

6
A53

АКАДЕМИЯ НАУК СССР
СИБИРСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ
СЕКЦИЯ ПО ПРОЧНОСТИ МАТЕРИАЛОВ И ТЕХНОЛОГИИ
МАШИНОСТРОЕНИЯ ОБЪЕДИНЕННОГО УЧЕНОГО СОВЕТА
ПО ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИМ И ТЕХНИЧЕСКИМ НАУКАМ

На правах рукописи

ФЕДЯНИН Анатолий Афанасьевич

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЯВЛЕНИЙ ГОРНОГО ДАВЛЕНИЯ
И СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СПОСОБОВ КРЕПЛЕНИЯ
ОЧИСТНЫХ ЗАБОЕВ УГОЛЬНЫХ ПЛАСТОВ
С ТЯЖЕЛЫМИ И ЛЕГКОУПРАВЛЯЕМЫМИ КРОВЛЯМИ

(На примере Кок-Янгакского месторождения Средней Азии)

Специальность 05.12.02 — «Подземная разработка
и эксплуатация угольных, рудных и нерудных
месторождений»

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Новосибирск 1974

АКАДЕМИЯ НАУК СССР

Сибирское отделение

Секция по прочности материалов и технологии машино-
строения Объединенного ученого совета по физико-
математическим и техническим наукам

На правах рукописи

ФЕДЯНИН Анатолий Афанасьевич

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЯВЛЕНИЙ ГОРНОГО ДАВЛЕНИЯ И
СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СПОСОБОВ КРЕПЛЕНИЯ ОЧИСТНЫХ
ЗАБОЕВ УГОЛЬНЫХ ПЛАСТОВ С ТЯЖЕЛЫМИ И ЛЕГКО-
УПРАВЛЯЕМЫМИ КРОВЛЯМИ

(на примере Кок-Янгакского месторождения
Средней Азии)

Специальность 05.12.02 - "Подземная разработка
и эксплуатация угольных, рудных и нерудных
месторождений"

А в т о р е ф е р а т

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Новосибирск - 1974

AS3

Работа выполнена в Институте физики и механики горных пород АН Киргизской ССР. Экспериментальная часть работы проведена на Кок-Янганском месторождении.

Научный руководитель: кандидат технических наук
Г.П.КАЛИНИН

Официальные оппоненты: доктор технических наук, профессор А.П.ШИРОКОВ,
кандидат технических наук, старший научный сотрудник Г.Е.ПОСОХОВ.

Ведущее предприятие - комбинат "Средазуголь".

Автореферат разослан " " _____ 1974 г.

Ваша диссертация состоится " " _____ 1974 г.

в _____ час. на заседании Секции по прочности материалов и технологии машиностроения Объединенного ученого совета по физико-математическим и техническим наукам СО АН СССР в конференц-зале Института горного дела СО АН СССР.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ИГД СО АН СССР.

Отзывы в двух экземплярах, заверенные учреждением, просим направлять по адресу: 630091, Новосибирск, 91, Красный проспект, 54, ученому секретарю Совета.

Ученый секретарь Секции
Объединенного ученого совета
доктор технических наук,
профессор

Г.И.ГРИЦКО



ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность проблемы. Директивами XXIV съезда КПСС по пятилетнему плану развития народного хозяйства СССР перед угольной промышленностью поставлена задача - довести добычу угля в 1975 году до 685-695 млн. тонн и повысить производительность труда в 1,4 раза. При подземной разработке пластов эта задача может быть решена в основном за счет более широкого распространения узкозахватных комплексов и гидрофицированных крепей.

Эффективное применение узкозахватной выемки зависит в значительной мере от знаний закономерностей проявления горного давления, которые не утратили своей актуальности по сей день, особенно на пластах, залегающих в сложных горно-геологических условиях. Вопрос разработки основных мер по совершенствованию крепления и способов управления кровлей на пологих и наклонных пластах, залегающих в сложных горно-геологических условиях, до настоящего времени изучен недостаточно, а в условиях Кок-Янганского месторождения данный вопрос до начала постановки наших исследований был вообще не затронут.

Выбор выемочных машин, параметров и вида крепи и способов управления кровлей производился без достаточных проработок свойств пластов и вмещающих пород, что приводило к частым завалам очистных забоев и низким технико-экономическим показателям их работы. Актуальность и важность решения вопросов совершенствования технологии выемки основных пластов месторождения обуславливается еще и тем, что запасы этих пластов имеют большой удельный вес в запасах угля по месторождению (84%), и распространяясь по всей площади его, они будут отрабатываться весь период существования (50-60 лет). Также, если принять во внимание, что Кок-Янганское каменноугольное месторождение, расположенное в пределах одного из наиболее промышленно развитых районов Средней Азии - Ферганской долины, является крупным поставщиком высококачественного угля для Киргизии, Узбекистана, северного Таджикистана, то вопрос совершенствования технологии выемки пластов указанного месторождения становится первоочередным народнохозяйственным воп-

росом, т.к. развитие этих экономических районов потребует дальнейшего увеличения угледобычи по названному месторождению.

Поэтому, чтобы положительно решить вопрос эффективной отработки угольных пластов, назрела необходимость в проведении исследовательских работ по определению закономерностей проявлений горного давления. Особенно остро встал вопрос о проведении исследований по месторождению в связи с внедрением узкозахватной техники, т.к. механический перенос без изменений опыта крепления и управления кровлей, рекомендованный на основе исследований для других месторождений приводил к тому, что основные технико-экономические показатели работы очистных забоев были ниже, и в лучшем случае, практически оставались на том же уровне, что и при буровзрывном способе, а анализ опубликованных работ не позволял ответить на многие вопросы, возникающие при разработке угольных пластов со слабыми вмещающими породами и тяжелыми кровлями, а также объяснить характерные особенности проявления горного давления в этих специфических условиях.

Цель работы. В данной диссертации преследуется цель более детально изучить производственно-технические условия эксплуатации и горно-геологические условия залегания угольных пластов, строение пород непосредственной и основной кровлей и на базе полученных результатов установить характер разрушения кровли пластов, а также выявить особенности закономерностей проявления горного давления в лавах, типичных по своим горно-геологическим условиям для всего месторождения и на основании полученных результатов исследований разработать основные направления совершенствования способов управления горным давлением.

Для выполнения поставленной цели в работе решались следующие задачи:

а) Обобщение и анализ существующей практики управления кровлей и крепления на месторождении;

б) изучение физико-механических свойств угля и вмещающих пород, характера разрушения кровлей пластов, а также установле-

ние основных закономерностей проявления горного давления и механизма взаимодействия крепей с боковыми породами;

в) разработка основных направлений совершенствования способов крепления очистных забоев и управления кровлей;

г) установление соответствия разрабатываемых и внедряемых в производство мероприятий типовым для месторождения горно-геологическим условиям и определение возможности их распространения для других условий.

Методы исследований. Для решения поставленных задач нами применялся комплексный метод исследований, включающий: анализ данных научных исследований и опыта шахт и научно-технические обобщения, экспериментальные исследования в шахтных и лабораторных условиях, анализ данных экспериментальных исследований с применением методов математической статистики и технико-экономический анализ.

При этом использованы методики и рекомендации, разработанные ВНИИ, ИГД СО АН СССР, ИГД им. А.А.Скочинского, КузНИИУИ, КНИУИ,

Научная новизна. В работе выявлена особенность залегания угольных пластов, установлена типизация кровлей на месторождении по свойствам вмещающих пород и обрушаемости, выявлен ряд закономерностей проявлений горного давления и уточнен механизм взаимодействия пород кровли и почвы с крепью. Кроме этого разработана расчетная схема ожидаемых нагрузок на крепь и установлены три режима работы крепи.

Реализация работы. Разработанные параметры крепей и способы крепления и управления кровлей успешно прошли опытно-промышленное испытание в условиях Кок-Янгакского месторождения и внедрены в производство, что позволило внедрить механизированные способы выемки угля и резко улучшить все технико-экономические показатели, а также повысить безопасность ведения очистных работ. Так, нагрузка на очистной забой увеличилась в 3-4 раза при отработке пласта "Нового" и в 1,5-2 раза при отработке пласта "Тюлекского"; производительность труда по участку увеличилась в 2-2,5 раза, а себестоимость добываемого угля

снизилась в 1,4-2 раза; фактическая эффективность от применения данной технологии в очистных забоях на месторождении составила 750 тыс.руб. в год.

Апробация работы. Материалы диссертационной работы докладывались на второй республиканской научной конференции по добыче и использованию углей Киргизии (г.Фрунзе, 23-25 мая 1971 г.); на научной конференции по разработке месторождений полезных ископаемых в условиях высокогорья и жаркого климата (г.Ташкент, 14-20 декабря 1973 г.); на научно-технической конференции при комбинате "Среднеуголь" (г.Ташкент, 20 августа 1973 г.), на заседаниях ученых советов Института физики и механики горных пород АН Кирг.ССР (г.Фрунзе, 1968-1972 гг.) и ИГД СО АН СССР (г.Новосибирск, 1973-1974 гг.), на заседаниях технических советов предприятий комбината "Среднеуголь" (1968-1973 гг.).

Объем работы. Диссертационная работа состоит из введения, шести глав, выводов и рекомендаций, списка использованной литературы, включающего 107 наименований, содержит 123 страницы машинописного текста, 24 рисунка, 25 таблиц.

В главе I дается краткий анализ современных работ, касающихся вопроса крепления и управления кровлей в очистных забоях на пологих и наклонных угольных пластах. Отмечается, что в исследованиях проявления горного давления в очистных забоях определялись два основных, в известной мере дополняющих друг друга, направления - экспериментальное и теоретическое.

Большинство исследователей, занимающихся вопросами крепления и управления кровлей в лавах пологих пластов при экспериментальных шахтных и лабораторных исследованиях (С.Г.Авершин, В.И.Барановский, А.П.Судоплатов, Б.В.Бокий, Г.И.Грицко, В.Т.Давидянц, П.М.Ковачевич, Г.Н.Кузнецов, С.Т.Кузнецов, А.П.Широв, В.А.Сударев, А.М.Ильштейн, С.И.Запреев, Ф.П.Глушихин, И.М.Петухов, Н.А.Федоров и др.) отмечают положительное влияние уменьшения ширины призабойного пространства, увеличения скорости подвигания забоя и применения металлической крепи (гидравлических стоек) на состояние кровли в призабойном пространстве.

Второе направление представлено теоретическими исследованиями распределения напряжений и смещений в ослабленных выработках горных массивов с учетом взаимодействия породы с крепью. Теоретические исследования основаны на механике сплошной (В.Д.Слесарев, Д.С.Ержанов, К.В.Руппенейт, Г.И.Баренблатт, С.А.Христианович, Ю.М.Либерман и др.) и дискретной (А.А.Борисов, Г.А.Крупенников, Г.Н.Кузнецов, В.Г.Бочкарев и др.) среды.

Разработанные этими учеными гипотезы и методы расчета горного давления построены, как правило, на основе данных натурных наблюдений в ведущих угольных бассейнах. Вместе с тем, результаты шахтных наблюдений показывают, что в каждом конкретном случае закономерности проявлений горного давления скваживаются не одинаковыми, особенно на пластах, находящихся в осложненных горно-геологических условиях. Поэтому вопросы рационального крепления и управления кровлей на Кок-Янгакском месторождении необходимо решать с учетом результатов исследований в конкретных горно-геологических условиях этого месторождения.

В главе II изложена краткая геологическая характеристика месторождения и дан анализ применявшихся способам выемки, крепления и управления кровлей при разработке пологих и наклонных угольных пластов. Кок-Янгакское каменноугольное месторождение характеризуется непостоянством литологического состава и строения боковых пород. Угольные пласты и вмещающие породы имеют невыдержанные элементы залегания, а физико-механические свойства пород, как показали наши исследования, колеблются в широких пределах (от 200 до 800 кг/см²). Тектоника месторождения сложна. Пожготовительно-эксплуатационными выработками и разведочными скважинами установлено более 100 разрывов, не считая мелких, амплитуда смещения которых не превышает 2-3-х кратной мощности угольных пластов.

На месторождении разрабатывается 5 угольных пластов. Основное значение и повсеместное распространение имеют три пласта: "Новый", "Тюлекский" и "Чистый". По своим горно-геологическим условиям залегания разрабатываемые пласты резко отличаются друг от друга. Наличие легкообрушающихся кровель (непосредственной и основной) и сравнительно крепких почв у пластов "Тю-

лекского" и "Чистого" не вызывают особых осложнений при управлении горным давлением, однако трудоемкость по возведению крепи и управлению кровлей при отработке этих пластов велика и достигает 40% от общих трудовых затрат в лаге.

Слабая почва и наличие в кровле пласта "Нового" мощных толщ алевролита и конгломерата вносят серьезные трудности в управление кровлей при эксплуатации данного пласта.

В свете современных представлений об основных закономерностях процессов разрушения толщ осадочных пород кровля пласта "Нового" нами отнесена по признаку обрушаемости к типу "тяжелых кровель" — ко II классу (подкласс 2б), а кровля пластов "Тюленского" и "Чистого" к I классу (подкласс 1б) (легкоуправляемые).

На месторождении применяются механизированный и буровзрывной способы выемки угля, причем, преобладающим способом выемки является буровзрывной.

Все многообразие технологических схем расположения крепи в очистных забоях, применяющихся на месторождении нами разделено на три основных группы:

а) деревянные рамы из трех стоек, устанавливаемые по простиранию пласта;

б) деревянные рамы из трех стоек, устанавливаемые по падению пласта;

в) рамы из двух-трех стоек устанавливаемые по простиранию пласта с частичным использованием индивидуальных гидравлических стоек.

Привзбойное пространство при буровзрывном способе выемки крепится деревянной крепью; при механизированном способе — в основном металлической крепью. Управление кровлей производится способом полного обрушения. В качестве специальной крепи повсеместно распространена однорядная органичная крепь. Ширина привзбойного пространства колеблется от 1,5 до 6,5 м. Расход лесных материалов на 1000 т очистной добычи составляет 35-55 м³.

Несовершенство крепи и не соответствие параметров паспортов крепления и управления кровлями данным горно-геологиче-

ским условиям приводило к тому, что основные технико-экономические показатели работы очистных забоев, оборудованных средствами механизированной выемки были весьма низкими. В связи с этим вопрос внедрения металлических крепей и совершенствование управления кровлей в длинных очистных забоях на месторождении приобретает большой практический интерес.

Глава III посвящена применяемой в работе методике исследований. При разработке методики нами учитывались общие методические положения комплексного исследования проблем горной геомеханики, а также особенности залегания рассматриваемых пластов и задачи исследований.

В комплексе исследований ведущее место занимают шахтные наблюдения и измерения, т.к. они отражают истинную картину механического процесса, происходящего вокруг очистной выработки. Поэтому при изучении закономерностей проявлений горного давления на месторождении было дано предпочтение шахтным исследованиям, которые включали: анализ горно-геологических и производственно-технических условий эксплуатации месторождения, исследования смещений кровли и связанные с ними давления на крепь по ширине рабочего пространства, исследование характера разрушения непосредственной и основной кровель, исследование работы крепи в лагах, исследование устойчивости обнажений пород непосредственной кровли и исследование сопротивления почвы вдавлению крепи.

При выявлении естественно-геологических условий помимо данных геологической документации проводились работы по проходке согласно разработанной нами схемы гезенков и ниш с целью изучения строения кровли, т.е. слоистости, трещиноватости, их склонности к расслоению и разрушению по естественной трещиноватости, а также уточнения данных о мощности, прочности, литологическом составе и структурной особенности толщи пород непосредственной и основной кровель и почвы и изменение их на отдельных участках шахтного поля.

Для измерения смещений пород и давления на крепь использовались стойки СУИ-П с индикаторной головкой, рулетки конструкции ВНИИИ, специальные стойки ГСК-9, изготовленные в камери-

тельном варианте, и механические динамометры типа МСД-4.

Выяснение характера деформации и расслоения боковых пород над призабойным пространством осуществлялось методом глубинных реперов, которые закладывались в специально пройденных нишах впереди очистного забоя.

Исследование сопротивления почвы вдавлению крепи проведено для определения несущей способности почвы и обоснования размеров площадей нижних опорных поверхностей крепи. Испытание проводилось путем статического вдавливания штампов с помощью гидравлической измерительной стойки ГИС-3 конструкции ИГД им. А.А.Скочинского.

Для решения поставленных в работе задач нами также была разработана методика по выявлению зависимости смещения кровли очистных забоев от плотности индивидуальной крепи на пластах с различным строением пород кровли.

При производстве экспериментальных работ согласно методики выбирались типичные для месторождений лавы, определялось требуемое количество и схема размещения замерных станций.

В результате выполнения работ, согласно разработанной методике представилось возможным получить необходимые исходные данные для выявления механизма разрушения пород кровли и определения рациональных способов крепления и управления кровлей очистных забоев на данном месторождении.

В главе IV приводятся результаты натурных исследований в характером деформаций и давлением боковых пород на крепь, а также результаты сопротивления пород почвы вдавлению крепи в очистных забоях.

С целью обоснования и выбора средств крепления очистных забоев с механизированным способом выемки угля были проведены инструментальные замеры по определению величин нагрузок на крепь и опускания кровли в зависимости от различных производственных процессов, выполняемых в лаве.

Проведенные измерения величин опускания кровли при отработке пластов I классов в условиях исследуемого месторождения показали, что величина смещения кровли во время выемки одной ленты не превышает 70 мм на расстоянии 1-2 м от забоя: с удалением

забоя величина смещения возрастает и на расстоянии 5-6 м достигает 290-320 мм.

Средняя скорость опускания кровли за период выемки составляет 0,5 мм/мин., но во время прорыва комбайна она заметно возрастает и достигает максимальной величины 0,9 мм/мин.

Зона интенсивного смещения пород кровли распространяется на 10-15 м от рабочего органа комбайна по падению и восстанью. С удалением забоя влияние процесса выемки сказывается меньше, чем у груди забоя. При посадке наибольшее смещение кровли наблюдается напротив места обрушения пород. Вторичных осадок кровли во время работы очистных забоев по этим пластам не наблюдалось. Следовательно, смещения кровли обуславливаются изменением условий равновесия пород непосредственной кровли при взаимодействии ее с крепью.

Нагрузки на призабойные стойки на расстоянии 1-2 м от забоя не превышали 6-10 т, но при выемке последующих лент они возрастали и на расстоянии 4 м от забоя достигали 20 т. В период посадки нагрузки на призабойные стойки составляли 19-21 т, а на стойки в органном ряду - максимум 12,5 т. Следовательно, органная крепь, состоящая из 4 стоек на погонный метр, в период посадки не выполняет своего целевого назначения, так как воспринимает лишь незначительную часть нагрузки.

Значительные величины смещения кровли (526 мм) при незначительной нагрузке на крепь (7 т) при отработке пласта "Нового" (тяжелые кровли) объясняются, прежде всего, весьма слабой почвой, в которую вдавливаются стойки. Крепь не оказывала должного сопротивления смещающейся кровле, что вело к ухудшению ее состояния в рабочем пространстве очистного забоя и к завалам лав.

Результаты испытаний почв угольных пластов на вдавливание штампом показали, что пласт "Новый" обладает весьма низкой прочностью почвы ($\sigma_{доп} = 15 \text{ кг/см}^2$). Это вызывает серьезные затруднения в поддержании призабойного пространства лав стойками серийного выпуска. Поэтому возникает вопрос о необходимости создания крепей с увеличенными основаниями или специальных подставок, предотвращающих внедрение стоек в почву.

На основании проведенных исследований и выполненных расчетов установлено, что для условий разработки пласта "Нового" необходимая площадь нижней опоры крепи должна быть 1700 см^2 . Применение опор таких размеров значительно увеличит трудоемкость работ по возведению крепи в лавах и как показал опыт работ шахт других бассейнов осуществление этого мероприятия очень затруднено.

Исследованиями установлено, что нормальная работа крепи серийного выпуска в очистных забоях по данному пласту возможна при оставлении предохранительной пачки угля мощностью $0,4 \text{ м}$. Размеры угольной пачки определялись с учетом минимально допустимых потерь угля и исключающих внедрение стоек в почву лав. При возведении крепи с угольной пачки величина смещения кровли по данному пласту уменьшилась на $167-282 \text{ мм}$, а величина сопротивления стоек возросла до 22 т на расстоянии 6 м от груди забоя. Вслед за проходом комбайна в кровле лав и в этом случае наблюдались циклические трещины, но ширина их уменьшилась с 300 до 50 мм , а перепад в плоскости кровли между блоками снизился с 250 до $80-120 \text{ мм}$.

Исследованиями было установлено, влияние обрушения пород основной кровли и периодичность ее обрушения. Шаг посадки основной кровли нами установлен в 15 м .

Средняя скорость смещения кровли в период выемки достигает небольшой величины (порядка $0,4 \text{ мм/мин.}$), но при наличии закола вслед за проходом комбайна интенсивность смещения увеличивалась и достигала $0,8 \text{ мм/мин.}$ При этом нарастание скоростей смещений происходило прерывисто, т.е. с периодическими сбросами, а без заколов — плавно.

Двойственный характер изменения скоростей смещения при наличии закола и без него указывает на то, что природа смещения кровли в этих случаях различна. В первом случае происходит смещение части кровли, отделенной трещиной от неподробанной части, причем вследствие трения по поверхностям трещин этот процесс происходит как бы с периодическими задержками. Во втором случае происходит плавное нарастание скорости смещения, т.к. оно определяется общим смещением кровли. При этом крепь работает в режиме заданной величины и скорости деформации, и она должна обладать необходимой податливостью.

Установлено, что смещение кровли в период выемки угля происходит за счет изменения условия равновесия непосредственной кровли при взаимодействии ее с крепью, за исключением тех моментов, когда на непосредственную кровлю оказывает влияние основная кровля.

В процессе наблюдений нами было определено влияние увеличения скорости подвигания очистных забоев на устойчивость кровли лав. Условием успешного применения узкозахватных комбайнов является обеспечение минимально необходимой скорости подвигания забоя, которая в данных горно-геологических условиях должна быть не менее $35-40 \text{ м/месяц}$.

Величина смещения кровли в период посадки достигает 200 мм и объясняется, прежде всего, наличием тяжелых кровель и несоответствием параметров крепи и применяемых паспортов крепления специфическим условиям залегания исследуемого пласта.

С целью определения условий работы крепи в лавах был изучен характер расслоения пород непосредственной кровли, а также механизм разрушения и перемещения толщ осадочных пород. Исследованиями выявлен характер разрушения слоев и условия перемещения разрушенных элементов кровли при выемке изучаемых пластов. Основной закономерностью разрушения непосредственной кровли пласта "Нового" является систематическое возникновение в ней наклонных трещин через $0,9-1,2 \text{ м}$, идущих вдоль забоя лавы. Углы наклона граней блока, а следовательно и трещин, колебались в пределах $64-75^\circ$. Блоки, образованные наклонными трещинами, в период осадок основной кровли проскальзывали относительно друг друга на $150-250 \text{ мм}$. Предохранительная пачка угля, оставленная в кровле начинает прогибаться с подходом линии очистного забоя на расстояние $0,6 \text{ м}$ к глубинным реперам. Вслед за проседанием предохранительной пачки в движение приходит толща ложной, а затем непосредственной кровли.

Выявлено, что трещина давления, образовавшаяся впереди забоя распространяется только в некоторой нижней части слоя, а при выходе в призабойное пространство в этой ослабленной части образуется трещина разлома через весь слой в результате действия

касательных напряжений. Образование циклических трещин в данном случае происходило независимо от наличия благоприятно ориентированной естественной трещиноватости.

Отклонение стоек индивидуальной крепи в сторону забоя свидетельствует о том, что образовавшиеся блоки непосредственной кровли в силу своей наклонной формы стремятся отклониться в сторону выработанного пространства и одновременно выскользнуть по трещинам давления в призабойное пространство. Поперечное проскальзывание блоков в призабойное пространство по трещинам давления обуславливает ступенчатую конфигурацию плоскости кровли в призабойном пространстве с уменьшением высоты выработанного пространства в сторону завала.

Особенностью строения кровель двух других пластов (легкоуправляемые кровли) является наличие у них толщ пород различной мощности и жесткости. Эти породы в процессе оседания под влиянием ведения очистных работ подвергаются изгибу. В результате изгиба в плоскости контактов между плоскостями с ослабленной связью возникают касательные напряжения. Действие этих факторов приводит к расслоению пород как по контактам между пластами различных по петрографическому наименованию, так и по слабым контактам внутри пласта одноименной породы; процесс расслоения пород кровли сопровождается разрушением слоев на отдельные элементы.

При ведении очистных работ интенсивное расслоение наблюдается на глубине до 3-3,5 м от плоскости обнажения.

Таким образом, проведенные исследования за разрушением и перемещением кровель в призабойном пространстве и над ним позволили автору раскрыть механизм сдвига и разрушения непосредственной и основной кровель с различным их строением и свойствами, что дает возможность более обоснованно подходить к выбору необходимого сопротивления крепи по каждому из типов обрабатываемых пластов.

В главе У приводятся разработки основных направлений совершенствования управления горным давлением в очистных забоях исследуемых пластов.

Разработанный Ф.П. Глушихиным расчетный метод определения нагрузок на крепь и распределение их по ширине поддерживаемого

пространства показал, что расчетные величины ожидаемых нагрузок на крепь оказались значительно завышенными по сравнению с полученными нами фактическими величинами.

На основании долговременных наблюдений было установлено, что несоответствие величин ожидаемых нагрузок, полученных расчетным способом P_p , фактическим величинам $P_{ф}$, полученным измерениями в натуральных условиях, обуславливается наличием, в данном случае, легкообрушающейся ложной кровли.

Отношение величин $\frac{P_{ф}}{P_p} = k$ мы назвали коэффициентом, учитывающим взаимодействие обрушенной ложной кровли с просевшими на нее блоками непосредственной кровли в выработанном пространстве.

Многочисленными измерениями и анализом полученных фактических нагрузок на крепь было установлено, что между мощностью ложной кровли m и коэффициентом k существует определенная зависимость, а именно:

при $m = 1,0$	$k = 0,25$
при $m = 1,5$	$k = 0,30$
при $m = 2,0$	$k = 0,40$

т.е. чем больше мощность ложной кровли, тем значительнее расхождение между фактической и расчетной нагрузками; при этом мощность предохранительной пачки угля нами принята во всех случаях равной 0,4 м.

Введя коэффициент, учитывающий наличие ложной кровли, мы получим формулу для расчета ожидаемых нагрузок на крепь по ширине призабойного пространства в конкретных горно-геологических условиях:

$$P_{ср}^0 = k \left\{ \gamma h \ell \left(1 + \frac{n_1 n_2}{n_1 + n_2} - f \operatorname{ctg} \alpha_1 \right) + \frac{\gamma h \ell}{\ell} \left[1 - f \left(\operatorname{ctg} \alpha_1 + \cos^2 \alpha_1 \right) \right] \right\} m / m^2$$

где: k — коэффициент, учитывающий наличие ложной кровли,

γ — объемный вес пород, т/м³;

h — мощность непосредственной кровли, м;

ℓ — длина блока непосредственной кровли по простиранию, м;

n — порядковый номер рассматриваемого блока, считая от забоя;

n_1 — количество поддерживаемых блоков, шт.;

n_2 — количество блоков кровли, зависящих в выработанном пространстве, шт.;

f — коэффициент трения породы по породе;

- α_i - угол наклона граней блока после их разворота, град;
 h_1 - мощность основной кровли, м;
 L_1 - шаг обрушения основной кровли, м.

Главным параметром при выборе типоразмера крепи является высота стойки в сдвинутом положении (минимальная конструктивная высота стойки), которая определяется для конкретной мощности пласта из выражения:

$$H_{min} = m_{cp} - \Delta m_{cp} - h_{em} - h_c - h_3$$

- где: m_{cp} - средняя вынимаемая мощность пласта, полученная фактическими замерами, мм;
 Δm_{cp} - отклонение от средней мощности пласта в пределах выемочного поля лавы;
 h_{em} - величина опускания кровли над последним рядом крепи;
 h_c - высота верхняка (в случае применения металлических верхняков $h_c = 100$ мм, при деревянных верхняках $h_c = \frac{h'_c}{2}$, где h'_c - средняя толщина деревянного верхняка);
 h_3 - запас хода выдвижной части стойки на разгрузку и извлечение (обычно h_3 принимается равным 50 мм).

Максимальная высота стойки для данной мощности должна быть не менее

$$H_{max} = m_{cp} + \Delta m_{cp} - h'_c$$

- где: h'_c - толщина верхняка. Для металлических верхняков $h'_c = 100$ мм, деревянных $h'_c = 0,7$ от среднего размера верхняка.

Коэффициент 0,7 учитывает деформацию верхняка при создании начального распора.

В соответствии с расчетом выбирается для отработки пласта "Нового" типоразмер стойки ГСК-9-34, который имеет размеры

$H_{min} = 2279$ мм; $H_{max} = 2560$ мм и для отработки пластов "Тюлекского" и "Чистого" типоразмер стойки ГСК-7-35 с размерами

$$H_{min} = 1732 \text{ мм, } H_{max} = 2060 \text{ мм.}$$

Условия работы выбранных индивидуальных крепей определяются условиями проявления горного давления.

Установлено, что величина перемещения кровли в плоскости пласта зависит от смещения кровли нормально к пласту и может

быть определена по аналитическому выражению, предложенному Ф.П. Глушихиным.

$$\Delta L_2 = \sum \Delta h_{2i} \operatorname{ctg} \alpha_i + n_i L^2 \sin \alpha_i \operatorname{tg} \frac{\alpha_i}{2}$$

- где: Δh_{2i} - взаимное смещение блоков, мм;
 α - угол наклона трещин давления, град.

Для рассматриваемых условий эта величина достигает 300 мм и в период посадок лав ложит органическую крепь на забой.

Проведенные исследования за поведением вмещающих пород и проявлением горного давления, а также обледования фактического положения о креплении лав с целью исключения завалов и повышения эффективности отработки пластов с тяжелыми кровлями, позволили нам разработать новый, более эффективный способ крепления и управления кровлей, который предусматривает оставление необходимого сопротивления крепи для восприятия повышенных нагрузок в призабойном пространстве в период посадки кровли за счет установки двух рядов посадочной крепи.

В этом паспорте (рис. I-а) вновь установленная призабойная крепь и органический ряд "А" к концу очередного цикла только начинают оказывать сопротивление "сдвигающейся" кровле. Крепь органического ряда "В" и призабойная крепь предыдущего цикла ко времени выемки нового цикла выйдет уже на рабочую характеристику и окажет существенное сопротивление сдвигающейся кровле. Если теперь перенести органический ряд "С" в положение "А" (посадка кровли), то произойдет перераспределение нагрузок на органические ряды "В" и "А", а также на призабойную крепь. Эти ряды уже в состоянии в момент посадки предотвратить значительные смещения кровли в призабойном пространстве.

Выполненные расчеты с учетом особенности взаимодействия крепи и тяжелой кровли при отработке изучаемого пласта позволили установить необходимые параметры паспорта крепления и управления кровлей.

Проведенные исследования и выполненные расчеты показывают, что пласты с легкоуправляемыми кровлями на месторождении технически возможно и экономически целесообразно обрабатывать захватными комплексами с индивидуальной гидравлической крепью с безорганической посадкой кровли в соответствии с разработанным паспортом крепления и управления кровлей (рис. I-б).



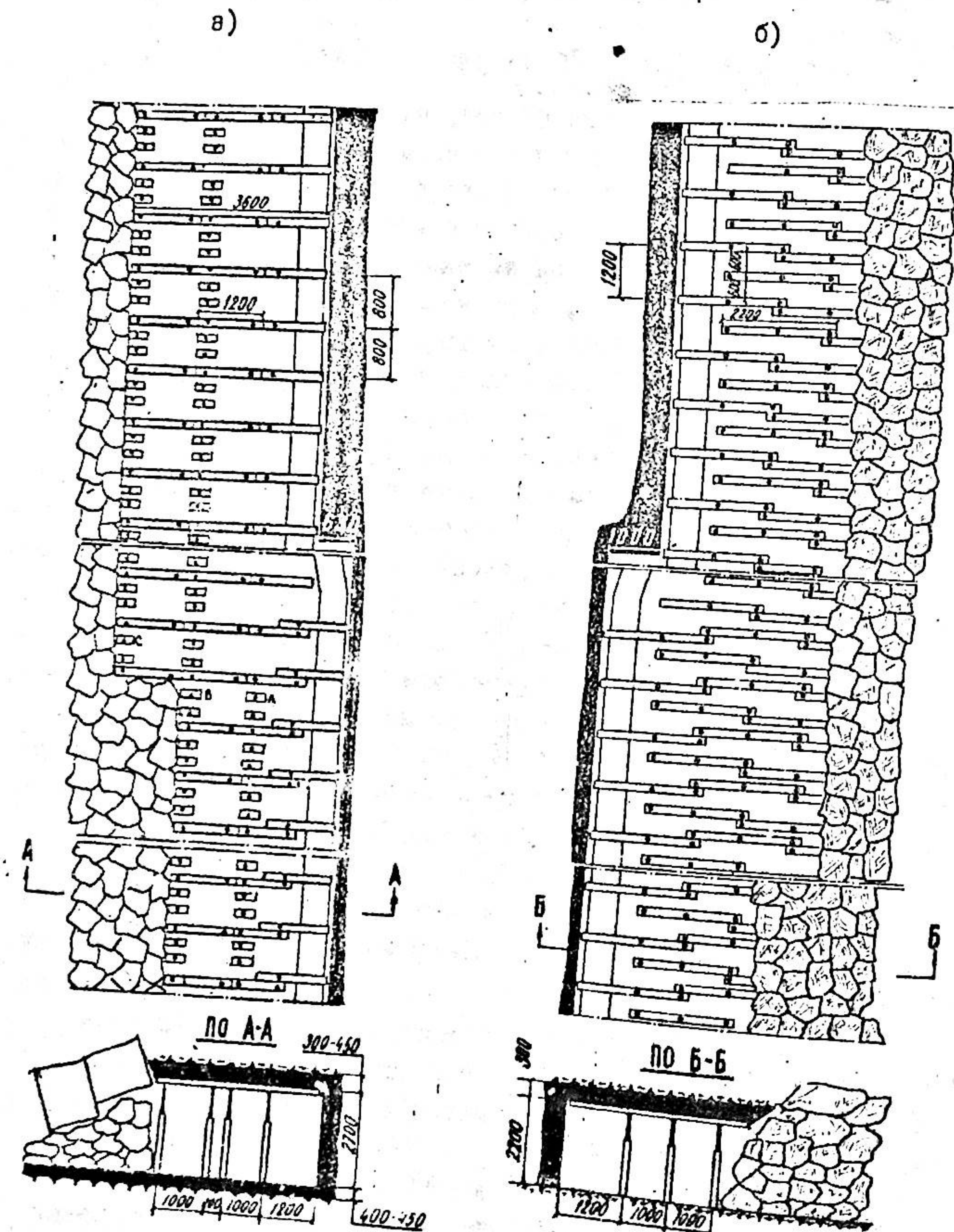


Рис. I

В главе VI приведены исследования по определению оптимальных режимов работы крепи в лавках и результаты опытно-промышленной проверки разработанных рекомендаций.

Проведенными исследованиями было установлено, что на величины смещения кровли весьма важное значение оказывает плотность крепи, которая определяет соответствующее рабочее сопротивление крепи. Если она окажется недостаточной, то происходит захват и обыгрывание индивидуальной крепи, что приводит к завалу лавы, а если излишней, то значительно увеличивает трудоемкость работ по ее возведению и приводит к загромождению рабочего пространства извлеченными, но еще не установленными металлическими стойками.

В работе принята в качестве наиболее важного и объективного показателя, при помощи которого можно определять состояние поддерживаемого пространства выработки, величина опускания кровли, которая находится в тесной связи (при прочих равных условиях) с плотностью крепи.

Проведенные исследования и математическая обработка результатов измерений показывают, что между плотностью крепи и смещением кровли наблюдается определенная зависимость, которая может быть выражена уравнением вида:

$$H = \frac{A}{B\alpha} + C$$

где H — смещение кровли, мм; α — плотность крепи, ст/м²;

A, B и C — постоянные коэффициенты.

Анализ кривых (рис. 2) и зависимости $H = \frac{A}{B\alpha} + C$ показывает, что увеличение плотности крепи после определенного ее значения не приводит к значительному уменьшению смещения кровли.

Эту величину α мы рекомендуем принимать в качестве численной характеристики неравномерностей проявлений горного давления и называем ее значение максимальным (α_{max}).

Исходя из анализа кривых нами выделена еще одна точка — $\alpha_{кр}$ (критическая), характеризующая начало того участка кривой, на котором незначительное изменение величины α может привести к существенному увеличению смещения кровли. За положение точки $\alpha_{кр}$ принимается точка выполаживания левой ветви кривой.

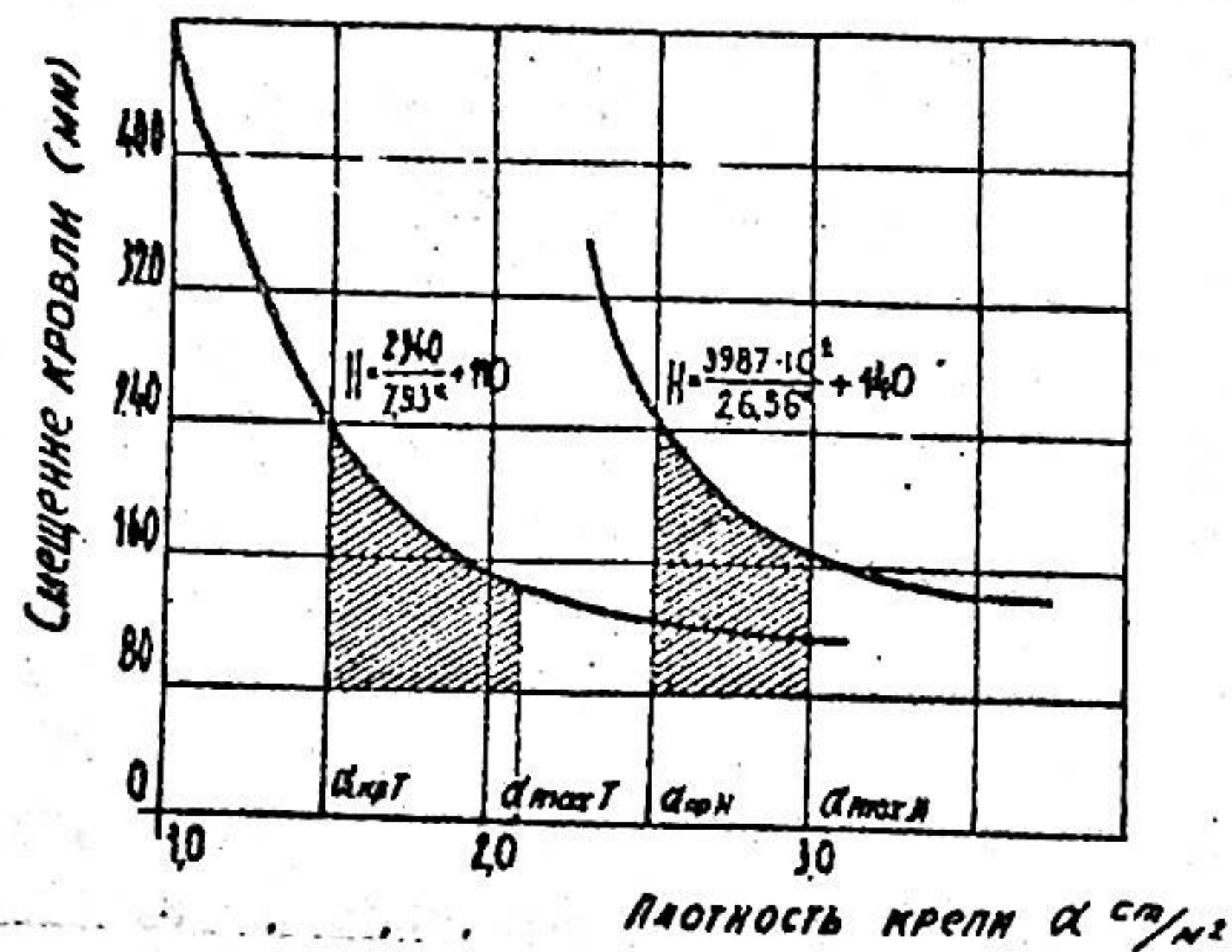


Рис. 2.

Положение точек α_{max} и α_{kp} позволяет выделить три режима работы индивидуальной крепи в данных горно-геологических условиях.

$\alpha_i > \alpha_{max}$ - устойчивый режим с излишней плотностью крепи, $\alpha_{kp} < \alpha_i < \alpha_{max}$ - режим возможного управления кровлей, в котором уменьшение величины α приводит к существенному увеличению смещения кровли, однако величина этого смещения остается в допустимых пределах.

$\alpha_i < \alpha_{kp}$ - аварийный режим, в котором незначительные колебания плотности крепи могут привести к резкому возрастанию смещений кровли вплоть до завала лавы.

Диапазон режима возможного управления кровлей

$$\Delta\alpha = \alpha_{max} + \alpha_{kp}$$

и для данных условий равен:

$$\Delta\alpha_{и} = 3,0 - 2,5 \text{ ст/м}^2 \text{ - по пласту "Новому"}$$

$$\Delta\alpha_{г} = 2,1 - 1,5 \text{ ст/м}^2 \text{ - по пластам "Тюлекскому" и "Чистому".}$$

Применение рекомендованных типов крепи и способов крепления очистных забоев рассматриваемого месторождения оказало положительное влияние на характер опускания кровли. Оно уменьшилось в лавках в среднем на 30%. Это произошло в основном за счет

уменьшения смещений в периоды выемки угля и посадки кровли. Удельная сопротивляемость крепи повысилась. Нагрузка в стойках определялась установленной величиной начала податливости (25 т). Такая сопротивляемость крепи обеспечила сохранение устойчивости кровли в течение нужного отрезка времени, предотвращала расслоение между породными слоями непосредственной кровли и остальной части массива, а также не допускала вывалов отдельных породных блоков. При этом деформации пород, поддерживаемых крепью, были взаимно обусловлены и совместимы. Это сопротивление крепи в сочетании с происходящим при этом допустимым сдвижением кровли (т.е. не вызывающим разрушения крепи) характеризует оптимальную работоспособность гидравлических стоек в рекомендуемых паспортах крепления. Главным, при применении гидравлических стоек, явилось равномерное распределение нагрузок на все работающие стойки и полное использование их несущей способности. При этом обеспечивались нормальные условия для безопасной и эффективной работы очистных забоев, с применением средств механизации.

За время опытно-промышленной проверки рекомендаций было добыто свыше 600 тыс. тонн угля и значительно улучшены основные технико-экономические показатели (табл. I).

Таблица I

№ п/п	Показатели	Ед. изм.	Пласт	Существующие	Полученные в результате экспериментальной проверки
1	2	3	4	5	6
1.	Расход леса на 1000 т очистной добычи	м ³	Новый Тюлекский	35-40 40-45	10-15 15-20
2.	Общие затраты труда на 1000 т очистной добычи	чел/смен	Новый Тюлекский	160-163 122-134	40-49 57-66
3.	Подвигание очистного забоя	м/мес	Новый Тюлекский	14-20 20-25	40-46 35-40
4.	Суточная добыча из очистного забоя	т	Новый Тюлекский	187-250 250-280	600-1200 420-480

1	2	3	4	5	6
5. Производительность труда рабочего по добыче угля на выход	т	Новый Тюлекский	5,1 10,1		12,5 11,7
6. Себестоимость I т угля по участку	руб.	Новый Тюлекский	6,87 4,32		2,22 3,01

Фактическая годовая экономия за счет внедрения новой технологии составила согласно данным производства 750 тыс.руб. в год.

ВЫВОДЫ

1. В работе выполнен анализ горно-геологических и производственно-технических условий разработки пологих и наклонных пластов Кок-Янгакского месторождения, изучены их физико-механические свойства, оценено состояние боковых пород и угля, способов крепления и управления кровлей в очистных забоях, что позволило выявить типичные условия залегания пластов в месторождении и применяемые технологические схемы угледобычи, установить наличие пластов с тяжелыми и легкоуправляемыми кровлями и выявить причины, сдерживающие эффективную разработку этих пластов.

2. Разработана методика проведения комплексных исследований в шахтных условиях, которая предусматривает выбор наиболее типичных по условиям залегания и отработки очистных забоев в месторождении, соответствующее расположение и оснащение замерных станций измерительной аппаратурой, проведение исследований за состоянием крепи в очистных забоях с разным строением кровель пластов при различных типах и плотности крепи.

3. Проведенные исследования позволили выявить механизм разрушения пород кровли при различном их строении и установить взаимодействие вмещающих пород с крепью в призабойном пространстве, а также расширить представление о механизме проявления горного давления в условиях шахт Средней Азии и обосновать применение расчетных методов ожидаемых нагрузок на крепь.

4. На пластах с различным строением кровель впервые установлена корреляционная зависимость между смещением кровли и плотностью крепи определенного вида с характеристикой постоянного

сопротивления, позволяющая без проведения научно-исследовательских работ предвидеть состояние кровли в призабойном пространстве очистных забоев в конкретных горно-геологических условиях в зависимости от типа кровель.

5. Полученные представления о механизме проявления горного давления в данных специфических условиях позволили разработать и внедрить основные направления совершенствования способов крепления и управления кровлей в длинных очистных забоях, для конкретных условий каждого класса пород разработаны типовые паспорта крепления и управления кровлей с применением средств механизации. Так, установлено, что в лавках с породами II класса (тяжелые кровли) со слабыми породами почвы целесообразно оставлять в почве забоев предохранительную угольную пачку мощностью 0,4 м. Посадку кровли производить на два ряда органной крепи из гидравлических стоек, смещенных по простиранию на расстояние одного шага посадки (1,2 м). Посадку кровли в лавках с породами I класса (легкоуправляемые кровли) рекомендуется производить на призабойную крепь. С целью улучшения состояния кровли очистных забоев, их подвигание должно быть не менее 35-40 м/месяц.

6. Опытно-промышленная проверка выданных рекомендаций подтвердила правильность сделанных выводов и позволила получить значительный экономический эффект. В очистных забоях были созданы условия для высокопроизводительной работы добычных комбайнов. Среднесуточная нагрузка на лаву возросла в 3-4 раза и в два раза повысилась производительность труда рабочих по участку.

За время работы очистных забоев по предложенной технологии не было ни одного случая завала лав, при этом был получен экономический эффект в сумме 750 тыс.руб. в год. Расширение области применения предложенных параметров крепей и паспортов крепления и управления кровлей на шахты других месторождений Средней Азии, как показывают расчеты, позволит получить экономический эффект порядка 4-5 млн.руб.

7. Дальнейшие исследования по этому направлению должны быть сосредоточены на уточнении влияния зон геологических нарушений на механизм разрушения пород кровель и установлении проявлений горного давления, а также на создании и применении средств комплексной механизации на пластах, залегающих в сложных горно-геологических условиях.

Основные положения диссертации опубликованы в следующих работах:

1. Наблюдения за проявлением горного давления с целью совершенствования способов крепления лав на Кок-Янгакском месторождении. Вторая республиканская научная конференция по добыче и использованию углей Киргизии. ИНТИ при Госплане Киргизской ССР. Фрунзе, 1971.
2. Повышение эффективности разработки угольных пластов на шахте "Кок-Янгак", ИНТИ при Госплане Киргизской ССР. Фрунзе, 1972 (совтор Калинин Г.П.).
3. Разработка и применение безорганного способа посадки лав на шахте "Кок-Янгак". ИНТИ при Госплане Киргизской ССР, Фрунзе, 1972 (совтор Калинин Г.П.).
4. Повышение эффективности технологии очистных работ в высокогорных условиях Кок-Янгакского месторождения (материалы конференции). Ташкент, 1973.
5. Установление закономерностей проявления горного давления при отработке пласта "Тюлекский" шахты Кок-Янгак. Сб. "Совершенствование технологии выемки угля в очистных забоях шахт Киргизии". Изд-во "Илим". Фрунзе, 1974 (совтор Калинин Г.П.).
6. Исследование свойств и характера поведения боковых пород с целью совершенствования разработки угольных пластов в Кок-Янгакском месторождении. Сб. "Совершенствование технологии выемки угля в очистных забоях шахт Киргизии". Изд-во "Илим". Фрунзе, 1974 (совтор Калинин Г.П.).

ПОДПИСАНО В ПЕЧАТЬ 13/VIII 1974 Г. ФОРМАТ БУМА-
ГИ 60x90 1/16. ОБЪЕМ 1,5 П. Л. Д-09154. ЗАКАЗ 2210.
ТИРАЖ 170 ЭКЗ.

Г. ФРУНЗЕ КИРГ. ССР
~~ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЛАБОРАТОРИЯ КИРГОСУНИВЕРСИТЕТА~~
Тиса, АН Киргиз. ССР