

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ УКРАИНЫ  
ДНЕПРОПЕТРОВСКИЙ ГОРНЫЙ ИНСТИТУТ

---

На правах рукописи

МУСИЕНКО Владимир Дмитриевич

УДК 622.674

ОБОСНОВАНИЕ РАЦИОНАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ  
УПРУГО-ПОДАТЛИВЫХ КОНСТРУКЦИЙ АРМИ-  
РОВКИ СТВОЛОВ, ЭКСПЛУАТИРУЕМЫХ В  
ЗОНЕ ДЕФОРМАЦИИ ПОРОДНОГО МАССИВА

Специальность 05.15.04 - "Шахтное строительство"

А в т о р е ф е р а т  
диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

Днепропетровск-1992

Работа выполнена в Научно-

инсти-



00819948 (\$)

Научный руководитель - кандидат технических наук,  
старший научный сотрудник  
ГАВРУЦКИЙ А.Е.

Официальные оппоненты: доктор технических наук,  
профессор  
МАКСИМОВ А.П.

кандидат технических наук,  
доцент  
САМОНИН А.В.

Ведущая организация - УкрНИИпроект

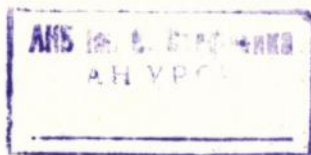
Защита диссертации состоится "10" декабря 1992 г.  
в 14<sup>00</sup> час. на заседании специализированного совета Д.068.08.03  
при Днепропетровском горном институте по адресу: 320014, г. Дне-  
пропетровск - 14, пр. К.Маркса, 19, горный институт.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке института.

Автореферат разослан "9" ноября 1992 г.

Ученый секретарь  
специализированного совета  
докт. техн. наук, профессор

БОНДАРЕНКО В.И.



ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы. По мере развития горнодобывающей промышленности и увеличения глубины разработки полезных ископаемых существенно усложнились условия строительства и эксплуатации современных вертикальных стволов и их армировки.

Рост глубины и производственной мощности шахт обусловили необходимость существенного повышения вместимости и скорости движения подъемных сосудов, что привело к резкому увеличению динамических воздействий на армировку.

В связи с этим, как показала практика основных горнодобывающих бассейнов Украины (Криворожский железорудный и Донецкий угольный), актуальное значение приобрела проблема обеспечения надежной работы и безопасной эксплуатации армировки и подъемных комплексов.

Еще большей актуальность эта проблема характеризуется для сложных горно-геологических условий месторождений типа Южно-Белозерского, Переверзевского, Яковлевского и др., обуславливающих значительные деформации крепи, которые отрицательно сказываются на работе системы "армировка-подъемный сосуд". По данным ВНИИ в настоящее время насчитывается 205 шахтных стволов с нарушениями крепи и армировки.

Обеспечение надежной работы жесткой армировки вертикальных шахтных стволов в сложных условиях, особенно при водопонижении, вызывающем уплотнение горных пород и значительное оседание земной поверхности, является не только актуальной, но и ответственной научно-технической задачей в области шахтного строительства. Решению этой задачи посвящена настоящая диссертационная работа.

5. Гавруцкий А.Е., Мусиенко В.Д. Экспериментальные исследования жесткой армировки стволов железорудных шахт // Шахтное строительство. - 1983. - №1. - С.15-16.

6. Мусиенко В.Д. Исследование осевого смещения проводников армировки шахтных стволов, подверженных сдвигению породного массива // Материалы 9-й отраслевой науч.-техн.конф. молодых ученых/ НИПРИ.-Кривой Рог, 1983.-С.100-109.-Деп. в УкрНИИТИ 08.04.83, №3975.

7. А.с. 1044789 СССР, МКИ<sup>3</sup> В 21 Д 7/00. Податливый расстрел для армирования шахтного ствола / А.Е.Гавруцкий, В.Д. Мусиенко. - №3400884/22-03; Заявл.17.02.82;Опубл.30.09.83,Бюл. №36.

8. Нигматуллин В.С., Малтыз Ю.П., Мусиенко В.Д. Экспериментальные исследования нагрузок, воздействующих на центральные расстрелы стволов // Шахтное строительство.-1986.-№5.-С.17-19.

9. А.с. 1330319 СССР, МКИ<sup>4</sup> В 21 Д 7/02. Компенсатор осевого смещения коробчатых проводников жесткой армировки стволов шахт/ А.Е.Гавруцкий, В.Д. Мусиенко, А.Г.Гирик, Н.И. Отряшко, - №3875151 / 22-03; Заявл. 25.03.85; Опубл. 15.08.87, Бюл. №30.

10. Ремонт армировки стволов, расположенных в зоне сдвига породного массива / Н.И. Отряшко, В.Д. Мусиенко, Г. Х.Чаер, Б.Т. Кучерявый // Шахтное строительство.-1988.-№5.-С.25-26.

11. Мусиенко В.Д. Изменение профиля проводников армировки стволов шахт, эксплуатируемых в зоне деформаций породного массива/ НИПРИ.-Кривой Рог, 1990.-15 с.-Деп. в ин-те "Черметинформация" 18.01.90, №5336.

12. Мусиенко В.Д. Влияние относительных отклонений проводников от вертикали на величину эксплуатационных нагрузок при движении скипов / НИПРИ.-Кривой Рог, 1990.-23с.-Деп. в ин-те "Черметинформация" 18.01.90, №5337.

- разработана математическая модель расчета деформационных параметров яруса армировки в виде составных стержневых элементов, позволяющая оценить упругие свойства податливых конструкций расстрелов;

- обоснованы жесткостные характеристики элементов податливости армировки в стволах, подверженных воздействию вертикальных и горизонтальных сдвижений породного массива;

- получено аналитическое выражение для определения горизонтальных нагрузок, действующих на армировку со стороны деформируемой крепи стволов, с учетом упругих свойств составных расстрелов;

- разработана методика определения деформационных характеристик элементов податливости армировки.

Научные положения, защищаемые в диссертационной работе:

1. В процессе образования мульды сдвижения при водоопонижении ствол приобретает эллиптическую форму с длинной осью, ориентированной по простиранию мульды, что приводит к возникновению сжимающих и растягивающих усилий в центральных расстрелах. Это положение использовано в методике определения рациональных деформационных параметров упруго-податливых конструкций расстрелов.

2. Рациональные деформационные параметры упруго-податливых элементов составных расстрельных балок определяются соотношением жесткостей вставного элемента  $E_2 I_2$  и основной балки  $E_1 I_1$ , изменяющимся в пределах  $0,1 \dots 0,2$ . Этим обеспечивается обоснованный выбор и разработка конструкций упруго-податливых компенсаторов продольных перемещений расстрелов и проводников жесткой армировки.

Реализация работы. Результаты исследований использованы при разработке мероприятий по повышению эксплуатационной безопасности армировки и увеличению пропускной способности Грузовых стволов №1 и 2 Запорожского железорудного комбината. Годовой экономический

эффект от их внедрения в ценах 1989 г. составил 178,5 тыс.рублей.

Рекомендации по выбору конструктивных параметров элементов податливости армировки использованы головным проектным институтом "УкрНИИпроект".

Новые конструкции элементов податливости армировки использованы при разработке проекта реконструкции армировки стволов центральной группы ЗМК, находящихся в зоне активного сдвижения породного массива. Ожидаемый экономический эффект за счет сокращения непроизводительных простоев и увеличения межремонтных сроков в 2 раза достигает 493 тыс.руб.

Обоснованность и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций подтверждается

- методологией исследований, предусматривающей комплексный подход к изучению деформационных свойств армировок вертикальных стволов, эксплуатируемых в зоне значительных деформаций породного массива;

- теоретическими исследованиями, базирующимися на классических положениях строительной механики;

- удовлетворительной сходимостью результатов аналитических и натуральных исследований (погрешность не более 9%);

- значительным объемом статистических данных, полученных в ходе промышленных экспериментов;

- положительным опытом внедрения результатов исследований в производство.

#### Практическая значимость работы.

Разработаны методика определения и рекомендации по выбору рациональных деформационных параметров упруго-податливых конструкций элементов армировки. Предложены новые, защищенные автор-

скими свидетельствами № I044789, I330319, I603007 конструкции упруго-податливых элементов проводников и расстрелов. Они позволяют обеспечить рациональные (проектные) геометрические параметры армировки, повысить эффективность и безопасность шахтного подъема стволов, эксплуатируемых в сложных условиях, а также снизить трудозатраты на ремонт армировки.

Апробация работы. Основные положения диссертационной работы обсуждены и одобрены на научно-технической конференции КГРИ ( г.Кривой Рог, 1980 г); Республиканском дне специалиста "Новая аппаратура и методы контроля жесткой армировки вертикальных стволов шахт" ( г.Кривой Рог, НИГРИ, 1981 г); Всесоюзной технической конференции "Совершенствование техники и технологии шахтного строительства Минчермета СССР", (г.Рудный, 1982 г.); Всесоюзном заседании секции "Проектирование и шахтное строительство" Центрального правления НТТО, НТС Госстроя СССР и Минуглепрома СССР, Московского городского правления НТТО по вопросу "Проблемы проектирования и возведения конструкций армировки шахтных стволов" ( г.Москва, 1982 г); Всесоюзных отраслевых научно-технических конференциях молодых ученых ( г.Кривой Рог, НИГРИ, 1982, 1984 гг); Республиканских днях специалиста "Повышение эффективности и безопасности движения подъемных сосудов в шахтных стволах" ( г.Кривой Рог, НИГРИ, 1983, 1991 гг.); технических советах института "УкрНИИпроект" ( г.Киев, 1984-1992 гг) и Запорожского железорудного комбината ( г.Днепропетровск, 1979-1992 гг.); объединенном научном семинаре при кафедре строительства шахт и подземных сооружений Днепропетровского горного института ( г. Днепропетровск, 1992 г.).

Публикации. По результатам диссертационной работы опубликовано 12 научных статей и получено 3 авторских свидетельства, полностью освещающих основные результаты исследований.

Объем работы. Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения, изложенных на 85 страницах машинописного текста, содержит 27 рисунков, 24 таблицы, список использованной литературы из 136 наименований и приложения на 24 страницах.

### ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении отмечены актуальность работы, ее новизна и практическая ценность, определены предмет и цель исследований, сформулированы научные результаты, выносимые на защиту.

В первой главе анализ и обобщение результатов работ в области исследований, проектирования и эксплуатации жесткой армировки вертикальных стволов выполнены с учетом классификации наиболее характерных условий ее применения.

Значительный вклад в исследование процессов взаимодействия движущихся подъемных сосудов с жесткой армировкой, а также в расчет и проектирование ее конструкций внесен работами И.В. Баклашова, Н.Г. Гаркуши, О.А. Залесова, а также В.Н. Борисова, А.Е. Гавруцкого, В.И. Дворникова, И.Б. Доржинкевича, Е.К. Керского, Л.Г. Медведева, Ю.Б. Пильча, А.В. Самонина, А.А. Храмова, Ф.И. Мгождина и др.

Указанные работы ориентированы главным образом на использование при проектировании вертикальных шахтных стволов, эксплуатирующихся в обычных условиях, когда армировка подвержена нагрузкам, возникающим при движении подъемных сосудов.

Однако в целом ряде случаев, связанных с эксплуатацией вертикальных стволов в сложных условиях, кроме нагрузок при движе-

нии подъемных сосудов армировка испытывает воздействие нагрузок, возникающих при сдвигении массива горных пород.

Применительно к сложным условиям, характерным для Южно-Белозерского, Переверзевского, Яковлевского и др. месторождений, рядом авторов А.П. Максимовым, Б.В. Евтушенко, В.Ф. Дробышевым, В.Е. Кондратенко, А.Д. Мишедченко и др. выполнены исследования, направленные на выбор и создание рациональных крепей, позволяющих обеспечить более безопасное поддержание стволов.

В области поиска конструкций армировки, обеспечивающих безаварийную эффективную работу подъемов, когда крепь стволов подвержена воздействию нагрузок при сдвигении массива горных пород, следует отметить работы институтов ВНИОМШС, УкрНИИпроект, Днепро-гипрошахт, ЦентрОГипроруда и др.

Однако из-за отсутствия достаточного научного обоснования с учетом реальных условий работы системы "подъемный сосуд-армировка-крепь" эти разработки широкого применения не нашли.

Создание новых более работоспособных конструкций армировки, пригодных для обеспечения эффективной и безопасной эксплуатации шахтных подъемов в условиях значительных деформаций вмещающего массива при водопонижении на основе определения рациональных параметров и выбора конструкции элементов податливости расстрелов и проводников, является актуальной проблемой, требующей решения следующих основных задач:

- установить характер изменения вертикальных и горизонтальных перемещений проводников армировки стволов с учетом фактора времени;

- определить влияние отклонений проводников от вертикали при наличии компенсаторов на величины динамических нагрузок, действующих при движении подъемных сосудов с различной скоростью;

- разработать расчетную модель для определения деформационных параметров яруса армировки с применением элементов податливости;
- установить рациональные деформационные параметры элементов податливости армировки и разработать соответствующие им новые конструкции;
- разработать методику определения деформационных параметров новых упруго-податливых конструкций проводников и расстрелов.

Вторая глава посвящена исследованию вертикальных и горизонтальных деформаций армировки в условиях действующих стволов, расположенных в зоне деформаций породного массива.

Исследования характера и величин вертикальных перемещений проводников осуществлялись путем измерения расстояний между ярусами расстрелов при помощи разработанной в НИГРИ специальной самопишущей аппаратуры. Максимальные их значения приурочены к зоне активных сдвижений горного массива на глубине 211,8-420,4 м (яруса №70-140).

Установлено, что приращения вертикальных перемещений парных проводников одинаковы по характеру, но различны по абсолютным значениям (рис. I). Это приводит к нарушению плавности движения погребных сосудов.

Изменение отклонения проводников от вертикали в результате горизонтальных воздействий на крепь и армировку при просадке вмещающих пород в результате водопонижения исследовались на основе периодических (один раз в год) маркшейдерских измерений.

В результате корреляционно-регрессионного анализа экспериментальных данных, полученных по глубине ствола в зоне активного сдвижения за 6 лет установлено, что изменение отклонений провод-

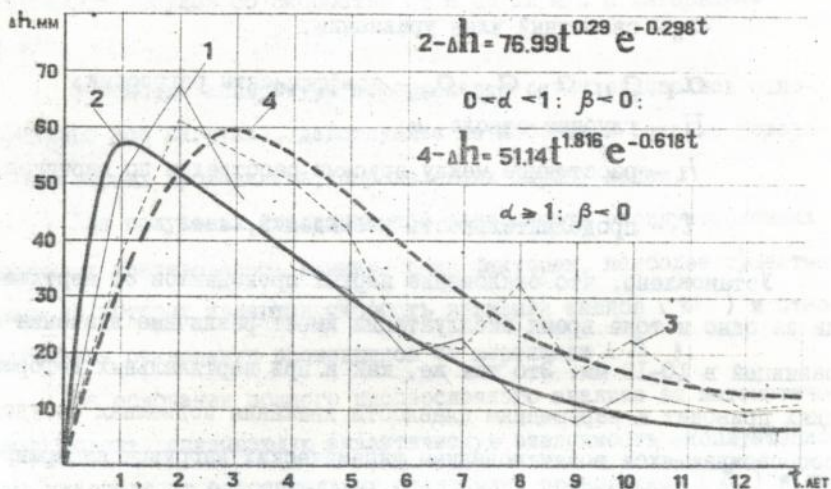


Рис. 1. График изменения приращений вертикального перемещения проводников во времени:  
 1, 3-кривые вертикального перемещения парных проводников, построенные по экспериментальным данным;  
 2, 4-кривые, построенные по расчетным значениям.

Изменение вертикального перемещения проводников от вертикали во времени и по глубине описывается уравнением вида:

- вкрест простирания мурды сдвижения

$$A = a_0 + a_1 \frac{H}{h} + a_{11} \left(\frac{H}{h}\right)^2 + a_2 t + a_{22} t^2;$$

- по простиранию мурды сдвижения

$$A = a_0 + a_1 \frac{H}{h} + a_{11} \left(\frac{H}{h}\right)^2 + a_2 t + a_{22} t^2 + a_{12} \frac{H}{h} t. \quad (2)$$

где

$a_0$  - свободный член уравнения;

$a_{11}, a_{12}, a_{21}, a_{22}, a_{12}$  - коэффициенты регрессии;

$H$  - глубина ствола, м;

$h$  - расстояние между ярусами расстрелов по вертикали, м;

$t$  - продолжительность наблюдений, лет.

Установлено, что отклонение парных проводников от вертикали за одно и тоже время эксплуатации имеет различные значения с разницей в 10-12 мм. Это так же, как и при вертикальных деформациях приводит к нарушениям плавности движения подъемных сосудов, сопровождающихся возникновением динамических нагрузок на армировку.

В третьей главе исследованы эксплуатационные нагрузки на армировку с учетом сдвижения породного массива.

Реальные условия эксплуатации армировки при вертикальных перемещениях проводников и изменениях их профиля, обусловленных сдвижением вмещающих пород, характеризуются наличием двух видов действующих на нее нагрузок.

Первый вид эксплуатационных нагрузок, связанный с влиянием вертикальных и горизонтальных перемещений проводников, действует на армировку при движении подъемных сосудов. Методически исследование этих нагрузок осуществлялось на основе измерений в натуральных условиях с помощью разработанной в НИГРИ силоизмерительной аппаратуры, которая устанавливалась на подъемном сосуде. Иссле-

дования характера и величины нагрузок проводились при движении подъемных сосудов со скоростью от 8 до 12 м/с с интервалом 2 м/с.

С помощью аппаратуры измерялись и регистрировались одновременно все нагрузки, действующие на лобовые и боковые поверхности парных проводников, определяющих ширину колеи.

Для получения аналитической зависимости эксплуатационных нагрузок исследовалось влияние ряда факторов, наиболее существенными из которых являются скорость движения скипов ( $v$ ) и относительные отклонения проводников от вертикали ( $\Delta$ ).

На основании полного дисперсионного анализа за математическую модель, описывающую аналитическую зависимость эксплуатационных нагрузок от относительных отклонений проводников ( $\Delta$ ) и скорости движения скипов ( $v$ ), принято уравнение

$$P_{л,в}^{с,п} = a_0 + a_1 \Delta + a_2 v + a_{22} v^2 + a_{12} \Delta v. \quad (3)$$

Методами корреляционно-регрессионного анализа с использованием средних значений результатов экспериментов получены значения неизвестных коэффициентов уравнения ( $a_0, a_1, a_2, a_{22}, a_{12}$ ), а также коэффициент множественной корреляции, который изменяется в пределах  $r = (0,984 \dots 0,993)$ .

Установлено, что с увеличением относительных отклонений от 5 до 30 мм и скорости движения скипов от 8 до 12 м/с эксплуатационные нагрузки увеличиваются в 3 - 5 раз.

Динамические нагрузки, определяемые из выражения (3), позволяют достаточно корректно выполнить расчеты деформационных параметров упруго-податливых элементов армировки.

Второй вид эксплуатационных нагрузок на армировку связан с сдвижением горных пород, приводящим армировку стволов в напряженно-деформированное состояние.

Для его исследования использовался метод разгрузки центральных расстрелов Грузовых стволов №1 и №2, в которых центральные расстрелы размещены во взаимно-перпендикулярном направлении и ориентированы, соответственно, вкрест и по простиранию мульды сдвижения.

Место разгрузки центральных расстрелов принималось в середине пролета между крепью и ближайшей жесткой связью.

Для измерения линейных деформаций расстрелов при разгрузке использовались индикаторы часового типа ИЧ-10. Определение характера нагружения (сжатие или растяжение) центральных расстрелов до разгрузки проводилось с помощью датчиков ПДДС-400 и ПСАС-40. Снятие показаний с датчиков ПДДС-400 и ПСАС-40 производилось с помощью контрольно-измерительного прибора ПЦИ-1м.

Разгрузка центральных расстрелов осуществлялась с помощью газорезного аппарата.

В результате экспериментов установлено, что на центральные расстрелы, ориентированные относительно мульды сдвижения вкрест простирания, действуют сжимающие усилия ( $S = 900 \dots 1100$  кН), а по простиранию - растягивающие ( $S = 700 \dots 800$  кН).

Экспериментальные исследования эксплуатационных нагрузок на армировку позволяют сделать вывод о том, что величина как динамических, так и статических нагрузок зависит от вертикальных и горизонтальных воздействий, вызванных сдвижением горных пород.

Их влияние может быть исключено или снижено за счет применения упруго-податливых конструкций как проводников, так и расстрелов.

В четвертой главе рассмотрен метод определения рациональных деформационных параметров армировки, а также новые конструкции упруго-податливых элементов проводников и расстрелов.

С учетом результатов исследований принята расчетная схема, которая характеризуется (рис. 2): наличием составной ( $E_1 I_1$  и  $E_2 I_2$ ) расстрельной балки с упруго-податливым компенсатором продольного перемещения, жестким защемлением концов балки и одновременным действием на нее двух нагрузок - продольной  $S$  и поперечной  $P$ .

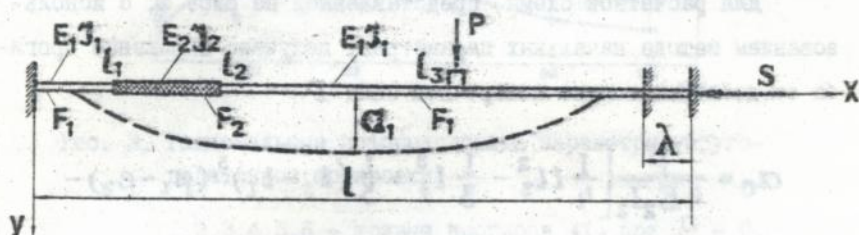


Рис. 2. Расчетная схема составной расстрельной балки.

Решением системы уравнений, учитывающих, что при потере устойчивости составной расстрельной балки суммарная работа  $A$ , проделанная силами  $S$  и  $P$  переходит в накапливаемую суммарную потенциальную энергию при изгибе  $U_{из}$  и сжатии  $U_{сж}$ , а также суммарную величину сближения концов балки  $\lambda$  за счет ее прогиба и сжатия, получено выражение для определения прогиба:

$$\alpha_1 = \sqrt{\frac{1}{D} \left[ \frac{1}{4b} (\lambda^2 - \alpha_1^4 \frac{\pi^4}{l^2}) + P \alpha_1 \left( 1 - \cos \frac{2\pi l_3}{l} \right) \right]} \quad (4)$$

где  $D$  и  $b$  определяются по формулам

$$D = \frac{4\pi^4}{l^4} \left\{ E_1 I_1 \left[ l + l_1 - l_2 + \frac{l}{4\pi} \left( \sin \frac{4\pi l_1}{l} - \sin \frac{4\pi l_2}{l} \right) \right] + E_2 I_2 \left[ l_2 - l_1 + \frac{l}{4\pi} \left( \sin \frac{4\pi l_2}{l} - \sin \frac{4\pi l_1}{l} \right) \right] \right\}; \quad (5)$$

$$b = \frac{1}{2} \left( \frac{l + l_1 - l_2}{E_1 F_1} + \frac{l_2 - l_1}{E_2 F_2} \right). \quad (6)$$

Полученное выражение (4) позволяет определить прогиб составной расстрельной балки методом итераций.

Величину продольной силы  $S$  определяем из выражения

$$S = \frac{1}{2b} \left( \lambda - \frac{\alpha_1^2 \pi^2}{l} \right). \quad (7)$$

Для расчетной схемы, представленной на рис. 2, с использованием метода начальных параметров, получено выражение прогиба от действия только поперечной силы  $P$

$$\alpha_0 = \frac{P}{4E_2 I_2} \left[ \frac{1}{4} l l_3^2 - \frac{1}{3} l_3^3 + \frac{1}{3} (l_3 - l_1)^3 (\beta_1 - \beta_2) - \frac{1}{4} (4l_1 - l)(l_3 - l_1)^2 (\beta_1 - \beta_2) \right], \quad (8)$$

где  $\beta_1 = \frac{E_2}{E_1} = 1$ ,  $\beta_2 = \frac{E_2}{E_1}$  - коэффициенты приведения.

Полученные значения прогибов  $\alpha_1$  и  $\alpha_0$  используем для построения графиков

$$\alpha_1 = f \left( \frac{E_2 I_2}{E_1 I_1} \right) \text{ и } \alpha_0 = f \left( \frac{E_2 I_2}{E_1 I_1} \right) \text{ при } I_1 = I_2 \text{ (рис. 3).}$$

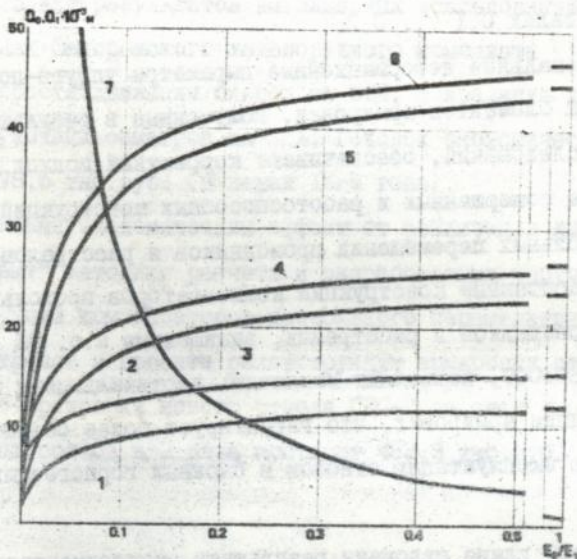


Рис. 3. Рациональные деформационные параметры упруго-податливой армировки:

1, 2, 3, 4, 5, 6 - кривые прогибов  $\alpha_1$  при  $P = 0$ ,  
 (1, 3, 5) и  $P = 50$  кН (2, 4, 6,) с соответствующими  
 значениями  $\lambda = 2,5 \cdot 10^{-3}$  м;  $\lambda = 5 \cdot 10^{-3}$  м;  
 $\lambda = 10 \cdot 10^{-3}$  м.

7 - кривая прогиба  $\alpha_0$  при  $P = 5$  кН.

Область пересечения семейства кривых будет областью рациональных значений упругих свойств составной расстрельной балки при прогибно-поперечном изгибе.

Из графиков (рис. 3) следует, что рациональные деформационные параметры упруго-податливых элементов составных рас-

рельных балок определяются соотношением изгибных жесткостей вставного элемента  $E_2 I_2$  и основной балки  $E_1 I_1$ , изменяющимися в пределах 0,1 ... 0,2.

Рациональные деформационные параметры упруго-податливых конструкций элементов армировки, полученные в результате комплексных исследований, обеспечивают корректный подход к созданию новых более совершенных и работоспособных конструкций компенсаторов продольных перемещений проводников и расстрелов.

Разработанные конструкции компенсаторов продольного перемещения проводников и расстрелов, защищенные а.с. № 1330319, 1044789, 1603007, позволяют исключить вертикальные и горизонтальные деформации армировки, что гарантирует более безопасную и эффективную эксплуатацию стволов в сложных горногеологических условиях.

В пятой главе изложены результаты экспериментальных исследований новых упруго-податливых компенсаторов продольного перемещения проводников и расстрелов и выполнена оценка экономической эффективности результатов исследований.

Экспериментальные исследования фактических деформационных параметров упруго-податливых компенсаторов продольного перемещения элементов армировки проводились на испытательной машине ПД-100 ПУ путем статического нагружения конструкций. В результате нагружения компенсаторов, изготовленных в натуральную величину, установлено, что новые упруго-податливые конструкции расстрелов и проводников обладают высокой работоспособностью и надежностью. Полученные в результате экспериментов корреляционные зависимости продольных перемещений от нагрузок позволяют опре-

делать их величины в условиях действующих стволов.

Реализация результатов выполненных исследований обеспечила в условиях Запорожского железорудного комбината (ЗЯРК) увеличение скорости движения скипов на 30%, сокращение продолжительности ежесуточных осмотров на 25%. Годовой экономический эффект составил 178,5 тыс.руб. (в ценах 1989 года).

Ожидаемый экономический эффект от реализации институтом "УкрНИИпроект" методики расчета и разработанных упруго-податливых конструкций компенсаторов продольного перемещения проводников и расстрелов в проекте реконструкции армировки стволов ЗЯРК и в проекте армировки нового ствола СВС-2 за счет увеличения межремонтных сроков в 2 раза составит 493,3 тыс.руб. (в ценах 1990 года).

#### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Диссертация является законченной научно-исследовательской работой, в которой дано новое решение актуальной научной задачи по обоснованию рациональных параметров упруго-податливых компенсаторов продольного перемещения проводников и расстрелов армировки на основе выявленных закономерностей изменения деформационных характеристик ее элементов, что обеспечивает безопасную и эффективную эксплуатацию подъема, а также снижает трудозатраты на ремонт армировки стволов, находящихся в зоне вертикальных и горизонтальных деформаций породного массива при водопонижении.

Основные результаты исследований заключаются в следующем:

I. Армировка стволов, оказавшихся в центре мульды сдвигаения, образованной при глубоком водопонижении, подвержена вертикальным и горизонтальным деформациям.

2. Установлены закономерности вертикальных и горизонтальных перемещений проводников с учетом фактора времени, позволяющие прогнозировать изменение геометрических параметров армировки.

3. Установлена закономерность изменения динамических нагрузок на армировку с учетом отклонений проводников от вертикали при различной скорости движения подъемных сосудов, что позволяет обоснованно определять деформационные параметры армировки.

4. Экспериментально доказано, что на центральные расстрелы армировки, ориентированные относительно муфты сдвигания вкрест простирания действуют сжимающие усилия и растягивающие — по простиранию.

5. Разработан метод определения рациональных деформационных параметров упруго-податливых элементов армировки с учетом конструктивных особенностей при действии на составной расстрел продольных  $S$  и поперечных  $P$  усилий.

6. Получено аналитическое выражение для определения продольных сжимающих усилий  $S$ , действующих на составную расстрельную балку с изгибными жесткостями  $E_1 I_1$  и  $E_2 I_2$ .

7. Разработана инженерная методика определения рациональных деформационных параметров упруго-податливых конструкции компенсаторов продольных перемещений проводников и расстрелов.

8. На основании разработанной методики созданы защищенные а.с. № 1330319, 1044789, 1603007, изготовлены и испытаны опытные образцы компенсаторов продольного перемещения проводников и расстрелов. Полученные при испытании корреляционные зависимости продольных перемещений от действующей нагрузки позволяют определять величины продольных усилий на армировку в действующих стволах.

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы. По мере развития горнодобывающей промышленности и увеличения глубины разработки полезных ископаемых существенно усложнились условия строительства и эксплуатации современных вертикальных стволов и их армировки.

Рост глубины и производственной мощности шахт обусловили необходимость существенного повышения вместимости и скорости движения подъемных сосудов, что привело к резкому увеличению динамических воздействий на армировку.

В связи с этим, как показала практика основных горнодобывающих бассейнов Украины (Криворожский железорудный и Донецкий угольный), актуальное значение приобрела проблема обеспечения надежной работы и безопасной эксплуатации армировки и подъемных комплексов.

Еще большей актуальностью эта проблема характеризуется для сложных горно-геологических условий месторождений типа Южно-Белозерского, Переверзевского, Яковлевского и др., обуславливающих значительные деформации крепи, которые отрицательно сказываются на работе системы "армировка-подъемный сосуд". По данным ВНИИ в настоящее время насчитывается 205 шахтных стволов с нарушениями крепи и армировки.

Обеспечение надежной работы жесткой армировки вертикальных шахтных стволов в сложных условиях, особенно при волопонижении, вызывающем уплотнение горных пород и значительное оседание земной поверхности, является не только актуальной, но и ответственной научно-технической задачей в области шахтного строительства. Решению этой задачи посвящена настоящая диссертационная работа.

5. Гавруцкий А.Е., Мусиенко В.Д. Экспериментальные исследования жесткой армировки стволов железорудных шахт // Шахтное строительство. - 1983. - №1. - С.15-16.

6. Мусиенко В.Д. Исследование осевого смещения проводников армировки шахтных стволов, подверженных сдвигению породного массива // Материалы 9-й отраслевой науч.-техн.конф. молодых ученых/ НИПРИ.-Кривой Рог, 1983.-С.100-109.-Деп. в УкрНИИТИ 08.04.83, №3975.

7. А.с. 1044789 СССР, МКИ<sup>3</sup> Е 21 Д 7/00. Податливый расстрел для армирования шахтного ствола / А.Е.Гавруцкий, В.Д. Мусиенко. - №3400684/22-03; Заявл.17.02.82; Опубли.30.09.83, Бюл. №36.

8. Нигматуллин В.С., Малтыз Ю.П., Мусиенко В.Д. Экспериментальные исследования нагрузок, воздействующих на центральные расстрелы стволов // Шахтное строительство.-1986.-№5.-С.17-19.

9. А.с. 1330319 СССР, МКИ<sup>4</sup> Е 21 Д 7/02. Компенсатор осевого смещения коробчатых проводников жесткой армировки стволов шахт/ А.Е.Гавруцкий, В.Д. Мусиенко, А.Г.Гирик, Н.И. Остришко, - №3875151 / 22-03; Заявл. 25.03.85; Опубли. 15.08.87, Бюл. №30.

10. Ремонт армировки стволов, расположенных в зоне сдвига породного массива / Н.И. Остришко, В.Д. Мусиенко, Г. Х.Чаер, Б.Г. Кучерявый // Шахтное строительство.-1988.-№5.-С.25-26.

11. Мусиенко В.Д. Изменение профиля проводников армировки стволов шахт, эксплуатируемых в зоне деформаций породного массива/ НИПРИ.-Кривой Рог, 1990.-15 с.-Деп. в ин-те "Черметинформация" 18.01.90, №5336.

12. Мусиенко В.Д. Влияние относительных отклонений проводников от вертикали на величину эксплуатационных нагрузок при движении скипов / НИПРИ.-Кривой Рог, 1990.-23с.-Деп. в ин-те "Черметинформация" 18.01.90, №5337.

13. А.С. 1603007 СССР, МКИ<sup>4</sup> Е 21 Д 7/00. Податливый расстрел армировки шахтного ствола / А.Е. Гавруцкий, В.Д. Мусиенко, Л.И. Королев и др. - №4468890/24-03; Заявл. 04.07.88; Опубл. 30.10.90, Бкл. №40.

14. Мусиенко В.Д. Разработка конструкции и определение параметров компенсатора продольного перемещения коробчатых проводников армировки стволов шахт/ НИГРИ.-Кривой Рог, 1991.-12 с.- Деп. в ин-те "Черметинформация" 30.11.91, № 5825.

15. Мусиенко В.Д. Разработка конструкции податливого расстрела армировки шахтного ствола / НИГРИ.-Кривой Рог, 1991.-19 с.- Деп. в ин-те "Черметинформация" 30.11.91, № 5826.

Личный вклад автора. В работах, написанных в соавторстве, соискателю принадлежат следующие результаты: ( I ) - систематизированы и изложены основные причины нарушений армировки, приведены конструктивные недостатки применяемых проводников и расстрелов; ( 2,3,6 ) - разработана методика проведения экспериментальных исследований, выполнен анализ и установлены основные зависимости; ( 5,9,11 ) - предложен принцип и конструктивные особенности компенсации продольных перемещений в упруго-податливом режиме с сохранением поперечной жесткости; ( 8 ) - установлено, что на центральных расстрелах ориентированные вкrest простирания мульды сдвигания действуют сжимающие усилия и по простиранию - растягивающие; ( 10 ) - разработана технология ремонта и установлены яруса армировки на которых необходимо выполнить первоочередные ремонтные работы.

*В.Д. Мусиенко*

469040

AB 26.201

**AB 26.201**