

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ УКРАИНЫ  
ГОСУДАРСТВЕННАЯ ГОРНАЯ АКАДЕМИЯ УКРАИНЫ

На правах рукописи

СОЛОДЯНКИН Александр Викторович

ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ СПОСОБА УСИЛЕНИЯ  
КРЕПИ ПОДГОТОВИТЕЛЬНЫХ ВЫРАБОТОК ПРИ  
НЕСИММЕТРИЧНОЙ НАГРУЗКЕ

Специальность 05.15.04 - "Шахтное и подземное  
строительство"

Автореферат  
диссертации на соискание ученой  
степени кандидата технических наук

Днепропетровск  
1996

ЛННБ України ім.В.Стефаніка



00754618 (V)

Відділ бібліотечно-інформаційних систем  
ЛННБ України ім. В. Стефаніка  
Київ, вул. М. П. Коцюбинського, 12/13  
Тел: (044) 234-1111, 234-1112, 234-1113  
Факс: (044) 234-1114  
E-mail: lib@lnnb.gov.ua

Бібліотека ім. В. Стефаніка  
Київ, вул. М. П. Коцюбинського, 12/13  
Тел: (044) 234-1111, 234-1112, 234-1113  
Факс: (044) 234-1114  
E-mail: lib@lnnb.gov.ua

ЛННБ України ім. В. Стефаніка  
Київ, вул. М. П. Коцюбинського, 12/13  
Тел: (044) 234-1111, 234-1112, 234-1113  
Факс: (044) 234-1114  
E-mail: lib@lnnb.gov.ua

ЛННБ України ім. В. Стефаніка  
Київ, вул. М. П. Коцюбинського, 12/13  
Тел: (044) 234-1111, 234-1112, 234-1113  
Факс: (044) 234-1114  
E-mail: lib@lnnb.gov.ua

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ УКРАИНЫ**

**ГОСУДАРСТВЕННАЯ ГОРНАЯ АКАДЕМИЯ УКРАИНЫ**

На правах рукописи

**СОЛОДЯНКИН Александр Викторович**

**ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ СПОСОБА УСИЛЕНИЯ  
КРЕПИ ПОДГОТОВИТЕЛЬНЫХ ВЫРАБОТОК ПРИ  
НЕСИММЕТРИЧНОЙ НАГРУЗКЕ**

Специальность 05.15.04 - "Шахтное и подземное  
строительство"

Автореферат  
диссертации на соискание ученой  
степени кандидата технических наук

**Днепропетровск  
1996**

AB 34.900

Диссертация представлена в форме рукописи.  
Работа выполнена в Государственной горной академии Украины

Научный руководитель Доктор технических наук, профессор  
Шашенко Александр Николаевич

Официальные оппоненты: Доктор технических наук, профессор  
Парчевский Леонид Яковлевич  
Кандидат технических наук  
Выгодин Михаил Александрович

Ведущее предприятие - Днепропетровский государственный  
институт проектирования шахт  
(ДНЕПРОГИПРОШАХТ)

Защита диссертации состоится "21" июня 1996 г.  
в 9.00 час. на заседании специализированного совета Д 03.06.03.  
в Государственной горной академии Украины (320027, г. Днепропет-  
ровск-27, пр. Карла Маркса, 19).

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке академии.

Автореферат разослан "21" мая 1996 г.

Ученый секретарь  
специализированного совета  
доктор технических наук

И.А.Садовенко

ЛНБ ім. В. Стефаника  
АН України

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы. Современное состояние горнопроходческих работ характеризуется постоянным ростом протяженности поддерживаемых выработок и увеличением затрат на их проведение и поддержание. Интенсификация очистных работ, увеличение площади сечения выработок, постоянный рост глубины разработки привели к существенному ухудшению условий строительства и эксплуатации шахт. Так, на шахтах Донбасса в 50-и % выработок крепи деформированы, 20% находится в аварийном состоянии. Средняя несущая способность крепи с 1970 г. возросла более, чем в 2 раза. За этот же период примерно в 2,5 раза увеличились затраты на крепление и поддержание выработок. Основным видом крепей в настоящее время являются металлические. Выше 90% всех выработок на строящихся шахтах Донбасса крепят металлической арочной крепью из спецпрофиля. Приведенные цифры говорят об особой актуальности вопросов, связанных с совершенствованием конструкции металлической арочной крепи, направленных на повышение устойчивости и снижение стоимости поддержания горных выработок.

Цель работы состоит в обосновании способа и параметров усиления металлической арочной крепи, позволяющих повысить работоспособность конструкции в условиях несимметричного внешнего нагружения.

Идея работы состоит в использовании закономерностей деформирования металлической арочной крепи в условиях несимметричной внешней нагрузки для обоснования способа и параметров усиления.

Методы исследований. Поставленная в диссертационной работе цель достигнута путем применения комплексного подхода к выполнению исследования, включающего анализ и обобщения литературных данных и опыта крепления выработок, аналитические, лабораторные и натурные исследования, проведенные с привлечением методов строительной и механики подземных сооружений, тензометрирования, положений теории подобия и размерностей.

### Научные положения, защищаемые в диссертации,

- существенно снижающей несущую способность крепи является сосредоточенная нагрузка, действующая под углом более  $15-20^\circ$  от вертикали для трехзвенных и  $8-10^\circ$  для пятизвенных конструкций, что позволяет выделить выработки, работающие при симметричной нагрузке и выработки, расчет крепи которых нужно проводить с учетом фактора несимметрии.

- угол приложения сосредоточенной нагрузки, приводящей к наибольшей деформации типовой крепи внутри выработки находится в параболической зависимости от конструктивного параметра  $K$  ( $K=h/R$ , где  $h$  - высота прямолинейной части стойки,  $R$  - радиус крепи),

что позволяет вносить соответствующие коррективы в технологические параметры крепления.

- увеличение угла разноса анкеров от линии действия внешней силы повышает деформации профиля внутри выработки и не оказывает отрицательного влияния на деформации профиля в сторону породного контура.

Достоверность научных положений и практических рекомендаций обоснована: использованием апробированных методов аналитических, лабораторных и шахтных исследований; корректностью поставленных задач, удовлетворительной (до 10-15%) сходимостью результатов аналитических и экспериментальных исследований; положительным результатом промышленной проверки разработанного способа усиления крепи.

Научное значение работы заключается в исследовании закономерностей изменения внутренних силовых факторов в металлической арочной податливой крепи под влиянием несимметричной внешней нагрузки, что позволяет выбрать рациональные параметры усиления крепи для повышения устойчивости выработки.

Практическое значение работы состоит в следующем: предложена и апробирована комплексная методика обследования состояния выработок, подверженных влиянию несимметричной нагрузки, позволяющая оценить состояние выработок в целом, установить характерные деформации крепи и определить внутренние силовые факторы; обоснован способ повышения несущей способности арочной металлической крепи анкерами при несимметричной нагрузке и определены параметры ее усиления: величина усилий податливости анкера, места установки анкеров и их количество.

Реализация результатов исследований. Разработанная конструкция рамно-анкерной крепи прошла опытную проверку в откаточном штреке шахты им. РККА ПО "Добропольеуголь" при отработке пласта  $m_5^{1b}$ . Эффективность способа усиления крепи оценена показателями: общая загруженность крепи снизилась на 32%; максимальный изгибающий момент в наиболее деформируемом элементе крепи уменьшился на 47%.

Апробация работы. Основные положения диссертационной работы докладывались на научно-технических конференциях в ДГИ-ГГАУ (г. Днепропетровск, 1988-1995 г.г.), на XI Всесоюзном семинаре по исследованию горного давления и охране капитальных и подготовительных выработок (г.Алма-Ата, 1990 г.), на отраслевой научно-технической конференции "Прогрессивные решения по креплению и поддержанию горных выработок" (г.Павлоград, 1995 г.), на I межгосударственном семинаре по проблемам комплексного освоения недр (г.Днепропетровск, 1995 г.).

Публикации. Основные положения и результаты исследований отражены в 4 печатных работах.

Объем работы. Диссертационная работа состоит из введения, 4 глав и заключения, изложенных на 145 страницах машинописного текста, содержит 60 рисунков, 10 таблиц, список литературы из 107 наименований и приложения.

## ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Надежная работа крепи возможна только в том случае, когда ее конструкция выбрана с учетом величины и характера проявлений горного давления. Недооценка некоторых факторов приводит к тому, что крепь оказывается неработоспособной даже в относительно благоприятных горно-геологических условиях.

Одним из факторов, который практически не учитывается при проектировании крепи, является несимметрия внешнего нагружения.

Результаты исследований, проведенных А.Н.Шашенко, К.В. Кошелевым, В.И.Очкуровым, М.В.Корнилковым, П.И.Баранниковым и другими учеными показывают, что несущая способность крепи в зависимости от степени несимметрии может снижаться в 2-3 и более раз.

Результаты многочисленных обследований выработок шахт различных угольных бассейнов приведены в работах К.В.Кошелева, В.Т.Глушко, В.В.Виноградова, Ю.З.Заславского, Л.М.Ерофеева, И.Л.Черняка, Б.М.Усаченко, Е.Б.Дружко, А.Н.Шашенко и др. Их анализ позволил установить, что большая часть выработок испытывает нагрузку несимметричного характера, неспецифичную для работы традиционных металлических крепей.

В эту категорию входят следующие группы выработок:

- проведенные по простиранию наклонных, крутонаклонных и крутых пластов;
- испытывающие влияние очистных работ;
- поддерживаемые односторонними охранными сооружениями;
- смежные, в том числе сопрягающиеся, и участки закруглений.

Анализ опыта применения различных способов повышения устойчивости выработок показал, что наибольший эффект дают мероприятия, направленные на предупреждение разрушений окружающих выработку пород и использование их несущей способности - полное или частичное заполнение закрепного пространства твердеющими составами, глубинное и приконтурное (тампонаж) упрочнение пород вяжущими веществами, установка анкеров. По существу, именно эти способы и приводят к снижению отрицательного влияния асимметрии внешнего нагружения крепи либо путем уменьшения преобладающих расслоений, либо более рав-

номерным распределением нагрузки по периметру крепи.

Другим направлением повышения устойчивости выработок в этих условиях будет являться увеличение прочности элементов крепи. При больших вертикальных смещениях пород для этой цели широко используются различные элементы усиления (анкер, стяжка, отрезок спец-профиля), снижающие деформации профиля крепи внутри выработки.

Выбор того или иного способа повышения устойчивости выработки требует целенаправленных исследований по выявлению закономерностей деформирования металлической крепи под влиянием несимметричной нагрузки.

С этой целью в диссертационной работе поставлены следующие задачи:

- изучить особенности деформирования крепи под воздействием несимметричной внешней нагрузки в натурных условиях и оценить эффективность способа усиления;
- обосновать параметры способа усиления крепи при различных условиях формирования несимметричной нагрузки;
- разработать технологию сооружения усиленной крепи и установить область ее рационального использования.

Исследования особенностей деформирования металлической арочной крепи при несимметричной внешней нагрузке проводились на шахте им. РККА ПО "Добропольеуголь". В качестве объекта исследований выбраны протяженные (горизонтальные и наклонные) выработки, испытывающие влияние очистных работ.

Методика проведения исследований включала: анализ состояния выработок и объемов ремонтных работ, визуальное обследование и инструментальные измерения.

Сравнивая показатели состояния выработок, отмечен тот факт, что протяженность участков с неудовлетворительным сечением у ходков почти во всех случаях больше, чем у уклонов. Причиной этого является то, что во время отработки лав, ходки оказываются в более тяжелых условиях, созданных очистными работами.

Анализ данных визуального обследования показал, что в большинстве случаев потеря устойчивости крепи сопровождается наклоном арок в ту или иную сторону с характерными деформациями элементов (образование "лепестков", порывы хомутов, деформации верхняка). Это свидетельствует о наличии преобладающего одностороннего давления. Показатель устойчивости выработок составил  $\sqrt{W} = 0,44$ , что почти в 2 раза ниже, чем для капитальных и основных подготовительных выработок.

Инструментальные измерения проводились с помощью кривизномера с индикатором часового типа. Измеряя с помощью прибора изменение

радиуса кривизны элементов крепи в фиксированных точках, определялась величина изгибающих моментов по известной из сопротивления материалов зависимости

$$EI \left( \frac{1}{R} - \frac{1}{R_0} \right) = \pm M, \quad (1)$$

где  $EI$  - изгибная жесткость элемента крепи;

$R, R_0$  - радиус кривизны соответственно измеренный и начальный.

Для проведения замеров были установлены 3 замерные станции в откаточных штреках лав, обрабатывающих пласты угля средней мощностью 1,15 м и углом падения  $12^\circ$ . На каждой из 18-ти наблюдаемых рам было отмечено 15 фиксированных точек. По мере приближения очистных работ прибором снимались показания кривизны профиля, в каждой из точек.

В результате инструментальных измерений были получены характерные виды деформаций арочной крепи и эпюры изгибающих моментов для участка выработки, попадающего в зону опорного давления со стороны лавы. Максимальный изгибающий момент и деформации элементов крепи отмечены в точках с угловыми координатами  $\varphi = 60-80^\circ$  к горизонту, со стороны будущего прохода лавы.

Таким образом, в результате проведенных шахтных исследований установлено следующее.

1. Типовая крепь в зоне влияния очистных работ не обеспечивает эксплуатационного состояния выработок из-за присутствия одностороннего давления со стороны лавы.

2. При разработке способа усиления крепи необходимо учитывать характер деформации ее элементов, обусловленных преобладающей нагрузкой.

Характер воздействия внешней нагрузки на крепь может быть различным, что зависит от условий ее передачи (наличие или отсутствие забутовки закрепного пространства) и формы проявления разрушений в окружающем выработку массиве (равномерное по всему контуру или локальное - в виде развивающейся складки).

Поэтому целесообразным представлялось исследование двух характерных схем загрузки крепи: сосредоточенной и распределенной несимметричными нагрузками. В обоих случаях рассматривалась двухшарнирная арка, один раз статически неопределимая. Незвестное усилие  $X_1$  определялось по методу сил. Оценка состояния крепи производилась по величине изгибающих моментов. Для учета конструктивных характеристик крепи был введен параметр  $K = \frac{h}{R}$ , где  $h$  - высота прямолинейной части стойки,  $R$  - радиус крепи. Учитывая геометрические размеры металлических конструкций крепи, установлены следующие значения:

$K = 0,35; 0,5; 0,65$  - для трехзвенных  
 $K = 0,85$  и  $1,05$  - для пятизвенных конструкций.

Исследования схемы загрузки крепи, представленной на рис. 1,а показали, что характер изменения величины изгибающих моментов в зависимости от угла приложения силы принципиально не отличается для крепей с различным  $K$ . На рис. 1,б приведен график зависимости величины угла  $\varphi'$  при котором воздействие сосредоточенной нагрузки оказывает наиболее неблагоприятное влияние на арочную крепь от конструктивного параметра  $K$ . При этом установлено, что отклонение сосредоточенной нагрузки от вертикали на угол  $\varphi' = 15-20^\circ$  для трехзвенных и на  $8-10^\circ$  для пятизвенных конструкций крепи является несущественным для несущей способности крепи. В этих пределах возрастание максимальных изгибающих моментов в крепи не превышает 10% в сравнении с симметричной схемой загрузки.

На данном этапе был произведен выбор способа усиления крепи. Исходя из выполненных шахтных и аналитических исследований, с учетом опыта поддержания выработок было отмечено следующее:

1. В общем случае воздействие несимметричной нагрузки носит локальный характер, что приводит к деформациям только отдельных элементов крепи.

2. В категорию выработок, испытывающих несимметричную нагрузку входят как капитальные и основные подготовительные, с продолжительным сроком эксплуатации, так и участковые, срок службы которых небольшой.

3. Эффективными в части снижения вредного влияния несимметричной нагрузки являются способы, предупреждающие расслоения массива и различные элементы усиления крепи.

При этом необходимо отметить, что применение, например, тампонажа или глубинного упрочнения, больше подходит для капитальных выработок. Для участковых более экономичными могут оказаться менее трудоемкие способы - установка рукавов Буллфлекс, анкеров, элементов усиления. Учитывая это, для рассматриваемой группы выработок в качестве элементов усиления приняты анкера жестко связанные с профилем крепи. Это позволит уменьшить расслоения пород и снизить деформации элементов крепи в месте установки анкера. Важным является то, что анкера можно устанавливать на любой стадии эксплуатации выработки и в любой точке профиля крепи. При необходимости можно проводить дополнительные мероприятия, например, тампонаж.

В отечественной и зарубежной практике накоплен значительный опыт улучшения работы рамных крепей за счет комбинирования ее с анкерами. Традиционно в таких крепях анкера устанавливаются равномерно по контуру выработки, главным образом в кровле. Как правило,

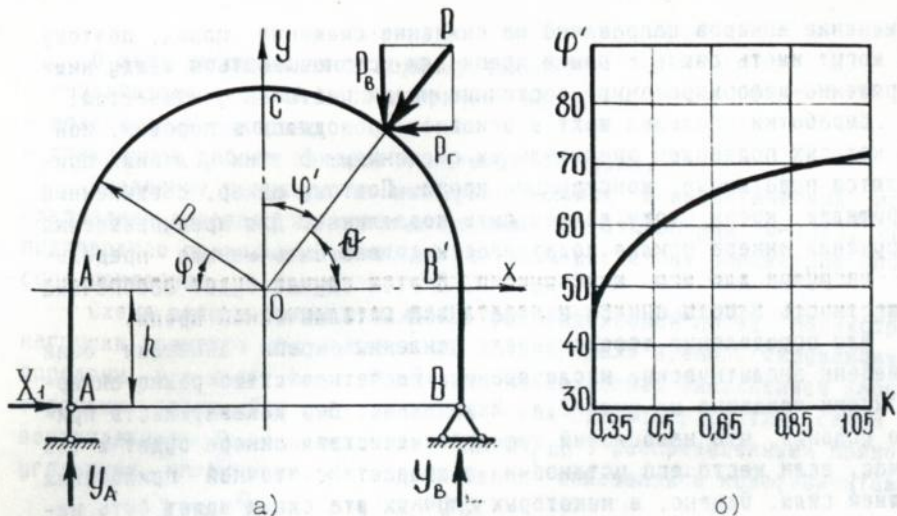


Рис. I

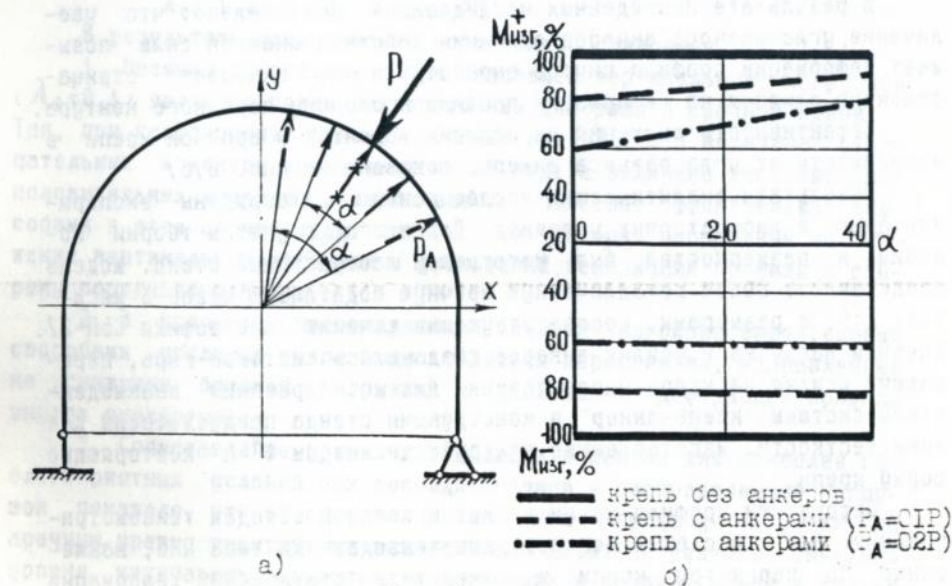


Рис. 2

применение анкеров направлено на снижение смещений пород, поэтому они могут иметь связь с рамой крепи или устанавливаться между ними. Напряженно-деформированное состояние крепи часто не учитывается.

Выработки угольных шахт в основном проводятся в породах, контур которых подвержен значительным смещениям. В этих условиях применяются податливые конструкции крепи. Поэтому анкер, соединенный с профилем крепи тоже должен быть податливым. Для предупреждения разрушения анкера усилие податливости должно быть меньше предельных нагрузок для его конструкции. В этом случае будет обеспечена совместность работы анкера и податливой металлической крепи.

Для определения эффективности усиления крепи анкерами были проведены аналитические исследования. Расчетная схема рамно-анкерной крепи показана на рис. 2, а. Изначально, без доказательств принято условие, что наибольший эффект от действия анкера будет в том случае, если место его установки совпадает с точкой приложения внешней силы. Однако, в некоторых случаях эта схема может быть неприемлема, например, при наличии в этой точке узла податливости. Поэтому были рассмотрены три схемы установки анкеров, с различным углом разноса ( $\alpha$ ) между ними. Усилия анкеров приняты равными 10 и 20% от величины внешней силы  $P$ .

В результате проведенных исследований установлено, что увеличение угла разноса анкеров от линии действия внешней силы повышает деформации профиля внутрь выработки и не оказывает отрицательного влияния на деформации профиля в сторону породного контура.

Эффективность снижения изгибающих моментов в арочной крепи в зависимости от угла разноса анкеров показана на рис. 2, б.

Результаты аналитических исследований подтверждены экспериментально в лабораторных условиях. Для этого, с учетом теории подобия и размерностей был изготовлен лабораторный стенд. Модель представляет собой металлическую арочную податливую крепь в масштабе 1:5, с размерами, соответствующими сечению спецпрофиля СВП-27. Внешняя нагрузка и усилия анкеров создавались системой гирь, передающих усилия на крепь через тросик. Для моделирования взаимодействия системы "крепь-анкер" в конструкции стенда предусмотрены две арки жесткости, изготовленные из трубы диаметром 1" и повторяющие форму крепи.

Деформации профиля крепи регистрировались методом тензометрирования. Для этого были использованы тензодатчики типа ПКБ, наклеенные по периметру крепи и измеритель статических деформаций ИД-62-М. Измеренные деформации пересчитывались на величину действующих моментов по формуле

$$M(\varphi) = EW\varepsilon(\varphi). \quad (2)$$

В ходе экспериментов моделировались:

- воздействие внешней несимметричной нагрузки;
- воздействие анкеров;
- совместная работа анкеров и внешней нагрузки.

Сравнение результатов экспериментальных и аналитических исследований показало их хорошую сходимость (отклонения 10-15%), что подтвердило правильность выбора основных расчетных параметров способа усиления.

Схема работы крепи в условиях распределенной по ее периметру нагрузки возможна при наличии контакта профиля крепи с окружающими породами, что может быть обеспечено качественным выполнением забутовочных работ. Для исследований была принята расчетная схема с вертикальной ( $Q_B$ ) и боковыми ( $Q_{БЛ}$  и  $Q_{БП}$ ) распределенными прямоугольными нагрузками. Их соотношения описывались коэффициентами

$$\lambda_1 = \frac{Q_B}{Q_{БЛ}}; \quad \lambda_2 = \frac{Q_{БЛ}}{Q_{БП}}$$

Для моделирования различных случаев загрузки крепи приняты следующие значения:

$$\lambda_1 = 0,1; 0,35; 0,5; 1,0; 2,0;$$

$$\lambda_2 = 1,0; 0,75; 0,5; 0,25.$$

В результате исследований установлено следующее.

1. Внешнее нагружение с преобладающей вертикальной нагрузкой ( $\lambda_1 = 0,1$ ) является более благоприятным для работы арочной крепи. Так, при коэффициенте боковой несимметрии  $\lambda_2 = 0,5$  величина отрицательных моментов возрастает на 25-60%, а величина экстремальных положительных моментов даже снижается. Наиболее эффективными способами в этом случае будут являться те, которые направлены на снижение вертикальной нагрузки и уменьшения деформаций профиля в сторону породного контура.

2. В условиях преобладающей боковой нагрузки эффективными способами усиления крепи будут являться мероприятия, направленные на снижение боковой нагрузки и уменьшение деформаций профиля внутри выработки.

3. Сопоставление уровня изгибающих моментов для наиболее неблагоприятных условий при сосредоточенной и распределенной нагрузок показало, что обеспечивая равномерную передачу нагрузки на арочную крепь, практически всегда можно добиться резкого снижения уровня изгибающих моментов, возникающих в профиле крепи и только этим устранить опасность ее разрушения.

Для оценки способа усиления крепи анкерами в условиях распределенной несимметричной нагрузки была составлена расчетная схема

рамно-анкерной крепи, показанная на рис. 3,а.

Конструкция крепи и выбранные связи представляют собой один раз статически неопределимую систему. Растягивающие усилия, возникающие в анкерах при совместном деформировании элементов системы "крепь-массив" моделируются радиальными сосредоточенными нагрузками, приложенными к контуру крепи. Учет всех внешних усилий производится путем суперпозиции решений на основе принципа независимости действия сил.

Согласно алгоритму решения задачи составлена вычислительная программа и реализована на ЭВМ.

Целью выполненных расчетов являлось следующее:

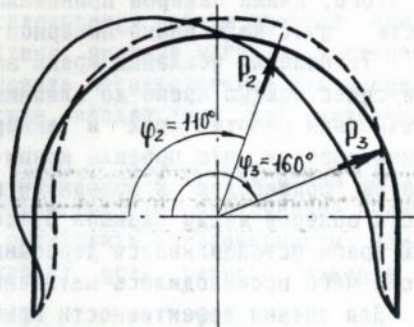
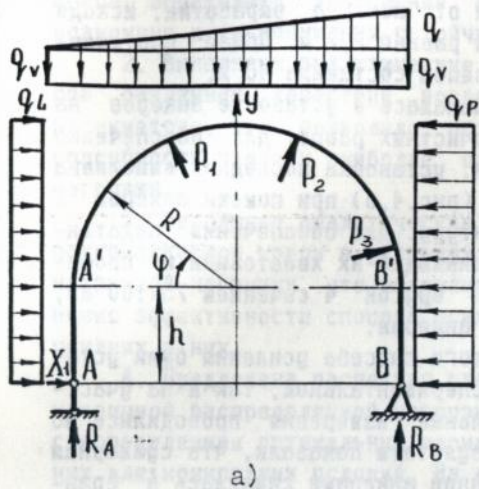
принимая за основу заданную систему внешних сил (для условий шахты им. РККА ПО "Добропольеуголь") установить, при каком расположении анкеров и усилиях в них крепь испытывает наименьшую суммарную нагрузку. В качестве критериев приняты:

- $\sum_{i=1}^n |G_{ni}|$  - сумма модулей нормальных напряжений, полученных в узлах рассчитываемой крепи;
- $M_{max}$  - максимальная величина положительного изгибающего момента, на снижение которого и направлено действие анкеров.

Предварительно определялось направление равнодействующей внешних сил и точки установки анкеров. Усилия для принятой конструкции анкеров и данной крепости пород установлены в пределах 30-50 кН.

В результате расчетов установлено, что из множества рассмотренных вариантов, наиболее оптимальным, при заданных значениях действующих нагрузок, является схема при использовании двух анкеров с усилиями 30 кН (рис.3,б). Величина максимального изгибающего момента снижается в 2,4 раза в сравнении со схемой без анкеров; общая нагруженность крепи уменьшается в 2,8 раза.

Проверка результатов исследований в шахтных условиях была выполнена в откаточном штреке шахты им. РККА ПО "Добропольеуголь" при отработке пласта  $m_5^{16}$ . Конструкция рамно-анкерной крепи представляет собой металлическую арку из СВП-27 и связанные с ней анкера с самозаклинивающейся головкой конструкции ДонУГИ (рис. 4,а). Из-за наличия угольного пласта наиболее оптимальные варианты установки анкеров применить было нельзя. Поэтому в данных условиях был использован один из вариантов расчета с установкой одного анкера в точке приложения равнодействующей силы внешней нагрузки (в месте наибольших деформаций профиля крепи) под углом  $70^\circ$  к горизонту. На 12-ти рамах были установлены дополнительные анкера с противоположной от преобладающей нагрузки стороны на 40 см ниже узла податливости. Согласно результатам исследований Глушко В.Т.,



Эпюры изгибающих моментов:  
 — крепь без анкеров;  
 - - - крепь с анкерами ( $P_2 = P_3 = 30 \text{ кН}$ )

Рис. 3

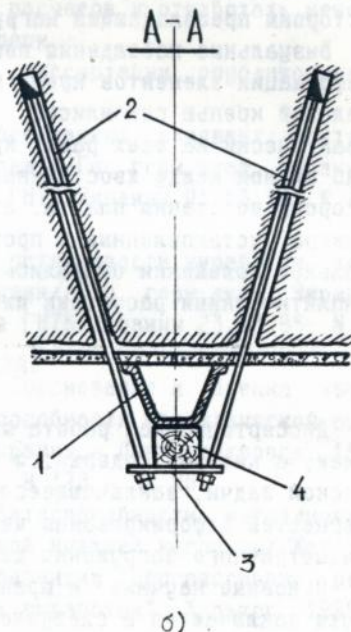
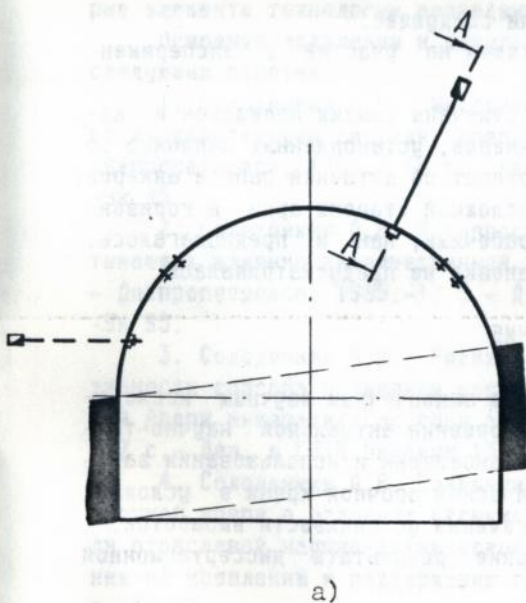


Рис. 4

Заславского Ю.З., Друшко Е.Б. и др. интенсивное расслоение окружающих выработку пород происходит в приконтурной зоне, граница которой находится на расстоянии 1,5-2 м от контура выработки. Исходя из этого, длина анкеров принималась равной 2,2 м. Общая протяженность участка с рамно-анкерной крепью составила 40 м.

Технология усиления крепи заключалась в установке анкеров на уже существующую крепь до влияния очистных работ. Для обеспечения совместной работы арок и анкеров, установка последних выполнена таким образом, что профиль крепи 1 (рис.4,б) при помощи анкеров 2 как-бы "подшивался" к породному контуру. Для обеспечения податливости анкеров между планкой 3, соединяющей их хвостовики и профилем крепи устанавливался деревянный брусок 4 сечением 75x100 мм, после чего производилось натяжение анкеров.

Для оценки эффективности принятого способа усиления были установлены замерные станции как на экспериментальном, так и на участке с типовой крепью. Инструментальные измерения проводились по описанной ранее методике. Их результаты показали, что суммарная нагруженность крепи  $\sum |G_n|$  усиленной анкерами снизилась в сравнении с типовой на 32%, величина максимального изгибающего момента со стороны преобладающей нагрузки  $M_{\max}^+$  - на 47%.

Визуальные наблюдения показали следующее:

- деформации элементов крепи и затяжек на участке с экспериментальной крепью снизились;
- практически на всех рамах крепи отмечены смятия прокладок и изгиб планок между хвостовиками анкеров, установленных наклонно со стороны восстания пласта. Это говорит об активной работе анкеров;
- анкера, установленные с противоположной стороны арки в горизонтальном положении оказались нерабочими, как и предполагалось. Аналитическими расчетами их установка не предусматривалась.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Диссертационная работа является законченным научным исследованием, в котором содержится новое решение актуальной научно-технической задачи, заключающееся в установлении и использовании закономерностей деформирования металлической арочной крепи в условиях несимметричного нагружения для повышения устойчивости выработок.

Основные научные и практические результаты диссертационной работы заключаются в следующем:

1. Предложена и апробирована комплексная методика обследования состояния выработок, подверженных влиянию несимметричной нагрузки, включающая: анализ объемов ремонтных работ, визуальное об-

следование и инструментальные измерения, что позволило оценить состояние выработки в целом, установить характерные деформации крепи, определить внутренние силовые факторы, а также наметить возможные пути повышения устойчивости этой группы выработок.

2. Выполнены аналитические исследования работы арочной крепи при различном характере воздействия внешней нагрузки и степени несимметрии, что позволило установить несущественные для несущей способности крепи и наиболее опасные воздействия несимметричной нагрузки.

3. Выполнены аналитические и лабораторные исследования работы рамно-анкерной крепи в условиях воздействия сосредоточенной несимметричной нагрузки, что позволило установить закономерности изменения эффективности способа усиления от угла разноса анкеров и усилий в них.

4. Предложена расчетная схема рамно-анкерной крепи для несимметричной распределенной нагрузки; проведены аналитические расчеты с определением оптимальных вариантов установки анкеров и усилий в них для конкретных условий. На шахте им. РККА ПО "Добропольеуголь" выполнена опытная проверка способа усиления крепи, что позволило подтвердить результаты аналитических расчетов и отработать некоторые элементы технологии возведения крепи.

Основные положения и результаты диссертации опубликованы в следующих работах:

1. Солодянкин А.В. Методика обоснования влияющих факторов взаимодействующей системы "крепь-порода" // Гос. горн. акад. Украины. - Днепропетровск, 1993. - 19 с. - Деп. в ГНТБ Украины 01.03.94, N 441 - Ук 95.

2. Солодянкин А.В. К вопросу об устойчивости выработок, испытывающих влияние несимметричной нагрузки // Гос. горн. акад. Украины. - Днепропетровск, 1995. - 12 с. - Деп. в ГНТБ Украины 23.03.95, N 624 - Ук 95.

3. Солодянкин А.В., Роечко А.Н. Обоснование и оценка эффективности способа повышения несущей способности металлической арочной крепи анкерами // Гос. горн. акад. Украины. - Днепропетровск, 1994. - 17 с. - Деп. в ГНТБ Украины 13.02.95, N 328 - Ук 95.

4. Солодянкин А.В. Повышение работоспособности металлической арочной крепи в условиях несимметричной внешней нагрузки // Материалы отраслевой научно-технической конференции "Прогрессивные решения по креплению и поддержанию горных выработок". Харьков, 1996. - с. 34-35.

Личный вклад соискателя в работе (3), выполненной в соавторстве, заключался в разработке конструкции рамно-анкерной крепи,

ДНБ ім. В. Стефаника  
АН України

проведени шахтних досліджень і обробці їх результатів.

## RESUME

A.V.Solodyankin. Parameter substantiation of the support strengthening method of development workings at asymmetric load.

Theses for the Candidate of Sciences Degree on speciality 05.15.04 - Mining and underground construction. The State Mining Academy of the Ukraine. Dnepropetrovsk, 1996.

The results of theoretical and experimental investigations of internal force factor change laws in the metallic arch support under the influence of asymmetric load are defended in the paper. Unessention for the carrying support ability and the most unfavourable influences of asymmetric load upon the arch support are given. The arch support strengthening method by anchors is substantiated and experimental check in mine conditions is done. Investigation results are published in 4 articles.

## АНОТАЦІЯ

Солодянкін О.В. Обґрунтування параметрів способу підсилення аркового кріплення підготовчих виробок в умовах несиметричного навантаження.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.15.04 - шахтне та підземне будівництво. Державна гірнича академія України, Дніпропетровськ, 1996.

В роботі захищаються результати теоретичних та експериментальних досліджень закономірностей змінення внутрішніх силових факторів у металевому арковому кріпленні під впливом несиметричного зовнішнього навантаження. Встановлені несуттєві до несучої здатності кріплення та найбільш несприятливі впливи несиметричного навантаження на аркове кріплення. Обґрунтований спосіб підсилення аркового кріплення анкерами та здійснена його дослідна перевірка у шахтних умовах. Результати досліджень опубліковані в 4 статтях.

Ключові слова: металеве аркове кріплення, несиметричне навантаження, комбіноване рамно-анкерне кріплення.



Солодянкин Александр Викторович

ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ СПОСОБА УСИЛЕНИЯ  
КРЕПИ ПОДГОТОВИТЕЛЬНЫХ ВЫРАБОТОК ПРИ  
НЕСИММЕТРИЧНОЙ НАГРУЗКЕ

/Автореферат/

Подписано в печать 20.05.96 г. Формат 60x84/16.  
Бум. тип. N 3. Офс. печ. Усл.печ.л. 1,0. Уч.-изд.л.1,0  
Тираж 100 экз. Заказ N 202 Бесплатно.  
Ротапринт ГГА Украины, 320027,  
Днепропетровск, пр.К.Маркса,19

