}$	Емкость вагонетки или скрепы, м <sup>3</sup>	Профиль расстрела	Профиль проходника	$l_0$ , м
	6,0	$225 \cdot 10^5$	3,3	170×104×10	160×160×12	4,0
	7,0	$785 \cdot 10^5$	5,6	170×104×10	160×160×12	4,0
	6,5	210	3,3	[27]	$d = 38,5 \text{ мм}$	—
	7,5—8,5	360	5,6	[27]	$d = 38,5 \text{ мм}$	—

Эскиз сечения	Диаметр ствола в свету, м	$m^2 \cdot c$ , $тс \cdot м^2 / c^2$ или $Q_{\text{к}} \cdot v_{\text{с}}$ , $тс \cdot м / c$	Емкость ва- гонетки или скипа, $м^3$	Профиль расстрела	Профиль проводника	$l_0$ , м
	6,5	$225 \cdot 10^6$	3,3	$170 \times 170 \times 10$	$160 \times 160 \times 12$	4,0
	7,5	$785 \cdot 10^6$	5,6	$170 \times 170 \times 10$	$160 \times 160 \times 12$	4,0
	7,0	240	3,3	—	$d = 38,5 \text{ мм}$	—
	7,5—8,0	360	5,6	—	$d = 38,5 \text{ мм}$	—
	7,5	$225 \cdot 10^6$	3,3	$170 \times 104 \times 10$	$160 \times 160 \times 12$	4,0
	8,5	$785 \cdot 10^6$	5,6	$170 \times 104 \times 10$	$160 \times 160 \times 12$	4,0
	8,5	240	3,3	—	$d = 38,5 \text{ мм}$	—
	9,5—10	360	5,6	—	$d = 38,5 \text{ мм}$	—
	6,0	$920 \cdot 10^6$	15,0	$170 \times 104 \times 10$	$160 \times 160 \times 12$	3,0
	6,5	$1510 \cdot 10^6$	35,0	$212 \times 130 \times 12$	$200 \times 190 \times 16$	4,0

Эскиз сечения	Диаметр ствола в свету, м	$\pi r^2 c$ , тс·м <sup>2</sup> /с <sup>2</sup> или $Q_k v_c$ , тс·м/с	Емкость вагонетки или скипа, м <sup>3</sup>	Профиль расстрела	Профиль проводника	$l_0$ , м
	7,0	640	15,0	—	$d = 38,5$ мм	—
	7,5—7,0	960	35,0	—	$d = 38,5$ мм	—
	6,0	$920 \cdot 10^6$	15,0	170×104×10	160×160×12	3,0
	7,0	$1510 \cdot 10^6$	35,0	212×130×12	200×190×16	4,0
	6,5	640	15,0	—	$d = 38,5$ мм	—
	8,0	960	35,0	—	$d = 38,5$ мм	—
	7,0	$920 \cdot 10^6$	15,0	170×104×10	160×160×12	3,0
	7,5	$1510 \cdot 10^6$	35,0	212×130×12	200×190×16	4,0
	8,0—7,5	640	15,0	—	$d = 38,5$ мм	—
	8,5—8,0	960	25,0	—	$d = 38,5$ мм	—

Эскиз сечения	Диаметр ствола в свету, м	$10^3 Q_{\text{с}}$ , тс·м <sup>3</sup> /с <sup>3</sup> или $Q_{\text{к}} v_{\text{с}}$ , тс·м/с	Емкость вагонетки или скипа, м <sup>3</sup>	Профиль расстрела	Профиль проводника	$l_0$ , м
	6,0	180·10 <sup>3</sup>	2,5	170×104×10	P38	4,168
	6,0	150	2,5	[27	$d = 38,5$ мм	4,0
	6,0	180·10 <sup>3</sup>	2,5	170×104×10	P38	4,168
	6,0	150	2,5	—	$d = 38,5$ мм	—

Параметры	Условные обозначения	Область вариации
Глубина ствола . . . . .	$H_{\text{ств}}$	150—1200 м
Концевая нагрузка . . . . .	$Q_k$	30—55 тс
Скорость движения подъемного сосуда . . . . .	$v_c$	Не более 12 м/с для клетевых и не более 16 м/с для скиповых 1 и 2
Число подъемов в стволе . . . . .	$m$	
Скорость движения воздуха по стволу . . . . .	$v_v$	Не более 8 м/с
Количество воздуха, движущегося по стволу . . . . .	$Q_v$	$Q_v = S_{\text{св.ж}} v_v$ , где $S_{\text{св.ж}}$ — площадь сечения ствола в свету с жесткой армировкой

### § 19. ЗАВИСИМОСТЬ ДИАМЕТРА СЕЧЕНИЯ СТВОЛА С КАНАТНОЙ АРМИРОВКОЙ ОТ ГЛУБИНЫ

Зависимость диаметра сечения ствола с канатной армировкой от глубины ствола при заданных типах сосудов и производительности подъемной установки выражается графиками, показанными на рис. 45. При построении графиков количественными и качественными переменными являлись: глубина ствола, скорость движения подъемного сосуда и тип подъемной установки (одноканатная или многоканатная).

Анализ зависимостей позволяет сделать следующие выводы:

с увеличением глубины ствола расчетные диаметры стволов, оборудованных подъемными установками с канатной армировкой, возрастают на 0,25—0,50 м, а затем остаются постоянными;

учитывая, что в современной практике проектирования принимаются не расчетные диаметры поперечных сечений, а ближайшие типовые, возможны случаи, при

которых увеличение глубины ствола не оказывает практического влияния на выбор диаметра ствола;

применение канатной армировки требует на 0,5—1,5 м большего диаметра поперечного сечения ствола в свету, чем применение жесткой.

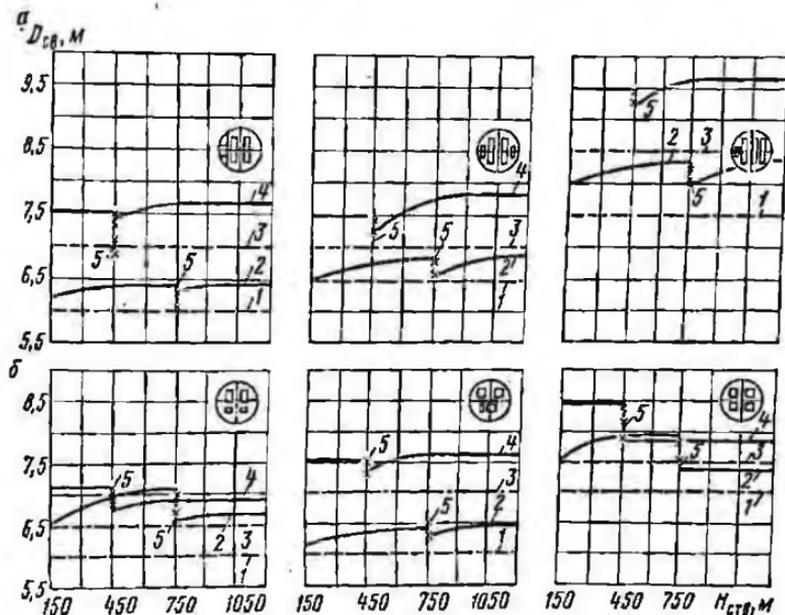


Рис. 45. Зависимость диаметра сечения ствола в свету с канатной армировкой от глубины:

а — клетевой ствол; б — скиповой ствол; 1 — первый типоразмер подъемного сосуда, армировка жесткая; 2 — то же, армировка канатная; 4 — второй типоразмер подъемного сосуда, армировка жесткая; 4 — то же, армировка канатная; 5 — граница областей применения одноканатных и многоканатных подъемных установок

## § 20. КАПИТАЛЬНЫЕ ЗАТРАТЫ

Полная стоимость комплекса ствола шахты  $K$  суммируется из прямых нормируемых затрат  $K_{п.н}$ , общешахтных расходов  $K_{общ}$ , накладных расходов  $K_n$ , плановых накоплений  $K_n$  и сопутствующих расходов  $K_{соп}$ , т. е.

$$K = K_{п.н} + K_{общ} + K_n + K_n + K_{соп}, \text{ руб.} \quad (21)$$

Прямые нормируемые затраты на сооружение ствола определяются как сумма затрат

$$K_{п.н} = K_{у.т} + K_{ств} + K_{тр} + K_{зр}, \text{ руб.} \quad (22)$$

где  $K_{у.т}$ ,  $K_{ств}$ ,  $K_{тр}$ ,  $K_{ар}$  — затраты на проходку устья ствола с технологическим отходом, ствола, транспортирование и складирование породы в плоский отвал и армировку.

Затраты на проходку устья ствола и технологического отхода

$$K_{у.т} = c_{у.т} h_{у.т}, \text{ руб.}, \quad (23)$$

где  $c_{у.т}$  — стоимость 1 м устья и технологического отхода как функция от диаметра ствола, руб.;  $h_{у.т}$  — суммарная глубина устья и технологического отхода, м.

Затраты на проходку ствола

$$K_{ств} = c_{ств} (H_{ств} - h_{у.т} + h_з), \text{ руб.}, \quad (24)$$

где  $c_{ств}$  — стоимость 1 м ствола как функция от диаметра, глубины и способа проходки, руб.;  $h_з$  — глубина зумпфа, м.

Глубина зумпфа ствола с жесткой армировкой определяется по технологическим соображениям. Для ствола с канатной армировкой она должна быть увеличена на величину, необходимую для размещения натяжных грузов проводниковых и отбойных канатов. Эта величина может быть определена по формуле

$$h_{з.доп} = l_{п.у} + k_{гр} l_{гр} + l_n, \text{ м}, \quad (25)$$

где  $l_{п.у}$  — длина подвесного устройства, груза, м;  $k_{гр}$  — коэффициент, учитывающий схему размещения грузов в зумпфе;  $l_{гр}$  — длина гирлянды груза,

$$l_{гр} = 0,0125 \frac{a}{q_{гр}} (L_0 - L) \ln \frac{L_0}{L_0 - L}, \text{ м}, \quad (26)$$

$q$ ,  $a$  — соответственно масса (кг) и толщина (м) одного элемента груза.

Стоимость транспортирования и складирования породы от проходки в плоский отвал

$$K_{тр.п} = S_{пр} c_{тр} (H_{ств} + h_з + h_{з.доп}), \text{ руб.}, \quad (27)$$

где  $S_{пр}$  — площадь сечения ствола в проходке, м<sup>2</sup>;  $c_{тр}$  — стоимость транспортирования и складирования 1 м<sup>3</sup> породы в отвал.

Стоимость жесткой армировки ствола

$$K_{\text{ар.ж}} = \frac{k_{\text{гл}} \sum_{i=1}^n n_i b_i c_i}{l_0} H_{\text{ств}}, \text{ руб.}, \quad (28)$$

где  $n_i$  — число повторяющихся элементов армировки или видов работ в ярусе;  $b_i$  — количество единиц измерения;  $c_i$  — единичная расценка, руб.;  $l_0$  — расстояние между ярусами расстрелов, м;  $k_{\text{гл}}$  — коэффициент к единичным расценкам, учитывающий глубину ствола.

Капитальные затраты на канатную армировку ствола

$$K_{\text{ар.к}} = K_{\text{п.к}} + K_{\text{о.к}} + K_{\text{п.у}} + K_{\text{п.г}} + K_{\text{коп}}, \text{ руб.}, \quad (29)$$

где  $K_{\text{п.к}}$ ,  $K_{\text{о.к}}$ ,  $K_{\text{п.у}}$ ,  $K_{\text{п.г}}$ ,  $K_{\text{коп}}$  — соответственно затраты на приобретение и монтаж проводниковых и отбойных канатов, подвесных узлов, натяжных грузов и дополнительные затраты на усиление копра.

Затраты на приобретение и монтаж проводниковых и отбойных канатов —

$$K_{\text{кан}} = K_{\text{п.к}} + K_{\text{о.к}} = c_{\text{п.к}} n_{\text{о.к}} (H_{\text{ств}} + 100) + \\ + c'_{\text{п.к}} n_{\text{п.к}} 100 + c''_{\text{п.к}} n_{\text{п.к}} H_{\text{ств}} + c_{\text{о.к}} n_{\text{о.к}} (H_{\text{ств}} + 100) + \\ + c'_{\text{о.к}} n_{\text{о.к}} 100 + c''_{\text{о.к}} n_{\text{о.к}} H_{\text{ств}}, \text{ руб.}, \quad (30)$$

где  $n_{\text{п.к}}$  — количество проводниковых канатов в сечении ствола;  $c_{\text{п.к}}$  — стоимость 1 м проводникового каната, руб.;  $c'_{\text{о.к}}$  — стоимость монтажа первых 100 м проводникового каната, руб.;  $c''_{\text{п.к}}$  — стоимость монтажа 1 м последующей части проводникового каната, руб.;  $n_{\text{о.к}}$  — число отбойных канатов в сечении ствола;  $c_{\text{о.к}}$  — стоимость 1 м отбойного каната, руб.;  $c'_{\text{о.к}}$  — стоимость монтажа первых 100 м отбойного каната, руб.;  $c''_{\text{о.к}}$  — стоимость монтажа 1 м последующей части отбойного каната, руб.

Затраты на приобретение и монтаж подвесных узлов крепления проводниковых и отбойных канатов

$$K_{\text{пу}} = 2k_{\text{т.з.с}} (n_{\text{п.к}} c_{\text{п.у}} + n_{\text{о.к}} c_{\text{о.у}}), \text{ руб.}, \quad (31)$$

где  $c_{\text{п.у}}$  — стоимость приобретения и монтажа комплекта подвесного устройства для проводниковых канатов, руб.;  $c_{\text{о.у}}$  — то же, для отбойных канатов, руб.;  $k_{\text{т.з.с}}$  —

коэффициент, учитывающий транспортные, складские расходы и стоимость запасных частей, руб.; 2 — число комплектов подвесных устройств на один канат.

Затраты на монтаж натяжных грузов в зумпфе ствола

$$K_{гр} = Q_{гр} (n_{п.к} + n_{о.к}) c_{гр}, \text{ руб.} \quad (32)$$

Подставив в уравнение (32) значение (17), получим

$$K_{гр} = 0,125 (L_0 - L) \ln \frac{L_0}{L_0 - L} (n_{п.к} + n_{о.к}) c_{гр}, \text{ руб.} \quad (33)$$

где  $c_{гр}$  — стоимость изготовления и монтажа 1 т натяжного груза, руб.

Затраты на усиление копра для восприятия дополнительной статической нагрузки от веса канатов и натяжных грузов могут быть ориентировочно рассчитаны по формуле

$$K_{коп} = Q_{ст} c_{ст}, \text{ руб.},$$

где  $Q_{ст}$  — дополнительная статическая нагрузка на копер,

$$Q_{ст} = Q_{гр} (n_{п.к} + n_{о.к}) + n_{п.к} q_{п.к} + n_{о.к} q_{о.к} (H_{ств} + 100), \text{ тс}, \quad (34)$$

-  $q_{п.к}$  — статическая нагрузка от 1 м проводникового каната, тс;

$q_{о.к}$  — статическая нагрузка от 1 м отбойного каната, тс;

$c_{ст}$  — стоимость затрат на 1 тс дополнительной статической нагрузки на копер, руб.

Общешахтные расходы на проходку и армирование ствола могут быть определены по формуле

$$K_{общ} = c_{общ} T, \text{ руб.}, \quad (35)$$

где  $c_{общ}$  — сумма общешахтных расходов, затрачиваемых в среднем на одну смену строительства ствола, руб.;  $T$  — учитываемое нормативное время для расчета общешахтных расходов,

$$T = t_{ств} + t_3 + t_{вр}, \text{ смен};$$

$t_{ств}$  — нормативное время на проходку и крепление ствола,

$$t_{ств} = \frac{H_{ств} 120}{v_{ств}};$$

$t_3$  — нормативное время на проходку зумпфа ствола

с жесткой армировкой

$$t_3 = \frac{h_a 120}{v_{ств}}$$

с канатной армировкой

$$t_3 = \frac{(h_3 + h_{доп}) 120}{v_{ств}}$$

$v_{ств}$  — скорость проходки ствола, м/мес;  $t_{ар}$  — нормативное время армирования ствола, мес.

Для жесткой армировки нормативное время армирования ствола

$$t_{ар.ж} = \frac{H_{ств} 120}{k_{ар} v_{ар}}, \text{ мес.}$$

где  $v_{ар}$  — скорость армирования ствола, равная 200 м/мес;  $k_{ар}$  — коэффициент, учитывающий сложность жесткой армировки и равный: 1 — при двухподъемных отделениях с расстрелами из двутаврового профиля и рельсовых проводниках; 1,25 — при менее чем двух подъемных отделениях и тех же конструкциях; 0,85 — при более чем двух подъемных отделениях и тех же конструкциях; 0,80 — при двух подъемных отделениях и коробчатых проводниках и расстрелах; 0,75 — при более чем двухподъемных отделениях и тех же конструкциях.

Для канатной армировки нормативное время армирования ствола

$$t_{ар.к} = \frac{(H_{ств} + 100) (n_{п.к} + n_{о.к}) 120}{v_{ар.к}}, \text{ мес.}$$

где  $v_{ар.к}$  — нормативная скорость навески канатов, равная 5000 м/мес на одну нитку; 120 — число рабочих смен в месяц.

Величина  $c_{общ}$  с учетом накладных расходов и плановых накоплений может быть ориентировочно определена по корреляционному уравнению

$$c_{общ} = 165,2 + 0,2 H_{ств} - 47,6 D_{ств} - 0,00013 H_{ств}^2 + 5,8 D_{ств}^2, \text{ руб.} \quad (36)$$

Плановые накопления и накладные расходы в соответствии с работой [12] принимаются в размере 30,4% от прямых нормируемых затрат на горные ра-

боты и 22% от прямых затрат на общестроительные работы.

Сопутствующие расходы на основании анализа и обобщения сметной стоимости по проектам строящихся шахт могут быть приняты в размере 30% от суммы прямых нормируемых затрат, общешахтных расходов, плановых накоплений и накладных расходов.

Учитываемые капитальные затраты. На основании реализации блока экономико-математической модели «капитальные затраты» были построены графики зависимости учитываемых капитальных затрат от глубины, отнесенные к 1 м ствола, для вариантов с жесткой и канатной армировкой (рис. 46, 47, 48). Из графиков

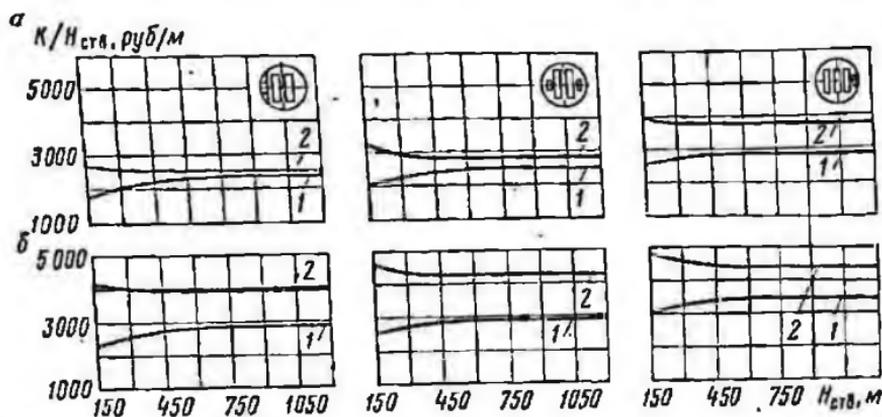


Рис. 46. Зависимость учитываемых капитальных затрат от глубины клетцевого ствола:

а — двухэтажные клетки на ВГ-3,3; б — двухэтажные клетки на ВГ-5,6; 1 — жесткая армировка; 2 — канатная армировка

следует, что если диаметр ствола выбирается из условия размещения подъемных сосудов, учитываемые капитальные затраты, отнесенные к 1 м ствола, для вариантов с канатной армировкой при исходной глубине 150 м на 18—32% превышают затраты для вариантов с жесткой армировкой. С увеличением глубины ствола разница в стоимости 1 м ствола между вариантами снижается и при глубине 1200 м составляет всего лишь 3—10%. Это объясняется:

· меньшей стоимостью 1 м собственно канатной армировки, чем жесткой (на 10—40%);

меньшими затратами времени и общешахтных расходов на армирование ствола канатной армировкой, чем жесткой (в 1,5—2,0 раза);

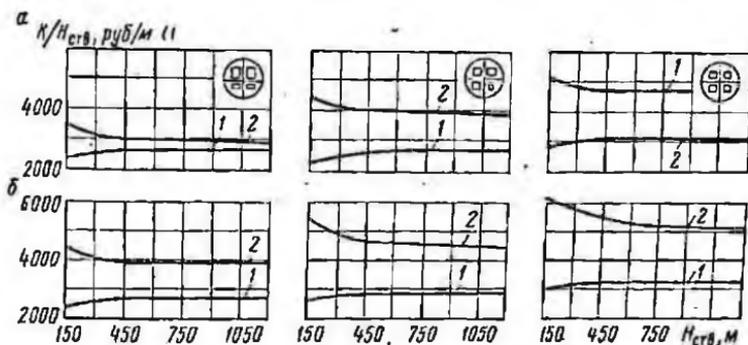


Рис. 47. Зависимость учитываемых капитальных затрат от глубины скипового ствола:

а — двухэтажные клетки на ВГ-3,3; б — двухэтажные клетки на ВГ-5,6; 1 — жесткая армировка; 2 — канатная армировка.

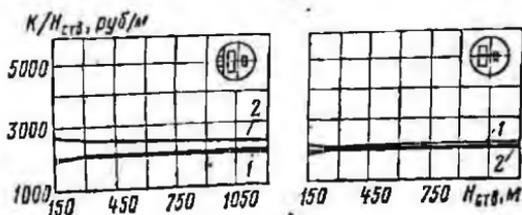


Рис. 48. Зависимость учитываемых капитальных затрат от глубины вентиляционного ствола:

1 — жесткая армировка; 2 — канатная армировка

снижением с увеличением глубины в суммарной стоимости 1 м ствола с канатной армировкой доли затрат на дополнительный зумпф, натяжные грузы, подвесные устройства и усиление копра (с 10 до 2%).

## § 21. ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ РАСХОДЫ И ПРИВЕДЕННЫЕ ЗАТРАТЫ

Расходы на эксплуатацию армировки ствола включают амортизационные отчисления  $s_a$  и сумму расходов

на материалы, электроэнергию и заработную плату  
 $C_{\text{экс}}$ , т. е.

$$C = c_a + c_{\text{экс}}, \text{ руб.} \quad (37)$$

Амортизационные отчисления могут быть приняты в размере 3% от величины учитываемых капитальных затрат

$$c_a = 0,03 K, \text{ руб.} \quad (38)$$

Расходы на эксплуатацию и ремонт армировки, отнесенные к 1 м ствола, можно ориентировочно определить по следующим корреляционным уравнениям:

для стволов с жесткой армировкой и одноканатными подъемными установками

$$c_{\text{экс.ж}} = 0,02 \sqrt{H_{\text{ств}}} Q_k + 0,03 H_{\text{ств}} + 21m - 13,0, \text{ руб.}; \quad (39)$$

для стволов с жесткой армировкой и многоканатными подъемными установками

$$c_{\text{экс.ж}} = 0,0016 \sqrt{H_{\text{ств}}} Q_k + 0,03 H_{\text{ств}} + 21m - 13,0, \text{ руб.}; \quad (40)$$

для стволов с канатной армировкой и одноканатными подъемными установками

$$c_{\text{экс.к}} = 0,01 \sqrt{H_{\text{ств}}} Q_k + 0,006 H_{\text{ств}} + 3,4m - 2,0, \text{ руб.}; \quad (41)$$

для стволов с канатной армировкой и многоканатными подъемными установками

$$c_{\text{экс.к}} = 0,008 \sqrt{H_{\text{ств}}} Q_k + 0,006 H_{\text{ств}} + 3,4m - 2,0, \text{ руб.} \quad (42)$$

На рис. 49, 50, 51 показаны графики зависимости эксплуатационных затрат от глубины ствола для ва-

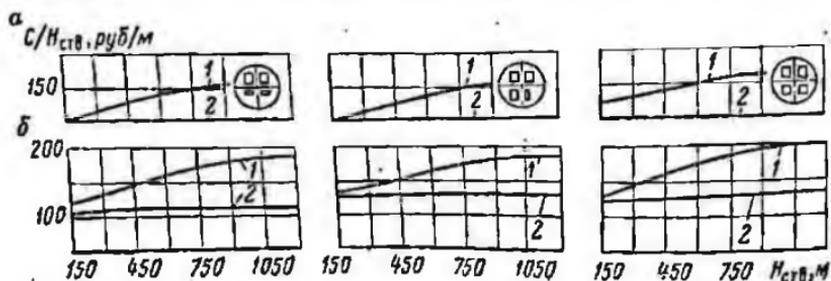


Рис. 49. Зависимость учитываемых эксплуатационных затрат от глубины клетового ствола:  
 а — двухэтажные клетки на ВГ-3,3; б — двухэтажные клетки на ВГ-5,6;  
 1 — жесткая армировка; 2 — канатная армировка

риантов с жесткой и канатной армировкой. Анализ зависимостей позволяет сделать вывод, что затраты на эксплуатацию 1 м стволов с жесткой армировкой в 2—3 раза превышают затраты для вариантов с канатной.

Экономическую эффективность применения жесткой и канатной армировки для стволов нейтральных по от-

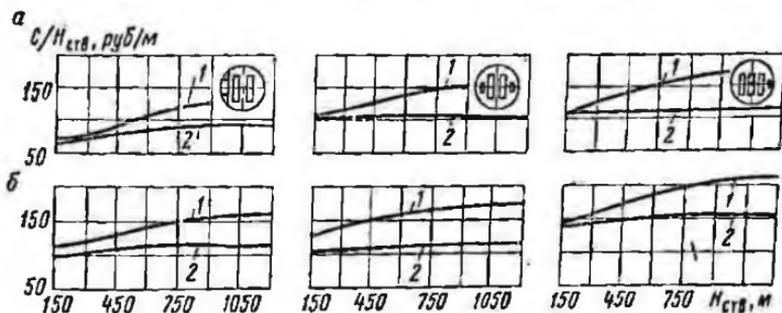


Рис. 50. Зависимость учитываемых эксплуатационных затрат от глубины скипового ствола:

а — скипы угольные емкостью 15 м<sup>3</sup>, породные 5 м<sup>3</sup>; б — скипы угольные емкостью 35 м<sup>3</sup>, породные 15 м<sup>3</sup>; 1 — жесткая армировка; 2 — канатная армировка

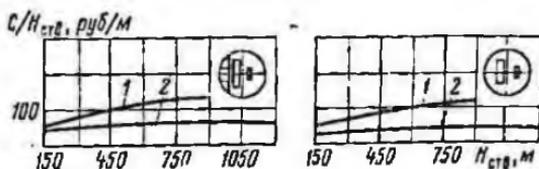


Рис. 51. Зависимость учитываемых эксплуатационных затрат от глубины вентиляционного ствола:

1 — жесткая армировка; 2 — канатная армировка

ношению к вентиляции характеризует показатель «приведенные затраты»  $C_{\text{пр}}$ , рассчитанный без учета фактора вентиляции.

На основании анализа зависимостей этих затрат от глубины ствола (рис. 52, 53, 54) построена диаграмма области применения канатной армировки для стволов, нейтральных по отношению к вентиляции (рис. 55), из которой видно, что канатная армировка экономически целесообразна для стволов глубиной более 400 м.

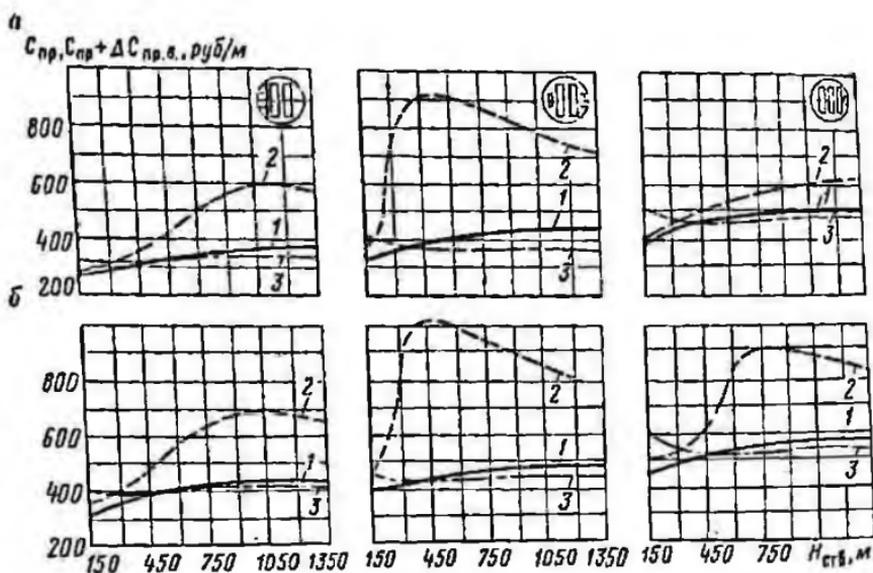


Рис. 52. Зависимость приведенных затрат от глубины клетового ствола:

**а** — двухэтажные клетки на ВГ-3,3; **б** — двухэтажные клетки на ВГ-5,6; 1 — жесткая армировка, без учета фактора «вентиляция»; 2 — то же, с учетом фактора «вентиляция»; 3 — канатная армировка

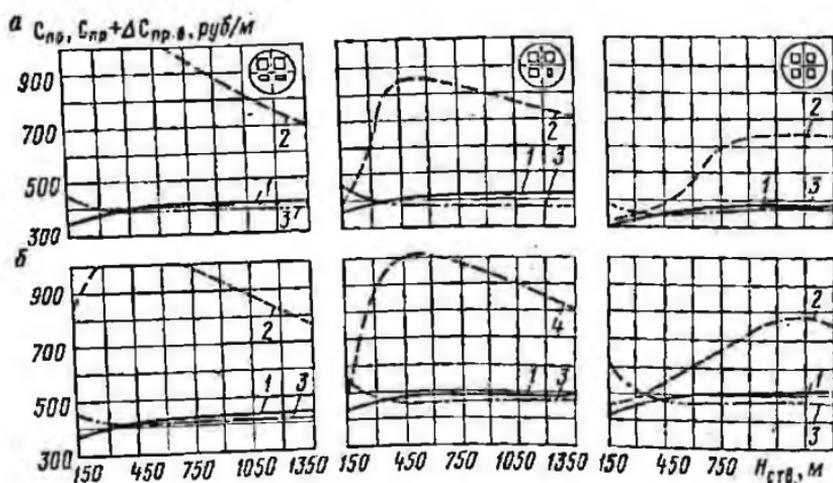


Рис. 53. Зависимость приведенных затрат от глубины скипового ствола:

**а** — скипы угольные емкостью 15 м<sup>3</sup>, породные 5 м<sup>3</sup>; **б** — скипы угольные емкостью 35 м<sup>3</sup>, породные 15 м<sup>3</sup>; 1 — жесткая армировка, без учета фактора «вентиляция»; 2 — то же, с учетом фактора «вентиляция»; 3 — канатная армировка

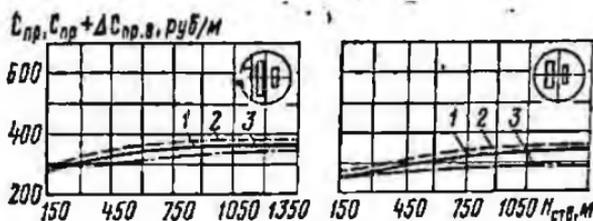


Рис. 54. Зависимость приведенных затрат от глубины вентиляционного ствола:

1 — жесткая армировка, без учета фактора «вентиляция»; 2 — то же, с учетом фактора «вентиляция»; 3 — канатная армировка

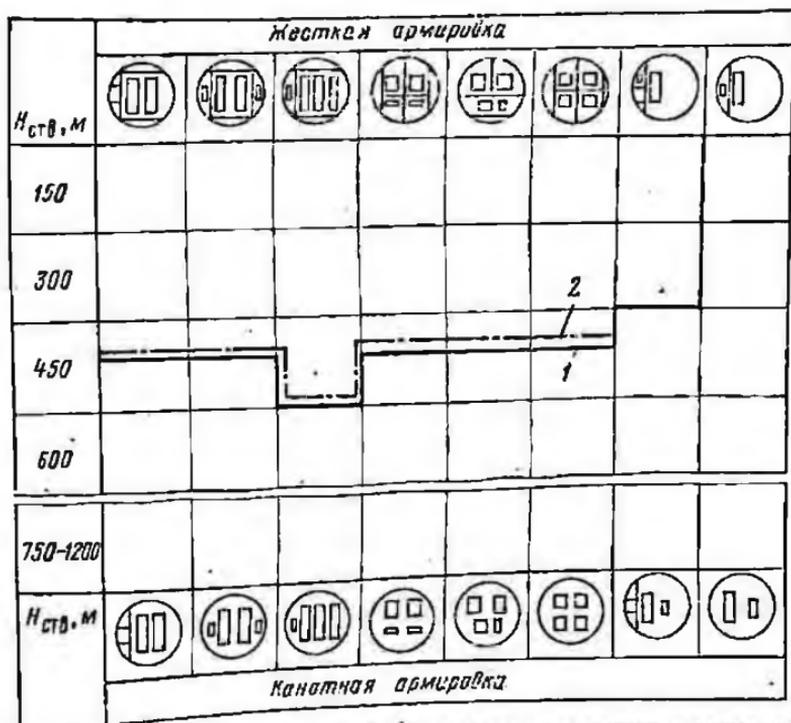


Рис. 55. Диаграмма области рационального применения канатной армировки для стволов нейтральных по отношению к вентиляции:

1 — первый типоразмер подъемного сосуда; 2 — второй типоразмер подъемного сосуда

Из рассмотренных вариантов армировки стволов, нейтральных по отношению к вентиляции, в практике шахтного строительства имеют широкое распространение лишь скиповые стволы при фланговой схеме проветривания шахт.

## § 22. КАПИТАЛЬНЫЕ ЗАТРАТЫ И ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ РАСХОДЫ, СВЯЗАННЫЕ С ВЕНТИЛЯЦИЕЙ ШАХТ

Сечения вертикальных шахтных стволов с жесткой армировкой даже при применении удобообтекаемых замкнутых профилей все еще остаются сложными аэродинамическими системами и имеют высокое сопротивление. В связи с этим суммарная депрессия стволов глубоких шахт с жесткой армировкой может достигать 30—50% от общей депрессии, развиваемой вентилятором.

Поперечное сечение вертикальных стволов с канатной армировкой не загромождено металлоконструкциями, за счет этого их аэродинамическое сопротивление в 2—6 раз ниже, чем стволов с жесткой армировкой.

Известны два подхода к экономической оценке мероприятий по снижению аэродинамического сопротивления стволов.

В первом случае дополнительные затраты на снижение аэродинамического сопротивления ствола сопоставляются с экономией расходов на электроэнергию, затрачиваемую на проветривание шахты.

Разница в стоимости электроэнергии на проветривание шахты подсчитывается по формуле

$$\Delta c_{э.в} = \frac{\Delta h Q_{в} k_{заг} n_{в} t_{в}}{102 \eta} c_{э}, \text{ руб.} \quad (43)$$

где  $\Delta h$  — величина снижения депрессии выработки, кгс/м<sup>2</sup>;  $k_{заг}$  — коэффициент загрузки, принимается 0,8;  $\eta$  — к. п. д. вентиляторной установки

$$\eta = \eta_{д} \eta_{п} \eta_{с} \eta_{р} = 0,90 \cdot 0,90 \cdot 0,95 \cdot 0,80 = 0,62,$$

где  $\eta_{д}$  = 0,9 — к. п. д. двигателя;  $\eta_{п}$  = 0,9 — к. п. д. передачи;  $\eta_{с}$  = 0,95 — к. п. д. сети;  $\eta_{р}$  = 0,80 — к. п. д. регулирования;  $n_{в}$  = 365 — число суток работы вентилятора в году;  $t_{в}$  = 24 — число часов работы вентилятора в сутки;  $c_{э}$  — стоимость 1 кВт·ч электроэнергии.

Авторами исследований [1, 18] высказывается точка зрения, что такое определение экономического эффекта является условным, так как при фиксированных длинах выработок и их суммарной депрессии снижение аэродинамического сопротивления одной из них может оказать существенное влияние на всю вентиляционную сеть шахты и привести к уменьшению общих затрат на проведение и поддержание горных выработок. При этом экономический эффект может оказаться значительно выше, чем от экономии затрат на электроэнергию. Экономический эффект в этом случае для анализируемых вариантов армировки стволов может быть определен по формуле

$$\Delta C_{\text{пр.в}} = (C_{\text{ж.в}} + E_{\text{н}}K_{\text{ж.в}}) - (C_{\text{к.в}} + E_{\text{н}}K_{\text{к.в}}), \quad (44)$$

где  $C_{\text{ж.в}}$  — сумма годовых эксплуатационных затрат на поддержание горных выработок вентиляционной сети для варианта ствола с жесткой армировкой;  $C_{\text{к.в}}$  — то же, с канатной армировкой;  $K_{\text{ж.в}}$  — сумма капитальных затрат на проведение горных выработок для варианта ствола с жесткой армировкой;  $K_{\text{к.в}}$  — то же, с канатной армировкой.

Приведенные затраты для вентиляционной сети шахты определяются по вариантам для оптимальных сечений горных выработок. Эти сечения могут быть рассчитаны путем оптимального распределения общей депрессии по отдельным выработкам [22, 23].

Общая депрессия вентиляционной сети горных выработок шахты равна сумме депрессий отдельных ее участков:

$$h = h_1 + h_2 + \dots + h_n$$

или

$$h = \frac{\alpha_1 c_1 Q_{\text{в}1}^2}{F_1^{2,5}} l_1 + \frac{\alpha_2 c_2 Q_{\text{в}2}^2}{F_2^{2,5}} l_2 + \dots + \frac{\alpha_n c_n Q_{\text{в}n}^2}{F_n^{2,5}} l_n, \quad (45)$$

где  $\alpha_i$  — коэффициент аэродинамического сопротивления, кгс·с/м<sup>4</sup>;  $c_i$  — коэффициент формы поперечного сечения  $i$ -й выработки;  $Q_{\text{в}i}$  — количество воздуха, проходящего по  $i$ -й выработке, м<sup>3</sup>/с;  $l_i$  — длина  $i$ -й выработки, м;  $F_i$  — площадь поперечного сечения в свету  $i$ -й выработки, м<sup>2</sup>;  $\omega$  — число расположенных по ходу струн групп выработок в шахтной сети.

Соотношение депрессии любых двух выработок с оптимальным сечением выражается формулой

$$\frac{h_i}{h_1} = \frac{\alpha_i c_i Q_{\text{в}i}^2}{\alpha_1 c_1 Q_{\text{в}1}^2} \cdot \frac{l_i}{l_1} \left( \frac{F_{\text{о}i}}{F_{\text{о}1}} \right)^{2,5}, \quad (46)$$

где  $F_{\text{о}i}$  — оптимальная площадь поперечного сечения  $i$ -й выработки, м<sup>2</sup>.

Отношение оптимальных площадей поперечных сечений двух выработок в общем виде выражается формулой

$$\frac{F_{\text{о}i}}{F_{\text{о}1}} = \sqrt[3,5]{\frac{\alpha_i c_i Q_{\text{в}i}^2 n_i k_i}{\alpha_1 c_1 Q_{\text{в}1}^2 n_1 k_1}}, \quad (47)$$

где  $n_i$  — число параллельных или повторяющихся выработок в каждой группе;  $k_i$  — коэффициент стоимости выработок.

Коэффициент стоимости  $k_i$  определяется для выработок, проходящих при строительстве, с учетом нормативного коэффициента экономической эффективности капиталовложений, а для остальных выработок — с учетом приведения равноновременных затрат к общему моменту.

После подстановки в выражение (46) вместо  $\left(\frac{F_{\text{о}i}}{F_{\text{о}1}}\right)^{2,5}$  его значения в соответствии с выражением (45) получим

$$\frac{h_i}{h_1} = \frac{l_i}{l_1} \sqrt[3]{\frac{\alpha_i c_i Q_{\text{в}i}^2 (n_i k_i)^{2,5}}{\alpha_1 c_1 Q_{\text{в}1}^2 (n_1 k_1)^{2,5}}} = m_i. \quad (48)$$

Отношение оптимальных площадей поперечных сечений и депрессий любых двух выработок сети выражается определенным числом, так как значения  $\alpha_i$ ,  $c_i$ ,  $Q_{\text{в}i}$ ,  $n_i$ ,  $l_i$  для каждой выработки известны.

Обозначив отношение депрессий через  $m_i$ , получим

$$h_i = h_1 m_i. \quad (49)$$

После подстановки в выражение (43) общей депрессии сети выработок  $h = \sum_{i=1}^{\omega} h_i$  вместо  $h_1, h_2, \dots, h_{\omega}$  их значений и преобразования получим

$$h = h_1 (m_1 + m_2 + \dots + m_{\omega}) = h_1 \sum_{i=1}^{\omega} m_i.$$

откуда

$$h_i = \frac{h}{\sum_{i=1}^{\omega} m_i}, \quad (50)$$

После замены  $h_i$  в формуле (49) его значений из выражения (50) получим

$$h_i = \frac{hm_i}{\sum_{i=1}^{\omega} m_i}. \quad (51)$$

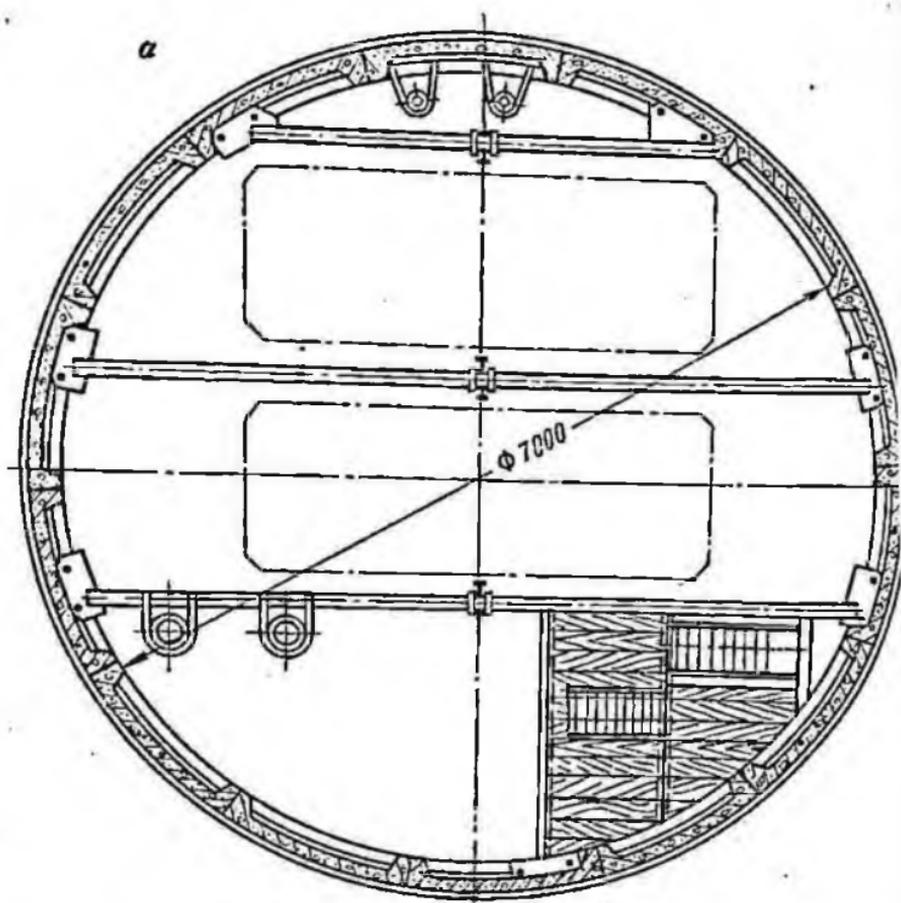
Таким образом, можно вначале распределить общую депрессию сети выработок по отдельным выработкам, а затем определить оптимальные сечения этих выработок по формуле

$$F_{oi} = \left( \frac{\alpha_i c_i Q_{oi}^2 l_i}{h_i} \right)^{0.4}. \quad (52)$$

Рассмотрим влияние аэродинамического сопротивления жесткой и канатной армировки стволов на вентиляционную сеть горных выработок на примере шахты им. 50-летия Октября производственного объединения Гуковуголь.

Шахтой им. 50-летия Октября разрабатывается один пологопадающий пласт антрацита. Проектная мощность шахты 1500 тыс. т в год. Шахтное поле вскрыто двумя центральными стволами — вспомогательным и главным. Вспомогательный ствол пройден на глубину 420 м, имеет диаметр в свету 7 м и закреплен железобетонными тубингами. Ствол оборудован двухклетевой одноканатной подъемной установкой с двухэтажными клетями на вагонетку ВГ-3,3. Армировка ствола жесткая с двусторонним боковым расположением проводников и лестничным отделением (рис. 56, а). Расчетный коэффициент аэродинамического сопротивления ствола равен  $\alpha \cdot 10^{-4} = 55,7$  кгс·с/м<sup>4</sup>, а депрессия 33,8 мм вод. ст.

Вентиляционные стволы № 1 и 2 пройдены на глубину соответственно 400 и 360 м, имеют диаметр в свету 5 м и закреплены монолитной бетонной крепью. Стволы оборудованы одноклетевыми с противовесами аварийными подъемными установками. Армировка стволов жесткая с односторонним боковым расположением проводников и лестничными отделениями (рис. 56, б). Расчетный коэффициент аэродинамического сопротивления



составляет  $a \cdot 10^{-4} = 17,3$  кгс·с/м<sup>4</sup>, а депрессия соответственно 11,3 и 10,2 мм вод. ст. Схема подготовки — панельная. Система разработки — длинными столбами по простиранию. Шахта — не опасная по метану. Схема проветривания шахты — фланговая, способ проветривания — всасывающий. Для проветривания в шахту поступает по вспомогательному стволу 194 м<sup>3</sup>/с воздуха.

Вентиляционная сеть шахты (рис. 57) имеет два направления, состоящие из следующих групп выработок (по ходу движения струи воздуха):

первое — вспомогательный ствол 0—1, околоствольный двор 1—2, южный квершлаг 2—3, западный коренной штрек 3—4, уклон № 3 4—5, 5—6, ярусный штрек 6—7, лава 7—8, ярусный штрек 8—9, людской ходок уклона № 3 9—10, 10—11, вентиляционная сбойка 11—12, вентиляционный ствол № 1 12—13;

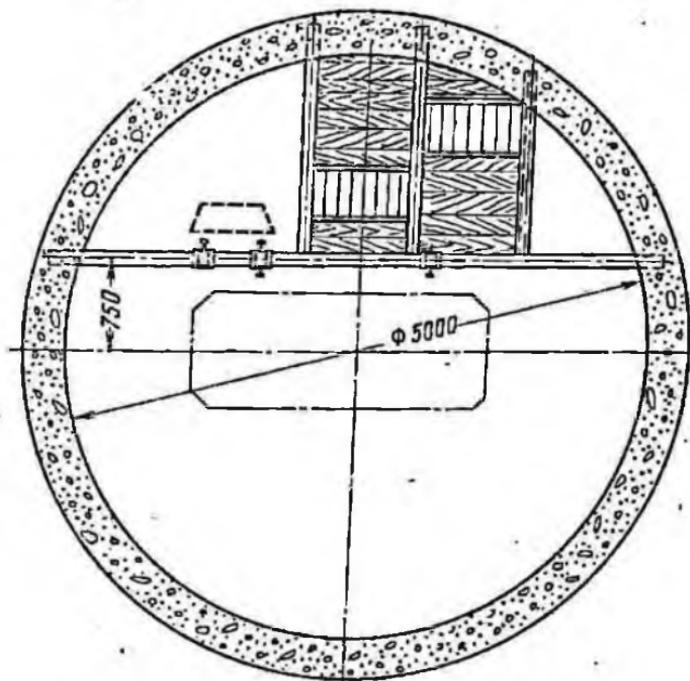


Рис. 56. Сечения стволов шахты им. 50-летия Октября:  
 а — вспомогательного; б — вентиляционного

второе — вспомогательный ствол 0—1, околоствольный двор 1—2, южный квершлаг 2—3, восточный коренной штрек 3—14, уклон № 2 14—15, 15—16, ярусный конвейерный штрек 16—17, лава 17—18, ярусный вентиляционный штрек 18—19, людской ходок уклона № 2 19—20, коренной вентиляционный штрек 20—21, вентиляционный ствол № 2 21—22.

Приведенная вентиляционная сеть была подвергнута оптимизации сечений горных выработок для вариантов с жесткой и канатной армировкой вспомогательного и вентиляционного стволов. При этом глубина вспомогательного и собственно вентиляционных стволов условно изменялась в диапазоне 150—1200 м с интервалом 150 м.

Оптимизация производилась в такой последовательности: по формуле (48) рассчитывались значения  $m_i$  выработок, определяли их сумму  $\sum_{i=1}^n m_i$ , находили зна-

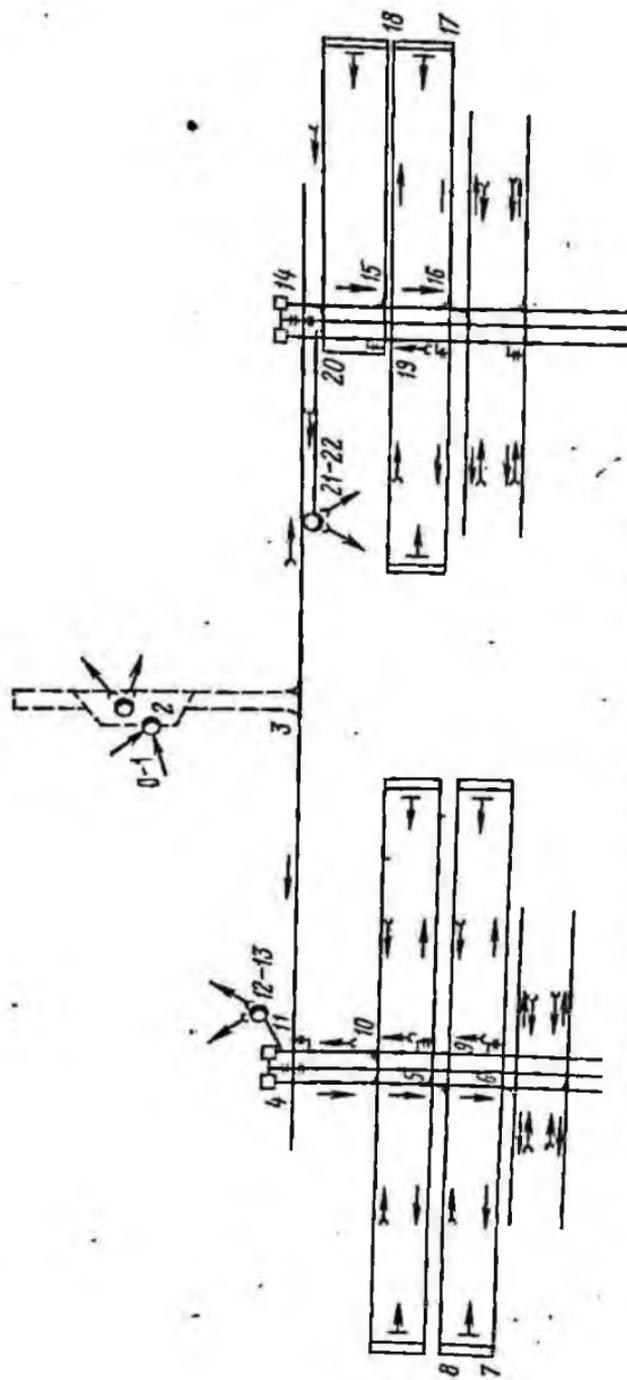


Рис. 57. Вентиляционная сеть шахты им. 50-летия Октября

чения депрессий выработок по формуле (51) и площадей их поперечного сечения в свету по выражению (52).

Результаты оптимизаций сечений выработок и расчетов приведенных затрат на вентиляционную сеть шахты приведены в табл. 16, 17, 18.

На рис. 58 показана зависимость приведенных затрат на проведение и поддержание горных выработок для вариантов жесткой и канатной армировки от глубины ствола.

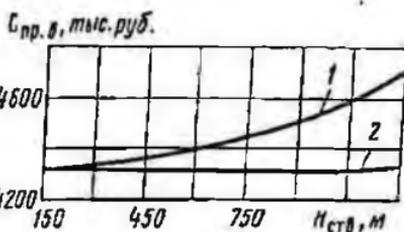


Рис. 58. Зависимость приведенных затрат на вентиляционную сеть шахты от глубины ствола: 1 — жесткая армировка; 2 — канатная армировка

Из выполненных расчетов видно, что применение канатной армировки вместо жесткой позволяет снизить коэффициент аэродинамического сопротивления вспомогательного и вентиляционных стволов и уменьшить при той же общей депрессии сечения горных выработок, сократив затраты на их проведение и поддержание.

Разность суммы приведенных затрат на вентиляционную сеть шахты для анализируемых вариантов с увеличением глубины стволов возрастает с 8 тыс. до 382 тыс. руб. При проектной глубине вспомогательного ствола 420 м она составляет 70 тыс. руб., между тем как разность стоимости электроэнергии на проветривание, рассчитанная по формуле (43), составляет 13,3 тыс. руб. в год.

Очевидно, для шахт с близкими горно-геологическими и техническими условиями существует корреляционная зависимость между величиной снижения приведенных затрат на вентиляционную сеть шахты  $\Delta C_{пр.в.}$ , величиной снижения аэродинамического сопротивления  $\Delta h$  и количеством воздуха, поступающего в шахту  $Q_{в.}$

Для установления этой зависимости нами были выполнены расчеты по описанной выше методике для условий шахт производственных объединений Ростовуголь и Гуковуголь. Производственная мощность шахт изменялась от 1,2 млн. до 3 млн. т в год. Шахтные поля

Шифр выработки	Площадь сечения выработок в свету (м <sup>2</sup> ) при глубине ствола, м							
	150	300	450	600	750	900	1050	1200
Первое направление								
0-1	38,5	38,5	38,5	38,5	38,5	38,5	38,5	38,5
1-2	2×11,2	2×11,2	2×11,2	2×11,2	2×11,2	2×11,2	2×11,2	2×11,2
2-3	11,6	11,6	11,6	11,6	11,6	12,2	12,2	12,8
3-4	14,2	14,2	15,4	15,4	15,4	15,4	15,4	15,4
4-5, 5-6	12,7; 9,2	12,7; 9,6	12,7; 9,6	13,7; 9,6	13,7; 9,6	13,7; 9,6	13,7; 9,6	13,7; 9,6
6-7	6,7	6,7	6,7	6,7	6,7	6,7	6,7	6,7
7-8	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1
8-9	6,7	6,7	6,7	6,7	6,7	6,7	6,7	6,7
9, 10, 10-11	11,2	12,0	12,0	12,0	12,7	12,7	12,7	12,7
11-12	11,6	11,6	11,6	11,6	11,6	11,6	11,6	11,6
12-13	19,6	19,6	19,6	19,6	19,6	19,6	19,6	19,6
Второе направление								
0-1	38,5	38,5	38,5	38,5	38,5	38,5	38,5	38,5
1-2	2×11,2	2×11,2	2×11,2	2×11,2	2×11,2	2×11,2	2×11,2	2×11,2
2-3	11,6	11,6	11,6	11,6	11,6	12,2	12,2	12,8
3-14	12,7	12,7	13,1	13,7	13,7	13,7	13,7	13,7
14-15; 15-16	11,6-11,2	11,6-11,2	11,6-11,2	11,6-11,2	11,6-11,2	11,6-11,2	11,6-11,2	11,6-11,2
16-17	6,7	6,7	6,7	6,7	6,7	6,7	6,7	6,7
17-18	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1
18-19	6,7	6,7	6,7	6,7	6,7	6,7	6,7	6,7
19-20	11,2	11,2	11,2	11,2	11,2	11,2	11,2	11,2
20-21	11,6	11,6	11,6	11,6	11,6	11,6	11,6	11,6
21-22	19,6	19,6	19,6	19,6	19,6	19,6	19,6	19,6

Таблица 17

Шифр выработки	Площадь сечения выработок в свету (м <sup>2</sup> ) при глубине ствола, м							
	150	300	450	600	750	900	1050	1200
Первое направление								
0-1	38,5	38,5	38,5	38,5	38,5	38,5	38,5	38,5
1-2	2×11,2	2×11,2	2×11,2	2×11,2	2×11,2	2×11,2	2×11,2	2×11,2
2-3	11,6	11,6	11,6	11,6	11,6	11,6	11,6	11,6
3-4	14,2	14,2	14,2	14,2	14,2	14,2	15,4	15,4
4,5 5-6	12,7; 9,2	12,7; 9,2	12,7; 9,2	12,7; 9,2	12,7; 9,6	12,7; 9,6	12,7; 9,6	12,7; 9,6
6-7	6,7	6,7	6,7	6,7	6,7	6,7	6,7	6,7
7-8	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1
8-9	6,7	6,7	6,7	6,7	6,7	6,7	6,7	6,7
9-10; 10-11	11,2	11,2	11,2	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0
11-12	11,6	11,6	11,6	11,6	11,6	11,6	11,6	11,6
12-13	19,6	19,6	19,6	19,6	19,6	19,6	19,6	19,6
Второе направление								
0-1	38,5	38,5	38,5	38,5	38,5	38,5	38,5	38,5
1-2	2×11,2	2×11,2	2×11,2	2×11,2	2×11,2	2×11,2	2×11,2	2×11,2
2-3	11,6	11,6	11,6	11,6	11,6	11,6	11,6	11,6
3-14	12,7	12,7	12,7	12,7	12,7	12,7	13,1	13,7
14-15; 15-16	11,6; 11,2	11,6; 11,2	11,6; 11,2	11,6; 11,2	11,6; 11,2	11,6; 11,2	11,6; 11,2	11,6; 11,2
16-17	6,7	6,7	6,7	6,7	6,7	6,7	6,7	6,7
17-18	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1
18-19	6,7	6,7	6,7	6,7	6,7	6,7	6,7	6,7
19-20	11,2	11,2	11,2	11,2	11,2	11,2	11,2	11,2
20-21	11,6	11,6	11,6	11,6	11,6	11,6	11,6	11,6
21-22	19,6	19,6	19,6	19,6	19,6	19,6	19,6	19,6

Таблица 18

Глубина ствола, м	Сумма учитываемых приведенных затрат на вентиляционную сеть шахты, тыс. руб.	
	жесткая армировка	армировка канатная
150	4317	4317
300	4325	4317
450	4387	4317
600	4403	4317
750	4440	4321
900	4500	4321
1050	4580	4321
1200	4707	2325

вскрыты вертикальными стволами, схема подготовки — панельная. Одновременно разрабатывается один пласт антрацита мощностью 0,74—1,4 м. Глубина разработки 400—750 м. Шахты условно отнесены к I категории по газу, схема проветривания — фланговая, способ проветривания всасывающий.

Для каждой анализируемой вентиляционной сети с помощью ЭВМ «Минск-22» определялись оптимальные сечения выработок, капитальные и эксплуатационные затраты на их проведение и поддержание при фиксированной сумме депрессии, равной 450 мм вод. ст.

Сумма депрессии выработок, не подлежащих оптимизации (стволы, околоствольный двор, лавы и др.), принималась условно от 250 до 50 мм вод. ст. с интервалом 10 мм.

Величина снижения суммы приведенных затрат на вентиляционную сеть шахты рассчитывалась по формуле (44).

Анализ расчетов показал, что при первоначальном снижении аэродинамического сопротивления выработок, не подлежащих оптимизации, на величину до 15 мм вод. ст., как правило, сечения выработок вентиляционной сети не изменяются вследствие большого шага типоразмеров сечений горных выработок.

При снижении аэродинамического сопротивления на большую величину наблюдается перераспределение депрессии между выработками и уменьшение их сечений. При достижении величины снижения аэродинамического

сопротивления 120—150 мм вод. ст. сечения горных выработок достигают минимальных значений по технологическим критериям.

Кривая изменения приведенных затрат в зависимости от количества воздуха, поступающего в шахту, и величины снижения аэродинамического сопротивления отдельных выработок описывается уравнением

$$\Delta C_{\text{пр.в}} = 643 - 7885 \frac{1}{\Delta h} - 38775 \frac{1}{Q_{\text{в}}}, \text{ тыс. руб. (53)}$$

Коэффициент корреляции составит 0,745.

Полученное уравнение было использовано при оценке по фактору «вентиляция» анализируемых вариантов стволов с жесткой и канатной армировкой.

На основании выполненных расчетов были построены графики зависимости приведенных затрат с учетом фак-

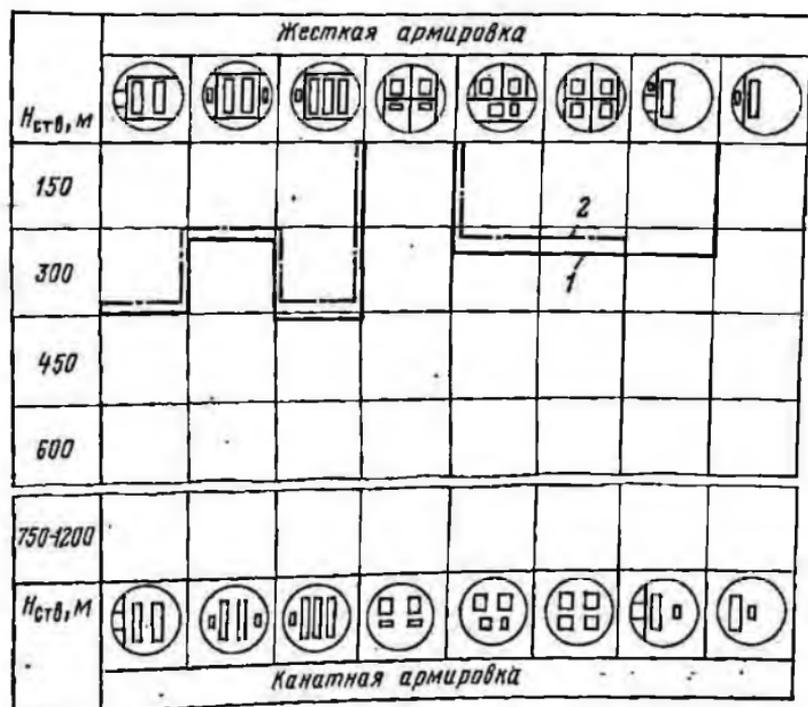


Рис. 59. Диаграмма области рационального применения канатной армировки с учетом фактора «вентиляция»:

1 — первый типоразмер подъемного сосуда; 2 — второй типоразмер подъемного сосуда

тора «вентиляция», отнесенных к 1 м ствола (см. рис. 49, 50, 51), диаграммы областей применения канатной армировки (рис. 59) и получены выводы, что если диаметр сечения стволов, используемых для проветривания шахты, определяется по условиям размещения подъемных сосудов, то канатная армировка экономически целесообразна при глубине стволов более 300 м. Граница целесообразного применения канатной армировки располагается тем выше по глубине, чем больше производительность подъемной установки и вентиляционное сопротивление сопоставляемого варианта ствола с жесткой армировкой. С увеличением глубины ствола, грузоподъемности подъемных сосудов и количества воздуха, движущегося по стволу, экономическая эффективность канатной армировки возрастает.

Таблица 19

Глубина ствола, м	Капитальные затраты			Эксплуатационные затраты			Приведенные затраты			Приведенные затраты с учетом фактора «вентиляция»		
	жесткая армировка, руб/м	канатная армировка		жесткая армировка, руб/м	канатная армировка		жесткая армировка, руб/м	канатная армировка		жесткая армировка, руб/м	канатная армировка	
		руб/м	% к жесткой		руб/м	% к жесткой		руб/м	% к жесткой		руб/м	% к жесткой
150	2970	4248	143	96	139	145	393	564	143	449	564	126
200	2804	3648	125	133	123	93	413	488	119	636	488	77
450	2841	3515	123	190	122	65	474	474	100	990	474	53
600	2887	3500	120	192	121	64	474	471	99	886	471	53
750	2910	3480	120	194	120	62	485	468	96	850	468	55
900	2915	3400	116	198	121	61	489	461	94	816	461	55
1050	2930	3300	113	199	125	61	490	455	93	810	455	55
1200	2940	3178	108	204	127	61	499	435	87	800	435	54

В качестве примера в табл. 19 приведены результаты расчетов эффективности канатной армировки для условий скипового ствола реконструируемой шахты «Алмазная» производственного объединения Гуковуголь. Скиповый ствол проектируется глубиной 922 м с двумя многоканатными подъемными установками: двухскипо-

вой с угольными скипами емкостью 20 м<sup>3</sup> и односкиповой с породным скипом емкостью 9,5 м<sup>3</sup>. Ствол используется для выдачи из шахты исходящей струи воздуха. Диаметр ствола в свету, определенный по критерию размещения подъемных сосудов, для варианта с жесткой армировкой составляет 7 м, с канатной — 8 м. В связи с этим вариант с канатной армировкой требует на 16% (485 руб. на 1 м ствола, или 445 000 руб. на комплекс) больших первоначальных капитальных затрат. Однако вследствие более низких расходов на эксплуатацию ствола и вентиляционную сеть шахты сумма приведенных затрат для варианта с канатной армировкой на 45% (на 355 руб. на 1 м, или 326 000 руб. на комплекс ствола) ниже, чем для жесткой. Благодаря этому дополнительные первоначальные капитальные затраты окупятся в течение 1, 3 года.

### § 23. ОБЛАСТЬ РАЦИОНАЛЬНОГО ПРИМЕНЕНИЯ КАНАТНОЙ АРМИРОВКИ

Имеющийся отечественный и зарубежный опыт строительства и эксплуатации вертикальных шахтных стволов с канатной армировкой подтверждает ее высокие эксплуатационные качества и технологичность в строительстве. Применение этого вида армировки не ограничивается глубиной ствола, скоростью подъема и величиной концевой нагрузки. Ограничение ее применения по фактору искривления ствола является следствием нарушения технологии ведения строительных или очистных работ и носит частный характер. Вместе с тем в отдельных случаях канатная армировка ствола является единственно приемлемым решением, например:

при проходке стволов в обводненных неустойчивых горных породах, когда недопустимо нарушение сплошности бетонной крепи ствола для установки расстрелов;

при активном горном давлении на крепь ствола, вызывающем деформацию элементов жесткой армировки;

при необходимости снижения аэродинамического сопротивления ствола;

при применении облегченных крепей (набрызгбетонных, торкретбетонных, армонабрызгбетонных), осложняющих закрепление расстрелов жесткой армировки, и др.

Выполненные технико-экономические расчеты показали, что канатная армировка экономически целесообразна для клетевых, скиповых и вентиляционных стволов во всем диапазоне исследованных глубин, если диаметр ствола определяется по условию обеспечения пропускания необходимого количества воздуха для проветривания шахты, и глубине более 150—450 м, если диаметр ствола принят по условиям размещения подъемных сосудов в зависимости от расхода воздуха для проветривания и интенсивности работы подъемной установки.

В связи с тем, что экономический эффект от применения канатной армировки по сравнению с жесткой возрастает с увеличением глубины ствола, интенсивности подъема и количества воздуха, поступающего в шахту, этот вид армировки приобретает все более актуальное значение для вертикальных стволов глубоких шахт, оборудованных многоканатными подъемными установками. Применение многоканатных подъемных установок в сочетании с канатными проводниками обеспечивает безопасность и экономичность подъема больших грузов со значительных глубин с высокими скоростями. При этом многогоризонтность работы подъемной установки и необходимость последующей углубки ствола не являются ограничивающими факторами. Эффективная работа подъемных установок обеспечивается применением одноклетевых (одноклетевых) подъемов и специальных фиксирующих устройств, позволяющих производить загрузку подъемных сосудов с промежуточных горизонтов.

С учетом изложенного область рационального применения канатной армировки составляет 50—60% от общего объема вновь проходимых стволов. Если учесть, что в горнодобывающей промышленности страны ежегодно проходится более 30 км армируемых вертикальных стволов, то расширение применения канатной армировки позволит повысить технический уровень шахтного подъема и получить значительный экономический эффект за счет снижения расхода стального проката, сокращения сроков строительства шахт, снижения эксплуатационных затрат на подъем и вентиляцию шахты.

В заключение следует отметить, что расширение области применения канатной армировки настоятельно требует решения ряда технических и научно-исследовательских проблем, главными из которых являются:

повышение качества отечественных канатов закрытой конструкции и увеличение срока их службы до 10—15 лет;

разработка работоспособных роликовых направляющих устройств для подъемных сосудов, позволяющих увеличить срок службы канатных проводников и использовать в качестве их нераскручивающиеся круглопрядные канаты крестовой свивки;

освоение производства некрутящихся головных канатов больших диаметров для одноканатных подъемных установок, с тем чтобы максимально уменьшить закручивание подъемных сосудов при движении по стволу в канатных проводниках;

разработка гидравлических натяжных устройств для проводников и отбойных канатов, позволяющих вести постоянный контроль за величиной натяжения и исключаяющих необходимость проходки дополнительной части зумпфа для размещения натяжных грузов;

усовершенствование конструкций загрузочных устройств на промежуточных горизонтах в стволе, обеспечивающих надежную фиксацию подъемных сосудов при загрузке и их безопасный пропуск без снижения скорости подъема при работе с разных горизонтов;

решение комплекса вопросов, связанных с обеспечением в аварийных ситуациях доступа к зависшим в стволе подъемным сосудам со стороны лестничного отделения, соседних или специальных подъемных сосудов, а также с ремонтом ствола, армировки и инженерных коммуникаций;

унификация отдельных технических решений и элементов канатной армировки;

исследование движения подъемных сосудов в канатных проводниках на уже действующих подъемных установках путем проведения натуральных наблюдений и замеров в целях уточнения существующих нормативных материалов и разработки теоретических основ для создания более мощных подъемных установок с канатной армировкой с полезной грузоподъемностью до 100 т и скоростью подъема до 25 м/с;

накопление и обобщение технико-экономической информации в период строительства и эксплуатации стволов с канатной армировкой с целью объективной оценки ее эффективности в различных условиях.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Влияние аэродинамического сопротивления стволов шахты на сеть горных выработок. — «Горный журнал», 1969, № 6, с. 8—11. Авт.: Ф. А. Абрамов, Н. П. Хоменко, Ю. И. Волощенко и др.
2. Аптенкар П. А., Крохин В. П. Экономическая эффективность применения канатных проводников. — «Шахтное строительство», 1965, № 10, с. 12—14.
3. Аптенкар П. А. Канатные проводники одноканатного клетового подъема. — «Уголь», 1970, № 12, с. 35—37.
4. Белый В. Д. Канатные проводники шахтных подъемных установок. М., «Углетехиздат», 1959. 212 с.
5. Белый В. Д., Найдено И. С. Шахтные многоканатные подъемные установки. М., «Недра», 1966. 310 с.
6. Белый В. Д., Лесин К. К., Самарский А. Ф. Выбор, навеска, эксплуатация и контроль состояния шахтных канатов. М., «Недра», 1967. 228 с.
7. Бекетов А. К., Шафранов Н. К. К вопросу о применении канатных проводников в вертикальных стволах шахт. — «Шахтное строительство», 1958, № 12, с. 14—16.
8. Временные технические условия на проектирование подъемных установок с канатными проводниками. Макеевка — Донбасс, изд. МакНИИ, 1957. 9 с.
9. Временные нормы и рекомендации на проектирование канатных проводников многоканатных подъемных установок. Макеевка — Донбасс, изд. МакНИИ, 1967. 12 с.
10. Власенко Ю. Я., Крылов Я. Л., Рихтик В. П. Новые конструкции лестничных отделений для вертикальных стволов шахт. — «Шахтное строительство», 1970, № 12, с. 25—26.
11. Доржинкевич И. Б. Совершенствование армировки глубоких стволов шахт. М., «Недра», 1970. 119 с.
12. Иванов Н. И., Евдокимов Ф. И. Стоимость и сроки строительства шахт. М., «Недра», 1968. 216 с.
13. Островский С. М., Петренко Е. В. Многоканатный подъем с канатными проводниками необходим шахтам Центрального района Донбасса. — «Уголь Украины», 1962, № 4, с. 15—16.
14. Петренко Е. В. В защиту применения канатных проводников в вертикальных стволах шахт. — «Шахтное строительство», 1962, № 9, с. 17—19.
15. Применение канатных проводников на шахтах Англии, ФРГ и Франции. М., изд. ЦИТИУгля, 1960. 45 с.
16. Правила безопасности в угольных и сланцевых шахтах. М., «Недра», 1973. 512 с.

17. Хотукаев Д. Е., Мипаков В. А. Экономическая эффективность применения устройства для натяжения проводников канатов. — «Шахтное строительство», 1973, № 3, с. 12—13.

18. Самородов А. П. Исследование возможности расширения области рационального применения канатных проводников за счет использования многоканатных подъемных машин. Изв. Днепропетровского горн. ин-та, 1972, № 59, с. 110—115.

19. Аэродинамическое сопротивление шахтных стволов и способы его снижения. М., «Углетехиздат», 1953. Авт.: А. А. Славинский, А. П. Кеенофонтова, А. А. Харев, П. Е. Идельчик 362 с.

20. Технические предложения по конструированию, изготовлению и применению аэродинамически совершенных профилей расстрелов для армировки шахт. Днепропетровск, изд. Днепропетровского горного ин-та, 1967. 61 с.

21. Технико-экономическое обоснование новых схем армировки вертикальных стволов. Кричон Рог, изд. Криобасспроект, 1966. 212 с.

22. Гипсовая методика определения экономической эффективности капитальных вложений и новой техники в народное хозяйство СССР. М., «Экономика», 1969. 16 с.

23. Технико-экономические требования на направляющие для сосудов подъемных установок с канатными проводниками. Милосевка — Донбасс, изд. МакШП, 1972. 16 с.

24. Хоменко П. П. Оптимальное распределение депрессии по выработкам при проектировании шахт. — «Проектирование и строительство угольных предприятий», 1967, № 9, с. 19—20.

25. Чалый А. А. Расчет оптимальных сечений выработок глубоких шахт по фактору проветривания. Донецк, Дис. на соиск. уч. степ. канд. техн. наук, ДГП, 1965. 17 с.

26. Шафранов Н. К., Ягодкин Ф. П. Опыт эксплуатации эластичной армировки склового ствола. — «Уголь», 1972, № 3, с. 44—46.

27. Шафранов Н. К., Ягодкин Ф. П. Анализ экономической эффективности применения лестничных отделений в шахтерских подъемных установках и шахтных стволах. — «Проектирование и реконструкция угольных предприятий», 1972, № 2, с. 17—18.

28. Шафранов Н. К., Ягодкин Ф. П. Анализ схем армировки вентиляционных стволов. — «Проектирование и реконструкция угольных предприятий», 1972, № 1, с. 14—15.

29. Шафранов Н. К., Ягодкин Ф. П. Исследование движения подъемных сосудов в канатных проводниках с помощью кино съемки. — «Проектирование и реконструкция угольных предприятий», 1973, № 8 с. 23.

30. Ягодкин Ф. П., Катухин В. Я. Определение экономической эффективности применения аэродинамического сопротивления горных выработок. — «Техника безопасности, охрана труда и горноспасательное дело», 1972, № 8, с. 26—27.

31. Ягодкин Ф. П. Консольная конструкция лестничного отделения. — «Шахтное строительство», 1972, № 9, с. 21—22.

32. Karl-Heinz Eulenberger. Beitrag zur Anwendung der Seilführung in Schächten. VEB Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie, Leipzig 1972.

