МИНИСТЕРСТВО УГОЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ СССР
ВСЕСОЮЗНЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
ГОРНОЙ ГЕОМЕХАНИКИ И МАРКШЕЙДЕРСКОГО ДЕЛА
ВНИМИ

УКАЗАНИЯ
ПО ОСОБЫМ ТРЕБОВАНИЯМ К КРЕПЯМ НА ПЛАСТАХ С ТЯЖЕЛЫМИ КРОВЛЯМИ

gost.e-ecolog.ru

МИНИСТЕРСТВО УГОЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ СССР
ВСЕСОЮЗНЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
ГОРНОЙ ГЕОМЕХАНИКИ И МАРКШЕЙДЕРСКОГО ДЕЛА
ВНИМИ

СОГЛАСОВАНО
Комбинат Кузбассуголь
Главный инженер
1 апреля 1970 г. В.Ф.КРЫЛОВ

УКАЗАНИЯ
ПО ОСОБЫМ ТРЕБОВАНИЯМ К КРЕПЯМ НА ПЛАСТАХ С ТЯЖЕЛЫМИ КРОВЛЯМИ

Ленинград
1970

А Н Н О Т А Ц И Я

В работе, на основе обобщения результатов натурных, лабораторных и теоретических исследований, даны рекомендации по расчету и проектированию паспортов крепления лав при применении индивидуальных крепей на пластах с тяжелыми кровлями; рассмотрены условия работы механизированных крепей и даны рекомендации по проектированию и эксплоатации механизированных крепей применительно к тем же условиям, определено влияние основных факторов на их работу, составлены "Указания по особым требованиям к крепям на пластах с тяжелыми кровлями".

Результаты исследований, изложенные в работе, являются основой для разработки ТЭТ на новые типы механизированных крепей для разработки пластов с тяжелыми кровлями.

Работа предназначена для использования работниками проектно-конструкторских организаций, производства и научно-исследовательских учреждений при создании и эксплоатации механизированных крепей и комплексов.

Работа составлена канд.техн.наук ГЛУШИХИНЫМ Ф.П.

П Р Е Д И С Л О В И Е

Настоящая работа выполнена по заданию МУП СССР и заявке комбината Кузбассуголь на основе шахтных, лабораторных и теоретических исследований ВНИМИ, проведенных в последние годы применительно к пологим пластам Кузбасса с тяжелыми кровлями.

Результаты этих исследований позволили установить основные закономерности проявлений горного давления на пластах с тяжелыми кровлями, из которых следует, что крепи на таких пластах работают в сложных условиях, а сами проявления, как в качественном, так и в количественном отношении, значительно отличаются от проявлений горного давления в обычных условиях. При отработке ряда пластов с тяжелыми кровлями при применении индивидуальных крепей неоднократно происходили завалы лав, иногда внезапные.

Попытки внедрения существующих типов механизированных крепей на ряде пластов с такими кровлями оказались неудачными вследствие несоответствия конструктивных параметров крепей закономерностям проявлений горного давления.

Увеличение глубины горных работ, а также ввод в эксплоатацию ряда новых пластов привели к увеличению количества действующих лав, проявления горного давления в которых значительно усложнились. Учитывая создавшееся положение, ВНИМИ разработал "Указания по особым требованиям к проектированию паспортов крепления и созданию механизированных крепей удовлетворяющих основным закономерностям проявления горного давления на пластах с тяжелыми кровлями.

"Указания..." представлены в виде двух частей. В первой части изложены собственно "Указания по особым требованиям..." в виде отдельных пунктов по четырем разделам. Следует иметь в виду, что в данной работе приведены только особые указания, относящиеся к построению паспортов крепи, индивидуальным и механизированным крепям. Общие же требования, предъявляемые к крепям, комплексам и другому оборудованию очистного забоя здесь не приводятся, т.к. они общеизвестны.

Разработанные "Указания..." могут быть основой для составления ТЭТ на механизированные крепи для пологих пластов с тяжелыми кровлями.

Вторая часть представляет собой "Обоснования к указаниям...", В ней по разделам изложены основные результаты исследований, на основании которых составлены сами "Указания ..."

Работа рассмотрена и одобрена на заседании Ученого Совета ВНИМИ и на технических совещаниях в комбинатах Кузбассуголь (г.Кемерово) и Южкузбассуголь, (г. Новокузнецк), треста Ленинуголь г.Ленинск-Кузнецкий, в Техническом управлении УУП КазССР (г.Караганда), институтах Гипроуглемаш (г.Москва) и Мосбассгипрогормаш (г. Новомосковск), на семинаре секции очистных выработок НТС при Техническом управлении МУП СССР (г.Донецк). При окончательном редактировании учтены замечания и пожелания, высказанные в процессе обсуждения.

Исследования выполнялись в лаборатории механики горных пород ВНИМИ под руководством Кузнецова С.Т. и Глушихина Ф.П.

"Указания..." и "Обоснование..." к ним разработаны и составлены канд. техн. наук Глушихиным Ф.П.

В проведении исследований на разных этапах участвовали сотрудники института Бессонников В.А., Воронин И.Н., Пекарский Д.Г., Горохов В.Т., Кротов Ю.Г. и работники комбината "Кузбассуголь" Крылов В.Ф. и Яковлев Н.И.

УКАЗАНИЯ ПО ОСОБЫМ ТРЕБОВАНИЯМ К КРЕПЯМ НА ПЛАСТАХ С ТЯЖЕЛЫМИ КРОВЛЯМИ

РАЗДЕЛ I. ОСОБЕННОСТИ ПРОЯВЛЕНИЙ ГОРНОГО ДАВЛЕНИЯ НА УГОЛЬНЫХ ПЛАСТАХ С ТЯЖЕЛЫМИ КРОВЛЯМИ

Опыт отработки пологих пластов Кузбасса показал, что на некоторых из них наблюдается целый ряд особенностей проявлений горного давления и взаимодействия кровель пластов с крепями, значительно усложняющих условия работы последних. Исследование этих особенностей и горно-геологических условий их возникновения позволило выделить такие кровли в отдельный подтип тяжелых кровель.

Результаты специальных шахтных, лабораторных и теоретических исследований позволяют сформулировать следующие основные особенности тяжелых кровель пологих угольных пластов.

I. К тяжелым кровлям относятся кровли следующего строения: непосредственная кровля представлена мощными монолитными слоями пород, песчано-глинистых разновидностей, прочностью при сжатии 250-800 кг/см^2;
основная кровля мощными монолитными слоями пород, преимущественно песчаниками, прочностью при сжатии более 600 кг/см^2. Глубина работ более 150 м.

2. Разрушение тяжелых кровель под влиянием длинного очистного забоя происходит на крупные наклонные блоки вследствие периодического возникновения наклонных трещин давления, пересекающих всю мощность слоя.

Параметры разрушения непосредственной и основной кровель зависят от прочности слагающих их пород, глубины залегания и технологии выемки угля. Преимущественной формой разрушения непосредственной кровли является узкоблочная, основной кровли - короткоблочная. Критерием формы разрушения является отношение длины блока по направлению подвигания забоя к мощности разрушающегося слоя. При величине этого отношения меньше единицы форма разрушения названа узкоблочной, при величине от 1,0 до 2,0 - короткоблочной и при величине отношения более двух - длинноблочной.

Основной формой смещения блоков непосредственной и основной кровель является выскальзывание их по наклонным плоскостям трещин с некоторым отклонением в сторону выработанного пространства. При этом происходит перемещение контура кровли в призабойном пространстве в плоскости пласта на величину до 25% от смещений по нормали. Направление перемещения - в сторону забоя.

4. Вследствие узкоблочной формы разрушения непосредственной кровли и наклонной формы блоков в их системе могут возникать дополнительные силы распора, приводящие к зависанию разрушенной кровли в выработанном пространстве (возникновение арочного эффекта). По мере подвигания забоя происходят периодические потери равновесия арочной системы, сопровождаемые повышением смещений и нагрузок на крепь, а иногда и завалами лав.

5. На пластах с тяжелыми кровлями наблюдается резкое влияние осадок основной кровли, выражающееся в образовании закола вдоль линии забоя, резком увеличении смещения кровли (до 400-500 мм) и повышении нагрузок на крепь. Период вли-

яния осадок основной кровли зависит от ширины поддерживаемого пространства. При применении индивидуальной крепи количество циклов подвигания, при котором имеет место это влияние обычно меньше, чем при применении механизированных крепей, т.к. шаг передвижки крепи в последнем случае меньше, а разгрузка крепи производится полностью по всей ширине призабойного пространства.

Это является одной из основных причин увеличения общих смещений кровли при переводе лав с индивидуальной на механизированную крепь.

6. Особенностью нагружения крепи в призабойном пространстве является действие сравнительно больших нагрузок вблизи забоя со ступенчатым их приращением в сторону выработанного пространства и увеличение удельных и общих нагрузок на крепь при посадке кровли.

При подвигании забоя нагрузки на крепь не остаются постоянными, а изменяются в широких пределах, причем переход от минимальных к максимальным нагрузкам может происходить резко, в виде скачка.

Вследствие резкого значительного увеличения нагрузок на крепь в период посадок кровли могут иметь место завалы лав, если крепь не обладает достаточной несущей способностью.

7. Отработка пластов с тяжелыми кровлями должна производиться либо лавами, длиной не менее 2-х кратного шага первичного обрушения непосредственной кровли, либо лавами, длина которых меньше первого шага обрушения основной кровли. В первом случае необходимо применять усиленную крепь, во втором отработка может вестись с обычными крепями.

Основным способом управления кровлей на пластах с тяжелыми кровлями должно быть полное обрушение. В отдельных случаях, когда величины нагрузок оказываются весьма большими, допускается применение закладки.

8. При отходе лав от разрезных печей необходимо применять методы смягчения влияния первых осадок непосредственной и основной кровли путем усиления призабойной и посадочной крепи, оставлением крепи в выработанном пространстве с последующим удалением, принудительной посадки кровли или предварительного торпедирования кровли по методу КНИУИ.

Проведение мероприятий должно начинаться при отходе забоя лавы от разрезной печи на расстояние двойной мощности слоя основной кровли.

В каждом случае должен составляться специальный проект, в котором указываются конкретные мероприятия и их обоснования.

РАЗДЕЛ II. ТРЕБОВАНИЯ ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ ПАСПОРТОВ КРЕПЛЕНИЯ ПРИ ПРИМЕНЕНИИ ИНДИВИДУАЛЬНЫХ КРЕПЕЙ

При проектировании паспорта крепления для определенных условий к нему должен предъявляться целый ряд общетехнических и специальных требований. Общетехнические требования относятся ко всем паспортам крепления и управления кровлей независимо от конкретного участка и здесь они не рассматриваются, т.к. они общеизвестны.

Специальные требования отражают особенности того очистного забоя или пласта, для которых проектируется паспорт. К этим особенностям следует отнести закономерности проявления горного давления, газообильность, водообильность, наличие прослойков в пласте, необходимость селективной выемки пласта и т.д.

Важнейшими из них является первая группа требований т.к. любой паспорт крепи должен обеспечить безопасность труда, надежное управление кровлей и работу забойных машин.

В этом разделе приведены особые требования к проектированию паспортов крепления и управления кровлей на пластах с тяжелыми кровлями, вытекающие из закономерностей проявления горного давления на таких пластах.

I. Для определения расчетных нагрузок на крепь очистного забоя необходимо иметь следующие данные:

а) мощность непосредственной кровли; определение ее производится на основе доразведки участка с помощью скважин или по выработкам, пересекающим породы кровли вблизи намечаемой к отработке лавы,

б) прочность пород непосредственной кровли на сжатие; определяется путем испытаний,

в) шаг разрушения непосредственной кровли; определяется расчетным путем согласно раздела Ш. "Обоснований..." или принимается по данным практики; шаг разрушения, как правило, равен или кратен шагу выемки пласта,

г) мощность слоя основной кровли; определяется при доразведке участка,

д) прочность пород основной кровли на один из видов испытаний: сжатие или разрыв,

е) глубина работ,

ж) величина шага разрушения основной кровли определяется по формуле или номограмме, представленным в разделе Ш "Обоснований.... "

2. При проектировании паспорта крепления должен производиться расчет общих величин нагрузок на крепь, а также удельных нагрузок по ширине призабойного пространства .

3. В случае отсутствия данных для расчета по формулам или невозможности их получения следует принимать следующие средние величины

Мощность пласта, м	I,0 - I,5	I,6 - 2,0	2,I -3,0
Удельные нагрузки, $т/м^2$	50,0	60,0	65,0

4. Паспорт крепления должен проектироваться таким образом, чтобы обеспечить необходимое сопротивление крепи по всей ширине призабойного пространства. Расчет необходимо вести по максимальным нагрузкам с учетом влияния осадок основной кровли.

При посадке кровли (извлечении посадочной крепи) остающаяся или вновь устанавливаемая крепь должна обеспечить необходимое расчетное сопротивление для предотвращения возможного в таких случаях завала лавы.

5. В паспортах крепления необходимо предусматривать применение специальной посадочной крепи, устанавливаемой в два или более рядов в зависимости от конкретных условий и типов применяемой крепи.

6. В качестве призабойной крепи следует применять гидравлические индивидуальные стойки. Допустимо применение металлических стоек трения постоянного сопротивления как временной меры.

Использование металлических стоек трения с нарастающей характеристикой не допускается.

7. В качестве посадочной крепи могут быть использованы гидравлические посадочные крепи, посадочные стойки типа ОКУ, кусты из гидравлических стоек и стоек трения постоянного сопротивления с дистанционной разгрузкой. Применение стоек трения нарастающего сопротивления в качестве посадочной крепи недопустимо.

8. Несущая способность стоек призабойной крепи должна выбираться с таким расчетом, чтобы обеспечить необходимое сопротивление при соблюдении требований правил безопасности относительно допустимой ширины прохода между стойками и рядами стоек.

9. Во избежание опрокидывания крепи в сторону забоя стойки должны устанавливаться с наклоном в сторону выработанного пространства. Угол наклона 8–12^{0} от нормали к пласту.

10. Для предотвращения динамических нагрузок на корпус посадочных крепей со стороны выработанного пространства при обрушении блоков, последний ряд крепи должен устанавливаться под передней частью последнего поддерживаемого блока.

II. При проектировании паспорта крепления необходимо предусматривать минимальное количество перестановок стоек в призабойном пространстве, т.к. при этом нарушается режим работы крепи и снижается общее ее сопротивление.

I2. Крепление призабойного пространства должно производится вслед за подвиганием выемочной машины.

I3. Посадка кровли (переноска посадочной крепи) может производиться только одним фронтом с подвиганием в одну сторону. Применение рассредоточенного способа посадки (разделение лавы на отдельные участки) с односторонним или встречным движением фронтов посадки на пластах с тяжелыми кровлями не допускается.

I4. В качестве верхнего строения крепи должны применяться металлические верхняки, устанавливаемые перпендикулярно линии забоя.

Установка рамок крепи вдоль линии забоя на пластах с тяжелыми кровлями недопустима.

Использование верхняков из дерева разрешается только в случаях больших взаимных проседаний блоков непосредственной кровли.

I5. Необходимость и полнота применения затяжки кровли должна определяться в каждом конкретном случае в зависимости от устойчивости нижних слоев кровли. При ложной кровле необходимо применение полной затяжки.

I6. На пластах с тяжелыми кровлями не допускается вдавливание крепи в почву пласта. При наличии слабых пород почвы применение специальных подставок под стойки с увеличенной площадью опоры обязательно.

Установка обычных стоек на слабую почву не допускается.

I7. При первых осадках основной кровли несущая способность крепи должна быть увеличена в I,5 - 2,0 раза против указанных в п.3 значений. Усиление крепи необходимо начинать при отходе лавы от разрезной печи на расстояние двухкратной мощности слоя основной кровли.

I8. В особо тяжелых условиях для предотвращения завалов лав при первых осадках основной кровли допускается оставление деревянной крепи в выработанном пространстве (стойки или костры) с одновременным усилением крепи в призабойном пространстве.

I9. Типоразмер крепи должен выбираться с учетом колебания мощности пласта $\pm$ 20% от средней и запаса податливости на разгрузку I00 мм.

РАЗДЕЛ Ш. ТРЕБОВАНИЯ ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ МЕХАНИЗИРОВАННЫХ КРЕПЕЙ

Шахтными, лабораторными и теоретическими исследованиями условий работы крепей на пластах с тяжелыми кровлями установлено, что серийно выпускаемые механизированные крепи не могут обеспечить надежную работу очистного забоя на таких пластах. Необходимо создать новые модели механизированных крепей, удовлетворяющих особым требованиям, вытекающим из закономерностей разрушения, перемещения и взаимодействия тяжелых кровель с крепью длинных очистных забоев.

Общие требования к механизированным крепям для пластов с тяжелыми кровлями такие же как и для обычных условий. Здесь приводятся указания только по особым требованиям.

I. Конструкция механизированной крепи должна быть гидрофицированной секционной поддерживающего или поддерживающе-оградительного типа. С целью обеспечения необходимого сопротивления по ширине рабочего пространства допускается конструирование крепи с разнотипными секциями.

2. Средние расчетные нагрузки $q_{ср.}$ на поддерживающую часть в зависимости от мощности обслуживаемых пластов должны приниматься следующими.

Мощность пласта, м	I,0-I,5	I,6-2,0	2,I-3,0	3,I-4,0
Средние удельные нагрузки, т/м^2	50	60	65	70

Расчетная нагрузка на оградительную часть не менее 35 т/м^2 нормально к ограждению.

3. Расчетные эпюры нагрузок на поддерживающую часть крепи должны приниматься двух видов: а) в виде трапеции со следующими величинами сторон:

на переднем конце – 0,6 $q_{ср}$, на заднем I,4 $q_{ср}$;
б) в виде двух прямоугольников: 2,0 $q_{ср}$ на длине I м от заднего конца и 0,5 $q_{ср}$ на остальной части перекрытия.
где $q_{ср}$ – средняя удельная нагрузка, т/м^2 (см. п.2).

На оградительную часть I,4 $q_{ср.}$ у верхнего края ограждение и 0,6 $q_{ср.}$ – у нижнего.

4. Величина начального распора гидростоек должна приниматься в пределах 60–70% от расчетного сопротивления.

5. Проходные каналы и отверстия в гидрозамках и клапанах должны быть расчитаны таким образом, чтобы обеспечить податливость стоек со скоростью до 300 мм/сек при величине перемещения до 20 мм.

6. Расчет узлов конструкции крепей должен производиться с учетом возможности внецентренного нагружения перекрытия. Величина смещения точки приложения нагрузки от оси перекрытия должна приниматься не менее I/3 ширины перекрытия у переднего конца. Общее количество опорных точек – 3.

7. При расчете крепей должно быть учтено влияние перемещений кровли в плоскости пласта в сторону забоя.

Мощность пласта, м	I,0	2,0	3,0
Смещение в плоскости пласта за цикл , мм	25	50	75

8. Стойки крепи должны иметь полную гидравлическую раздвижность. Применение винтов, насадок и т.п. допускается только при изменении типоразмеров крепи. Запас податливости на разгрузку должен быть не менее I00 мм. Для аварийной разгрузки гидростоек при полном исчерпании податливости должны быть предусмотрены специальные разгрузочные устройства.

9. Конструкция гидростоек должна обеспечивать их принудительное сокращение только за счет гидравлики. Недопустимы никакие другие способы сокращения длины стоек.

10. Все гидроопоры крепи должны быть оборудованы приборами контроля за давлением жидкости в рабочих полостях. В качестве приборов могут применяться манометры, указатели давления различного типа и т.п. Все приборы должны располагаться в легкодоступных и легкообозреваемых обслуживающим персоналом местах.

11. Конструкция крепей должна обеспечивать предохранение корпусов задних стоек от динамических нагрузок при обрушении кровли в выработанном пространстве. В качестве мер предохранения могут применяться удлинение задней консоли, использование грузонесущих ограждений, размещение стоек в прочных корпусах (типа тумб) и т.д. Угол наклона траектории смещения блоков со стороны выработанного пространства в расчетах принимать равным 65^{0} к плоскости основания.

Во всех случаях ограждения должны допускать удаление породной мелочи и угольного штыба из под крепи в выработанное пространство.

12. Схема передвижки секций должна обеспечивать быстрое и надежное закрепление вновь обнажаемой кровли. В крепи может быть предусмотрено несколько разных схем передвижки, использование которых определяется конкретными горногеологическими условиями.

13. Геометрические параметры крепи должны так сочетаться с параметрами другого оборудования в очистном забое, чтобы не допускалась более, чем однократная разгрузка и передвижка

всей крепи на шаг выемки узкозахватного комбайна.

В крепях предназначенных для работы со стругом основные грузонесущие секции крепи должны иметь такой же шаг передвижки, как и в комплексах с узкозахватным комбайном.

I4. Перекрытия крепей (поддерживающие части) должны предусматриваться жесткими.

I5. Консоль перекрытия может быть управляемой за счет применения гидродомкратов с индивидуальным предохранительным клапаном и управлением. Угол отклонения консоли не менее $I5^{0}$ вверх и $I0^{0}$ вниз.

Расчетные нагрузки на активно-управляемую консоль 20 т/м^2, начальный распор I0 т/м^2.

I6. Зазоры между перекрытиями не должны превышать 20 мм, т.к. крепи могут быть размещены на пластах с ложными кровлями.

I7. Механизированные крепи должны иметь простое и надежное устройство для выправки секций в случае их отклонения от нормали к пласту.

I8. В конструкциях крепи должна быть предусмотрена возможность как раздельного так и совместного управления гидростойками. Управление разгрузкой, передвижкой и распором секции должно быть дистанционным.

I9. В крепях, предназначенных для работы на пластах с тяжелыми кровлями должна быть предусмотрена возможность оперативного изменения сопротивления стоек от половины до полной несущей способности.

РАЗДЕЛ IУ. ТРЕБОВАНИЯ ПО ЭКСПЛОАТАЦИИ МЕХАНИЗИРОВАННЫХ КРЕПЕЙ

На эффективную работу механизированных крепей в очистном забое существенное влияние оказывают не только расчетные параметры крепей и горно-геологические условия пластов, но и соблюдение определенных технических требований в процессе их эксплоатации.

Для правильного выбора условий необходимо иметь полные горно-геологические данные об участке применения. Каждая крепь должна проверяться по своим расчетным параметрам применительно к этим данным. Решение о возможности применения той или иной новой крепи или известной крепи в новых условиях должно выноситься комиссией специалистов с привлечением работников институтов, занимающихся этими вопросами.

2. При выборе механизированной крепи для размещения на пластах с тяжелыми кровлями необходимо минимальную вынимаемую мощность пласта увеличить на 20% против указанной в паспорте крепи.

3. Перед монтажем крепи должны быть произведены работы по дополнительной разведке участка; в результате которых необходимо установить следующие величины и факты:

изменения мощности пласта, подробное строение кровли, прочностные свойства пород кровли и почвы, наличие нарушений, водообильность, гипсометрия почвы пласта, наличие, количество и относительную прочность прослойков в пласте.

4. На каждую механизированную крепь на участке должен быть заведен специальный журнал по эксплоатации, в котором отмечаются общее состояние крепи, поломки, их причины, подвигание забоя, величины нагрузок и другие необходимые данные. За ведение журнала должно отвечать одно лицо.

В графике работы очистного забоя должно быть предусмотрено время для осмотра и текущего ремонта механизированной крепи.

При обнаружении неисправностей секций крепи они должны быть устранены. Не допускается эксплоатация крепи с неисправными секциями.

5. На пластах с тяжелыми кровлями все секции крепи должны оснащаться контрольными приборами, для определения фактической реакции гидростоек и их исправности. В качестве приборов могут применяться манометры или другие специальные указатели давления.

Контроль за состоянием крепи должен осуществляться ежесуточно.

Эксплоатация механизированных крепей на пластах с тяжелыми кровлями, не оснащенных измерительными приборами не допускается.

6. Особое внимание должно уделяться работе предохранительных клапанов гидростоек. Клапаны должны проверяться на специальном стенде не реже одного раза в квартал. Для этой цели на каждой шахте, где применяются механизированные крепи, должна быть оборудована испытательная станция.

7. При установке крепи в новое положение величина начального распора должна соответствовать предусмотренный в паспорте крепи. Неполный распор секций допускается только в случаях, когда существует угроза поломок элементов крепи или неправильной установки секции.

8. В случае образования пустот над крепью в результате вывалов породы установка крепи под них не допускается.

Пустоты должны быть заполнены. Не допускается также установка секций в положение, когда передняя консоль перекрытия не контактирует с кровлей. Помимо ухудшения условий поддержания кровли такая установка может вызывать задержки в работе выемочной машины.

Перед установкой крепи в новом положении почва пласта должна быть зачищена от породной и угольной мелочи.

9. Не допускается более чем однократная разгрузка и передвижка крепи на шаг, предусмотренный в паспорте крепи. Многократная разгрузка и передвижка секций крепи вызывает резкое ухудшение состояния кровли, приводит к повышенным ее опусканиям и дополнительному разрушению.

Передвижка с подпором кровли должна производиться при наличии слабых и ложных кровель. В остальных случаях передвижка крепи может осуществляться без подпора, но с обеспечением контакта с кровлей.

IO. Отклонение секций крепи от нормали к пласту не допускается более, чем на $\pm$ IO^{o}. В случаях превышения указанной величины работы по добыче угля должны быть остановлены и секции выправлены.

Выправка секций должна производиться с помощью специальных устройств (гидродомкраты, лебедки и т.д.). Не допускается использование для этой цели тяговых органов выемочных машин.

II. В случаях, когда, вследствие повышения нагрузок, возникает угроза зажатия стоек секций нажестко, необходимо в оперативном порядке увеличить сопротивление крепи. При применении крепей, в которых возможно повышение сопротивления за

счет поднятия порога срабатывания клапана, должна быть использована эта мера. Если это невозможно, следует использовать гидравлические индивидуальные стойки.

12. Взрывные работы в зоне расположения механизированной крепи допускаются только с разрешения главного инженера шахты с обеспечением надежной защиты крепи и ее коммуникации от возможного повреждения.

13. Для предохранения крепи от повреждений в период первых осадок кровли следует применять специальные меры по их смягчению: усиление механизированной крепи за счет увеличения сопротивления гидростоек и установки дополнительных гидростоек индивидуальной крепи, принудительное обрушение непосредственной кровли, передовое торпедирование по методу КНИУИ и т.д.

14. В случаях комплектования оборудования очистного забоя из машин, не принадлежащих к одному комплексу должна строго соблюдаться компоновка их по размерам, с целью не допустить нарушения режима работы крепи.

ОБОСНОВАНИЕ УКАЗАНИЙ ПО ОСОБЫМ ТРЕБОВАНИЯМ К КРЕПЯМ НА ПЛАСТАХ С ТЯЖЕЛЫМИ КРОВЛЯМИ

РАЗДЕЛ I. УПРАВЛЯЕМОСТЬ КРОВЕЛЬ ПОЛОГИХ УГОЛЬНЫХ ПЛАСТОВ

В горно-технической литературе в настоящее время широко употребляются различные термины по управлению кровлей. Однако на практике они часто принимают различное толкование в зависимости от местных условий отработки пласта. Поэтому целесообразно, прежде чем перейти к рассмотрению вопросов управления кровлей, остановиться на значении применяемых терминов.

О б р у ш а е м о с т ь к р о в е л ь – наиболее широко применяемый термин, характеризующий склонность пород непосредственной кровли к обрушению. Известны несколько классификаций кровель по обрушаемости, среди которых наиболее широко известны классификации б.ВУГИ / I / и классификация ВНИМИ / 2 /. Причем первая из них склонность пород к обрушению увязывает со способами управления ею, т.е. с управляемостью. Вторая классификация основана только на обрушаемости. Обе они являются весьма полезными и позволяют по строению кровель, прочности слагающих их пород, нарушенности месторождения и другим факторам предсказывать основные закономерности проявлений горного давления. Следует, однако, указать, что широкое внедрение металлических переносных и передвижных крепей в последние годы и исследования ряда институтов / 3, 4, 5 / позволили отойти от рекомендаций б.ВУГИ по способам управления кровлей. Многие пласты, строение кровли которых согласно классификации

б. ВУГИ указывало на необходимость применения закладки, в настоящее время успешно отрабатываются с применением способа полного обрушения. Развитие технических средств управления кровлей требует также совершенствования существующих классификаций.

Исследования последних лет указывают на то, что обрушаемость кровель сама по себе еще не определяет способов управления кровлей и крепления призабойного пространства.

У с т о й ч и в о с т ь к р о в л и следует понимать только как устойчивость самых нижних слоев кровли. Этот термин неприменим к характеристике обрушаемости кровель, как это иногда имеет место на практике и в литературе.

Устойчивость кровли характеризует свойство нижних слоев кровли не обрушаться без закрепления. Характеристиками устойчивости кровли являются площадь ее обнажения и время, в течении которого она способна не обрушаться. Устойчивость нижних слоев кровли оказывает существенное влияние на успешную отработку пласта, на выбор типа и конструкции крепи и даже на способ управления кровлей.

По устойчивости кровель разработана классификация ВНИМИ / 2 / применительно к наиболее типовым технологическим схемам выемки угля в длинных очистных забоях.

Совершенствование способов выемки и средств крепления требует разработки более совершенных количественных показателей устойчивости кровли.

У п р а в л я е м о с т ь к р о в л и характеризует свойство кровель подвергаться воздействию комплекса применяемых мероприятий по управлению и креплению. На это свойство оказывают влияние целый ряд факторов, среди которых доминирующее

место занимают обрушаемость и устойчивость кровель, а также характер разрушения и перемещения пород над призабойным и выработанным пространствами.

Комплекс мероприятий, необходимый для поддержания кровли очистного забоя в состоянии, обеспечивающем безопасность труда и нормальную работу машин и механизмов определяет степень управляемости кровли. Известно, что в зависимости от конкретных условий отработки пласта комплекс мероприятий включает в себя большее или меньшее количество мер даже при одном и том же классе пород по обрушаемости.

Не рассматривая здесь всех факторов, оказывающих влияние на обрушаемость и управляемость кровли, т.к. это не является задачей настоящей работы, нам представляется полезным и необходимым увязать существующие представления об обрушаемости кровель с их управляемостью, что позволит более конкретно и обоснованно подойти к выбору способов управления и крепления кровель и нормированию труда в очистных забоях.

Термин "управляемость" кровель уже получил широкое применение, однако толкование его весьма различно.

Исходя из принятого определения, все кровли пологих пластов по степени их управляемости можно разделить на три типа.

I. Легкоуправляемые кровли. К ним следует отнести легкообрушающиеся мелкокусковатые кровли без влияния вторичных осадок основной кровли, без наличия неустойчивых слоев (ложных кровель), сложенные породами средней прочности. Управление - способ полного обрушения, без применения специальной крепи. Плотность призабойной индивидуальной

крепи до I,0 ст/м^2. Применимы все типы механизированных крепей. К легкоуправляемым кровлям относится часть легкообрушающихся кровель класса I А по классификации ВНИМИ.

II. Нормальноуправляемые кровли. включают в себя легкообрушающиеся кровли без влияния или с незначительным влиянием вторичных осадок, мелко и среднекусковатые, сложенные породами средней прочности, устойчивые и средней устойчивости. Управление кровлей-полное обрушение с применением специальной однорядной крепи и плотностью призабойной I,0 - - 2,0 ст/м^2. Применимы все типы механизированных крепей.

Сюда же относятся кровли, обрушение которых происходит в виде плавного опускания. Классы по обрушаемости ВНИМИ - IA, часть IB, часть ПД.

III. Трvдноуправляемые кровли. К ним относятся кровли, поддержание которых требует применения специальных мер усиления крепи или специальных способов управления. Этот тип можно разделить на три подтипа.

IIIа. Легкообрушающиеся с резкими проявлениями осадок основной кровли средне и крупнокусковатые, с неустойчивыми нижними слоями, требующими применения I00% затяжки кровли, усиленной призабойной и посадочной крепи (плотность призабойной крепи до 3,5 - 4,0 ст/м^2). Способ управления - полное обрушение, частичная или полная закладка.
Применимы механизированные крепи поддерживающего и поддерживающе-оградительного типа с надежной защитой призабойного пространства. Класс по обрушаемости I В.

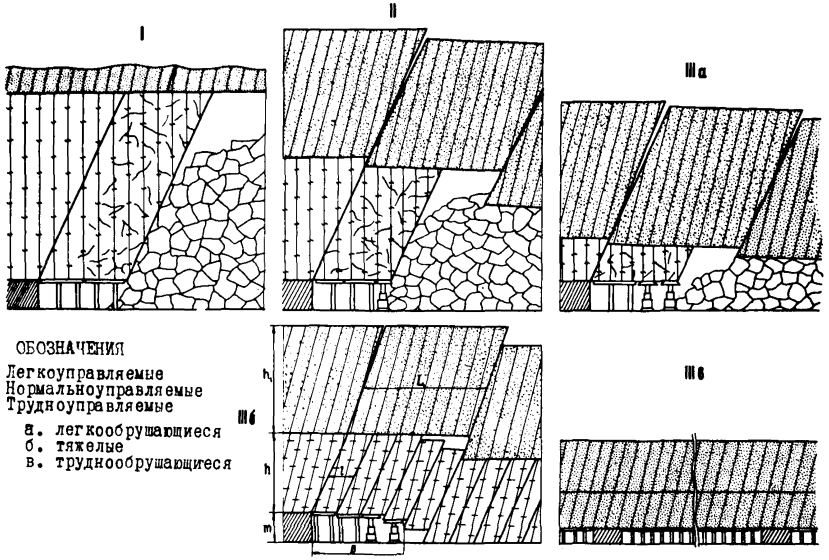
IIIб. Тяжелые кровли - средней прочности и прочные, разрушающиеся на крупные блоки, без зависания и с зависанием в выра-

ботанном пространстве, с влиянием осадок основной кровли. Эти кровли требуют усиления призабойной и посадочной крепи (применение многорядной органки, кустов из стоек, тумб). Способ управления-полное обрушение, частичная или полная закладка. Плотность крепи до 4 ст/м^2. Применимы механизированные крепи поддерживающе-оградительного типа. Класс по обрушаемости ВНИМИ - П СД.

Шв. Труднообрушающиеся кровли - прочные, образующие большие консоли, превышающие ширину призабойного пространства, обрушающиеся на больших площадях. Способы управления - принудительное обрушение, обрушение на угольные "ножи", закладка, удержание на целиках и др. Классификацией ВНИМИ не выделены.

Особую группу представляют кровли сложенные весьма слабыми породами (глины, пески и т.д.), поддержание которых представляет большие трудности, т.к. требуется полная изоляция подкрепного пространства. Обычно применяют 100% затяжку кровли, большую плотность крепи (до 4 ст/м^2). Применимы крепи оградительно-поддерживающего и оградительного типа. Класс по обрушаемости. IA.

Разделение кровель пологих угольных пластов по управляемости на типы и подтипы показало, что обрушаемость сама по себе не определяет выбора способов и средств управления кровлей. Необходимо учитывать еще целый ряд факторов - характер разрушения, устойчивость, влияние осадок основной кровли и т.д. На рис.I приведена схема разделения кровель по управляемости и даны типовые схемы взаимодействия крепи и кровли для каждого подтипа.



ОБОЗНАЧЕНИЯ

I. Легкоуправляемые
II. Нормальноуправляемые
III. Трудноуправляемые
  а. легкообрушающиеся
  б. тяжелые
  в. труднообрушающиеся

Рис. I

На характер взаимодействия крепи и кровли влияет целый ряд других факторов, однако это влияние менее значительно и сами факторы более изменчивы, поэтому полный учет их влияния может быть произведен при конкретном рассмотрении каждого подтипа в отдельности. Учет же их в типизации значительно усложнил бы ее и затруднил практическое использование.

Поскольку в задачу настоящей работы входит обоснование особых требований к крепям на пластах с тяжелыми кровлями, то рассмотрение влияния указанных факторов будет произведено применительно только к тяжелым кровлям. Сами же тяжелые кровли являются, как показано выше, только частью типа трудноуправляемых кровель, поэтому распространение результатов работы на другие подтипы будет не всегда правомерно.

Типизация приведена в этой работе с целью более четкого разделения условий поддержания кровли в зависимости от основных факторов и определения основных понятий. В заключение раздела следует указать еще раз на то, что понятия трудноуправляемые, тяжелые и труднообрушаемые кровли не являются синонимами.

Все дальнейшие рассуждения, выводы и указания относятся к тяжелым кровлям.

РАЗДЕЛ II. ТЯЖЕЛЫЕ КРОВЛИ

Тяжелые кровли являются одними из наиболее трудноуправляемых. Основной особенностью их является периодическое, а иногда и апериодическое, значительное увеличение нагрузок, причем нарастание нагрузок происходит иногда быстро, в короткие промежутки времени. Причинами этого являются периодическое разрушение слоев непосредственной и основной кровель, а также частичная или полная утрата собственной несущей способности, возникающей в системе элементов разрушенной кровли.

На случаи тяжелых условий управления кровлей на ряде пластов указывалось ранее / 4, 5 /, однако детальные исследования закономерностей проявлений горного давления на таких пластах были проведены ВНИМИ в последние годы / 6, 7, 8, 9, IO, II, I2, I3, I4 /, что позволило определить горно-геологические условия залегания пластов с тяжелыми кровлями и установить основные закономерности их разрушения и перемещения. Анализ наблюдений ВНИМИ и других институтов показал, что трудноуправляемые тяжелые кровли имеют место на пластах со следующими горногеологическими условиями.

I. Залегание в непосредственной кровле мощных и монолитных слоев сравнительно прочных пород ($\sigma_{сж}$ = 250 - 800кг/см^2).

2. Наличие в основной кровле мощных и монолитных слоев прочных пород ($\sigma_{сж}$ = 600 - I500 кг/см^2).

Естественно, что далеко не во всех случаях с указанными условиями проявления горного давления будут тяжелыми. Это зависит от некоторых основных факторов: прочности пород, прочности пласта, глубины его залегания, соотношения мощностей пласта и непосредственной кровли и т.д.

В зависимости от соотношения между мощностью разрушающегося слоя непосредственной кровли и мощностью пласта в настоящее время нами в подтипе тяжелых кровель выделяется четыре основных группы пластов, рис. 2.

Коэффициент соотношения мощностей слоя кровли h и пласта $K=\frac{h}{m}$ является приближенным количественным определителем групп.

I. Для группы I при $K \leqslant 2$ свойственно выпадение блоков непосредственной кровли сразу за крепью. Основная кровля оказывает влияние на работу крепи путем передачи дополнительных нагрузок и перемещений через блоки непосредственной кровли.

II. Вторая группа, наблюдающаяся при $2 < K < 5$, характеризуется значительными ступенчатыми зависаниями системы блоков с периодическими резкими проседаниями, сопровождающимися увеличением нагрузок на крепь. Влияние осадок основной кровли здесь также имеет большое значение.

III. К третьей группе отнесены пласты, на которых $K > 5$. Этим пластам свойственно зависание без относительного проскальзывания блоков. Осадки основной кровли на работу призабойной крепи здесь оказывают меньшее влияние.

IУ. К четвертой группе относятся пласты, непосредственная кровля которых представлена прочными породами (типа песчаников и известняков), обрушающаяся в виде блоков, длина которых превышает ширину призабойного пространства.

Схема взаимодействия крепи и кровли при применении закладки здесь не приводится, т.к. условия работы крепи в этом случае значительно облегчаются. Использование же способа управления кровлей закладкой может быть вызвано несколькими

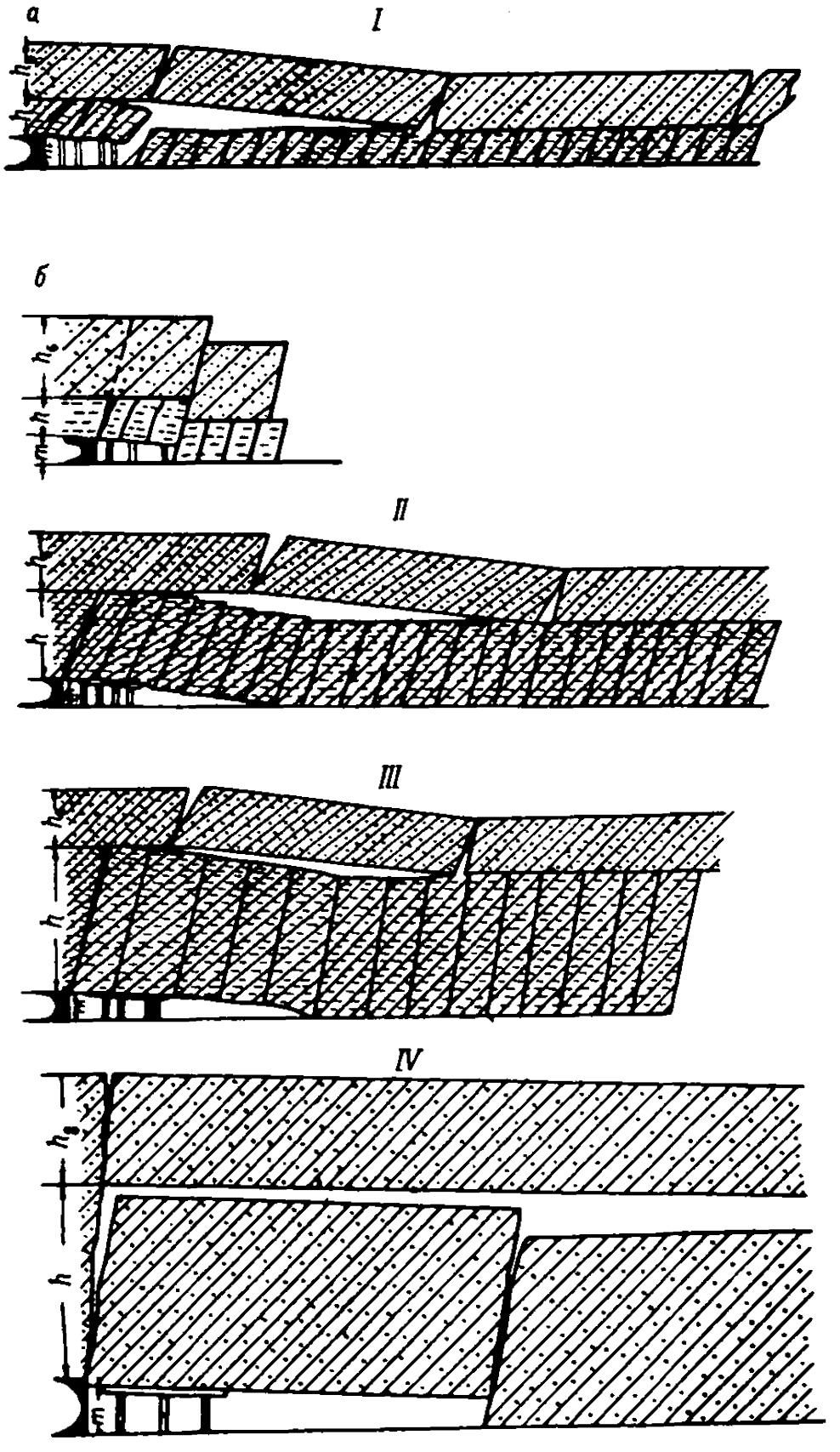


Рис. 2

причинами, основными из которых являются: весьма тяжелые условия нагружения крепей, наличие ложной кровли большой мощности, наличие весьма слабой почвы, отсутствие на шахте крепей достаточной несущей способности, необходимость охраны поверхности и др. Поэтому вопрос о целесообразности применения закладки следует рассматривать в каждом конкретном случае.

Границы блоков четко наблюдаются на пластах, сложенных более прочными углями. При слабых углях, почвах, при выемке угля с помощью ВВ или при наличии ложной кровли границы между блоками (наклонные трещины) часто затушевываются.

Основными особенностями взаимодействия элементов кровли между собой и с крепью, присущими таким пластам, являются:

I. Разрушение пород значительной мощности наклонными трещинами, проходящими вдоль линии забоя лавы, иногда с опережением ее. Размеры образующихся блоков определяются по высоте мощностью непосредственной кровли.

Углы наклона трещин, а следовательно и граней блока, колеблются в пределах $50–70^{\circ}$, но в среднем составляют $65–67^{\circ}$.

Наличие наклонных трещин, перерезывающих всю непосредственную кровлю у груди забоя способствует возникновению значительных нагрузок на крепь вблизи забоя.

2. Вследствие наклонной формы блоков над призабойным и выработанным пространствами в их системе могут возникать силы распора за счет собственного веса и момента сил, а также пригрузки со стороны вышележащих слоев. Это приводит, в определенных условиях, к зависаниям части блоков в выработанном пространстве. Образуется арочная система из блоков, опорами которой служат частично грудь забоя, крепь лавы и обрушенные

породы (блоки) в выработанном пространстве.

3. Движение блоков непосредственной кровли происходит в виде небольшого разворота в сторону выработанного пространства с одновременным выскальзыванием по наклонным поверхностям трещин. Вследствие этого на контуре кровли в лавах возникают "ступени", а контур кровли смещается относительно почвы в сторону забоя.

4. Разрушение основной кровли на малых глубинах и при прочных породах происходит на сравнительно длинные блоки, а при более слабых породах могут наблюдаться и более короткие блоки, формой напоминающие блоки непосредственной кровли.

Влияние осадок основной кровли зависит как от длины блоков, образующихся в ней, так и от мощности непосредственной. Управление кровлей во всех указанных случаях может значительно осложняться наличием слоя ложной, неустойчивой кровли, слабой почвой и др. факторами, конкретное влияние которых рассмотрено в разделе УI настоящей работы.

Для определения действующих нагрузок в тех или иных условиях необходимо знать параметры разрушения основной и непосредственной кровель. Эти параметры могут быть взяты из результатов наблюдений в шахте или определены расчетом.

РАЗДЕЛ III. ПАРАМЕТРЫ РАЗРУШЕНИЯ КРОВЛИ

А. Разрушение непосредственной кровли

Систематическое возникновение наклонных трещин /9/ и сравнительно малые расстояния между ними указывают на то, что причинами разрушения могут быть касательные напряжения /2/. Принимая срез как основную причину разрушения мощных слоев непосредственной кровли, можно подойти к приближенному определению длины блока по простиранию.

Известно, что угольный пласт вблизи очистной выработки испытывает повышенные напряжения, которые могут вызвать разрушение краевой части пласта, после чего напряжения в этой части резко снижаются.

Натурные и теоретические исследования ряда институтов показывают, что напряжения над краевой частью пласта зависят от механических свойств пласта, его мощности и ряда других факторов.

Не рассматривая здесь всех решений и видов эпюр, укажем, что над краевой частью пласта изменение величин напряжений описываются в большинстве случаев в виде кривых.

В работе (I5) для этой цели приводится следующая формула.

$$\sigma_{ур} = N_0 e^{\frac{2fx}{\xi m}} \qquad (III.I)$$

где $\sigma_{ур}$ – нормальное напряжение в краевой части пласта, кг/см^2,

x – расстояние вглубь угля массива от его кромки, см,

N_0 – несущая способность угольного пласта на кромке забоя, кг/см^2,

e – основание натуральных логарифмов,

$f = tg\varphi$ (φ – угол внутреннего трения),

m – мощность пласта, см,

$\xi = \frac{\mu}{1-\mu}$ – коэффициент бокового давления.

На рис. 3 приведена схема распределения напряжений для случая разрушения пласта ($\sigma_{ур}$) и для случая, когда глубина работ невелика и пласт не разрушен ($\sigma_у$ на участке АВ).

$$\sigma_у = \gamma H(1 - Ke^{-\frac{x}{\lambda}}) \qquad (III.2)$$

где H – глубина работ, м,

K – коэффициент концентрации напряжений,

λ – половина длины консоли подработанных пород, м.

Допущения, сделанные автором работы (I5), позволяют ему использовать решение для приближенного описания кривой напряжений с достаточной для практики точностью. Это дает возможность предполагать, что перед выемкой нового цикла закон распределения напряжений в краевой части пласта допустимо описывать уравнениями (III.I).

По мере подвигания выемочной машины вдоль лавы изменение эпюры напряжений будет начинаться несколько впереди машины. Однако резкое перераспределение напряжений произойдет после выемки очередной ленты угля. Поэтому можно принять допущение, что эпюра напряжений после ее стабилизации остается неизменной до момента выемки нового цикла. Иными словами, принимается допущение о мгновенном переносе забоя в новое положение на величину b (рис.3). В новом положении на кромке пласта будут действовать напряжения $\sigma_{ур} = 0,4$

В первый момент образования консоли непосредственной

кровли сила, соответствующая эпюре напряжений OO_1d_1c или OO_1dB, будет приложена к самой консоли. Поэтому мы рассматриваем состояние консоли длиной b, нагруженной в пеpвый момент силой $Q=\int_0^b \sigma dx$. Для определения величины этой силы достаточно проинтегрировать уравнение (III.I) и (III.2) в пределах от 0 до b. В результате мы получим выражения

$$Q_1=N_0\frac{m\xi}{2f}\left(e^{\frac{2fb}{m\xi}}-1\right) \qquad (III.3)$$

и

$$Q=\gamma H\left[b+\frac{K}{\lambda}\left(1-e^{-\frac{b}{\lambda}}\right)\right] \qquad (III.4)$$

где b – глубина захвата выемочной машины, м.

Результаты расчетов и наблюдений показывают, что в подавляющем большинстве случаев ширина захвата современной выемочной машины не превышает величины зоны отжима. Поэтому определение величины срезывающей силы производим из выражения (III.I). Средние величины напряжений составят

$$\tau_{cp}=\frac{N_0\frac{m\xi}{2f}\left(e^{\frac{2fb}{m\xi}}-1\right)\sin\alpha}{h} \qquad (III.5)$$

где α – угол наклона трещины среза град.

Уравнение (III.5) составлено для глубины захвата выемочной машины „b". Однако условия разрушения кровли при этом могут не наступить. Поэтому нужно определить величину шага выемки, при которой образуется блок длиной l. В выражение (III.5) вместо глубины захвата введем "l" и определим ее величину

$$l=\frac{m\xi}{2f}\ln\left(\frac{2fh/\tau_{cp}/}{N_0 m\xi\sin\alpha}+1\right) \qquad (III.6)$$

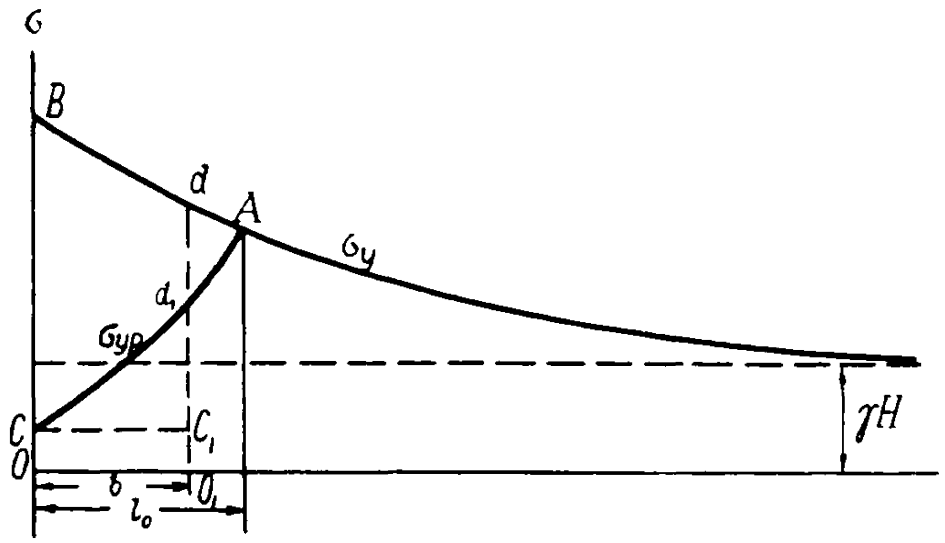


Рис. 3

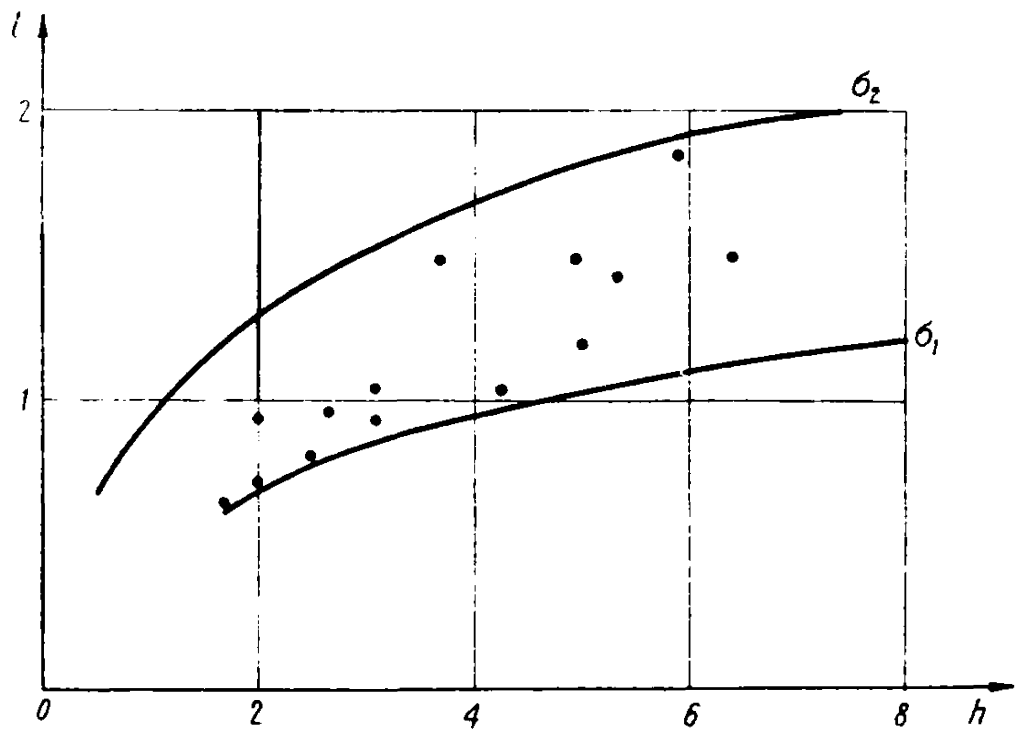


Рис. 4

Срез блока непосредственной кровли произойдет при условии $\tau_{ср} \geq \tau_{ср}$

где $/\tau_{ср}/$ - сопротивление породы срезу, кг/см^2. В случае, когда величина $/\ \tau_{ср}\ /$ не определена, ее можно принимать из условия $/\ \tau_{ср}\ / = \frac{1}{13}\sigma_{сж}$. Для ориентировочного подсчета принят диапазон прочностей пород на сжатие 300--1000 кг/см^2.

По данным расчета построена зависимость, рис.4, шага образования трещин давления от мощности слоя пород при прочности σ_1 = 300 кг/см^2 и σ_2 = 1000 кг/см^2. Из рисунка видно, что интенсивный рост шага образования трещин с увеличением мощности слоя имеет место только в пределах мощностей до 2,5 м, после чего рост резко замедляется. Очевидно, при определенных условиях он прекратится совсем, то-есть слои мощностью 6-10 м будут давать практически одинаковые длины блоков по простиранию.

Результаты натурных наблюдений, приведенные в таблице 1, показывают, что действительно шаг разрушения слоев непосредственной кровли колеблется в узких пределах, несмотря на значительное различие в горногеологических условиях.

Точками на рис.4 показаны результаты фактических замеров, проведенных в разное время ВНИМИ (6, 8, 9). В литературе имеется большое количество данных о размерах образующихся блоков, но, к сожалению, они, как правило, не полны, особенно в части прочности пород, их мощности, прочностной характеристики угля и т.д.

При применении выемочных машин с захватом, превышающим расчетную длину блоков или равном ей, последняя фактически

будет близка к глубине вруба. При захвате машины меньшем, чем расчетная величина длины блока, последняя будет кратна шагу выемки. Этим объясняется разброс фактических данных. При выемке пласта с помощью стругов (ширина захвата 0,05--0,I м) длина блоков изменялась в пределах 0,8-I,2 м. Эти величины более близко отражают расчетные данные.

Хорошее совпадение расчетных и фактических параметров разрушения слоя пород непосредственной кровли позволяет, несмотря на принятые допущения, рекомендовать описанный способ для определения размеров блоков по простиранию пласта и для выбора соответствующей глубины захвата выемочной машины, что имеет весьма большое значение для построения паспортов крепления.

Б. Разрушение основной кровли

Влияние осадок основной кровли на состояние призабойного пространства и нагружение крепи при тяжелых кровлях весьма велико. Для оценки этого влияния помимо прочих факторов необходимо знать величину шага обрушения основной кровли. Эта величина чаще всего определяется на практике по периодам повышенных нагрузок и перемещений. Однако такой метод требует продолжительных и тщательных наблюдений в очистном забое.

Существующие методы определения шага осадки основной кровли / I7, I8 / в ряде случаев дают близкие к натурным величины. Однако исследования ВНИМИ / II / и других авторов / I6 / показывают, что во многих случаях шаг осадки основной кровли оказывается значительно меньше, чем определенный на основе работ / I7, I8 /.

Таблица I

Наименование шахт	Индекс пласта и его мощность, м	Номер лавы	Глубина разработки, м.	Непосредственная кровля		Основная кровля		Ширина захвата, м	Длина блоков по простиранию, м
				состав и мощность, м	прочность кг/см^2	состав и мощность, м	прочность кг/см^2		
Абашевская - I	I4 (I,4)	30	I50	алевролит 3,6	600	песчаник 7,0	I000	I,45	I,2-I,5
	I4 (I,3)	32	I30	алевролит 5,0	600	песчаник 7,0	I000	I,50	I,3-I,5
	I4 (I,35)	29	I30	алевролит 5,6	600	песчаник 7,0	I000	I,60	I,6
Абашевская -2	26а(2,2)	II	I50	алевролит 9,0	350	песчаник	-	0,9(ВВ)	0,5-I,0
№ I7-I7 бис	$К_5^Н$ (I,0)	I-я западная	300	песчано--глинистый сланец 3-4	900	песчаник	-	0,05-0,I	0,8-I,2
Мушкетовская Вертикальная	h_7(I,0)	2-я восточная	360	сланец 2,0	225	песчанистый сланец, I5 м	-	0,05	0,8-I,0
Чертинская-I	5 (2,0)	95	250	алевролит 4,5	350	песчаник 7,0	650	0,60	I,I-I,3
Березовская-I	ХХУП (I,8)	I2	I70	песчаник 5,0	I000	песчаник 6,0	-	0,63	I,3

На параметры разрушения основной кровли оказывают влияние многие факторы. К важнейшим из них относятся: величина пригрузки на консоль кровли со стороны вышележащих пород; прочность пород слоя и его строение; глубина работ; вид разрушения; положение слоя основной кровли относительно пласта и др.

Пригрузка q_1 оказывает решающее влияние на величину шага осадки основной кровли. Однако обоснованных рекомендаций по определению ее величины в литературе весьма мало. В работе /I7/ ее рекомендуется принимать в пределах

$q_1 = (0 - 10)\gamma$ где γ - объемный вес пород, т/м^3.

Очевидно, что установить ее величину в натурных условиях практически невозможно.

С.Т.Кузнецов /2I/, анализируя вопрос о внешнем пригружении слоев кровли, показал, что за внешнюю пригрузку можно принимать часть эпюры напряжений на данный слой, оставшуюся после первичных расслоений массива пород в результате проведения выработки.

Однако теоретических решений по определению вида этой эпюры пока нет. Исследования Г.Н.Кузнецова и др. /I9/ на моделях из эквивалентных материалов позволили в первом приближении определить основные параметры такой эпюры на значительном удалении от пласта для комплекса пород, отражающих реальные условия залегания угольных пластов. На рис.5, построенном на основании работы /I9/, показано положение линий, соединяющих характерные точки кривой опорного давления на разном удалении от пласта. Линия ОА указывает на смещение точки кривой, в которой величина опорного давления равна весу пород $\sigma_1 = \gamma H_1$. Линия ОВ является следом плос-

кости обрушения пород при наименьшем ее наклоне. Одновременно она соответствует линии, соединяющей забой лавы с началом зоны полной подработки на поверхности. В работе /I9/ указывается, что величина пригрузки на слои кровли вдоль этой линии составляет около $0{,}2\ \gamma\ H_i$.

Очевидно, что параметры этих линий и величин пригрузки на консоли кровли зависят от строения пород и их прочностных свойств, нарушенности месторождения и др. факторов.

Из рис. 5 видно, что части слоев, расположенные между линиями ОА и ОВ, нагружены силами, меньшими веса вышележащих пород.

Наблюдения в шахте /9/ показывают, что угол наклона трещин в кровле колеблется в пределах $50\text{-}80^0$. Данные исследований на моделях подтверждают это /I9/.

Величины углов наклона трещин соответствуют углам наклона линии ОА и ОВ на рис.5 ($\psi_з$ и $\psi_з'$) соответственно. Принимая угол $\psi_з$ за средний минимальный угол наклона трещин, а угол $\psi_з'$ - за средний максимальный, можно определить величины пригрузки на слой на границах образующихся блоков, которые соответственно будут равны $K_i\gamma H_i$ и γH_i , где K_i - коэффициент, учитывающий степень разгрузки над выработанным пространством.

В действительности трещины разрушения кровли не являются прямолинейными, а часто имеют ступеньки на границах слоев, что определяется прочностными данными пород и строением кровли.

Рассмотрим условия нагружения консоли слоя мощностью

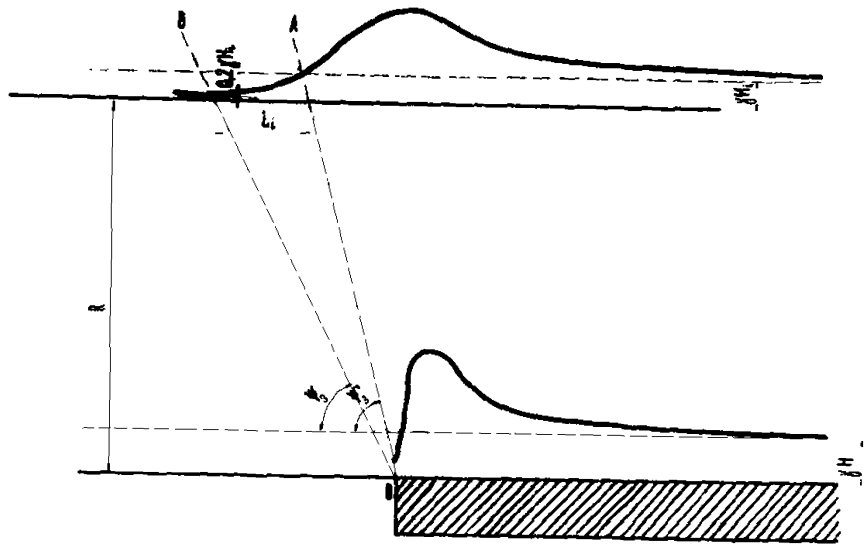


Рис. 5

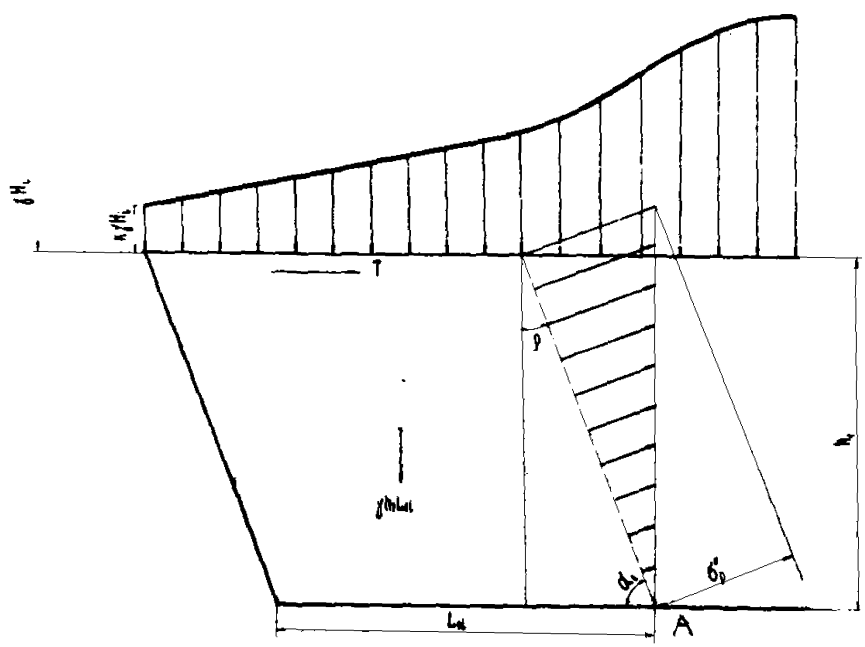


Рис. 6

h_i и длиной L_i', заключенной между линиями ОА и ОВ на расстоянии от пласта $H - H_i = R$

где H – глубина залегания пласта, м.;

H_i – глубина залегания рассматриваемого слоя, м.

Пригрузка со стороны вышележащих пород будет распределяться вдоль консоли по неизвестной нам кривой со следующими крайними значениями:

при $L_i = L_1$, $q_i = K\gamma H_i$; при $L_i = 0$ $q_i = \gamma H_i$

L_i – абсцисса рассматриваемой точки.

В общем случае кривая изменения величины пригрузки на консоль может быть выражена параболой n-ой степени, однако анализ графиков изменения опорного давления показывает, что с достаточной для практики точностью закон изменения q_i над подработанной консолью можно принять линейным. На рис. 6 приведена расчетная схема нагружения консоли основной кровли. При этом принимается условие, что предыдущий блок после облома не передает пригрузки на вновь образующийся.

Момент сил, действующий относительно точки А и вызывающий разрушение слоя основной кровли с учетом собственного веса, составит

$$M_c = \frac{1}{6}\left\{\left[H(1+2k)+3h_1\right]\gamma L_{1i}^2 + 3\gamma h_1 L_{1i} \operatorname{tg}\rho\left[H(1+k)+h_1\right]\right\} \qquad (III.7)$$

где h_1 – мощность разрушающегося слоя.

Момент сопротивления разрушению возникает от сил сопротивления разрушению, сил трения и сил сцепления по контакту.

Тогда $Mcc = Mcp + Mct + Mcц$ (III.8)

где Mcc – суммарный момент сил сопротивления разрушению,

$M_{ср}$ – момент сил сопротивления материала слоя разрушению,

$M_{ст}$ – момент сил трения,

$M_{сц}$ – момент от сил сцепления.

При разрушении слоя пород весьма важно знать непосредственную причину разрушения. Рассматривая этот вопрос, Фисенко Г.Л. /20/ и Кузнецов С.Т. /21/ пришли к выводу, что при нагружении сравнительно короткой консоли породы разрушение наступает от скола. Непосредственной же причиной развития трещины служат растягивающие напряжения, возникающие по наклонной поверхности разрушения от приложения внешних сил нагружения.

В соответствии с этим момент сил сопротивления разрушению слоя кровли от растягивающих напряжений Кузнецов С.Т./21/ предлагает записывать в виде

$$M_{ср} = \frac{h_1^2 \sigma_\rho^{'}}{3\cos^2\rho} \qquad (\text{III. } 9)$$

где $\sigma_\rho^{'}$ – предельное сопротивление породы разрыву в направлении напластования, $т/м^2$,

$\rho = 90^0 - \alpha_1$ – угол трения по верхнему контакту рассматриваемого слоя, град.,

α_1 – угол наклона трещин к горизонту, град.

Углу ρ здесь придается особое значение, т.к. Кузнецов С.Т. в работе /21/ показал, что угол отклонения от вертикали трещины давления в слое породы равен величине угла трения по верхнему контакту слоя. Это принципиальное положение позволяет значительно упростить решение задачи и объясняет причину возникновения наклонных трещин.

Момент сопротивления от сил трения составит

$$M_{ст} = \frac{1}{2}\gamma H_i L_н^2 (1+K) \operatorname{tg}\rho \qquad (\text{III.10})$$

Момент от сил сцепления $M_{сц} = C_к L_н h_i$ (III.11)

Общий момент сопротивления разрушению слоя основной кровли с учетом (III.8) составит

$$M_{сс} = \frac{2h_i^2 \sigma_p'' + h_i L_н \left[3\gamma H_i (1+K)\cos\rho \cdot \sin\rho + 6C_к \cos^2\rho\right]}{6\cos^2\rho} \qquad (\text{III.12})$$

Очевидно, что разрушение наступит при равенстве моментов внешних сил и сил сопротивления

$$Mсс = Mс$$

Приравнивая соответствующие значения этих моментов и производя несложные преобразования, получим исходное уравнение для определения предельной величины консоли основной кровли

$$\gamma L_н^2 \left[H_i (1+2k+3h_i)\right]\cos^2\rho + h_i L_н \left[3\gamma h_i \cos\rho \cdot \sin\rho - 6C_к \cos^2\rho\right] - 2h_i^2 \sigma_p = 0 \qquad (\text{III.13})$$

В этом уравнении величина коэффициента при $L_н$, заключенная в скобки, становится близкой к нулю при малых значениях $C_к$, т.е. при слабых контактах, по которым обычно и происходит расслоение. Это позволяет без существенного ущерба для точности расчетов пренебречь вторым членом уравнения.

Тогда уравнение III.13 перепишется в виде

$$\gamma L_н^2 \left[H_i (1+2k) + 3h_i\right]\cos^2\rho = 2h_i^2 \sigma_p'' \qquad (\text{III.14})$$

Отсюда формула для определения величины шага разрушения основной кровли примет вид

$$L_н = h_i \sqrt{\frac{2\sigma_p''}{\gamma \cos^2\rho \left[H_i (1+2k) + 3h_i\right]}} \qquad (\text{III.15})$$

Подсчет величины L_1 , из уравнений (III.13) и (III.14) показывает, что расхождение не превышает 4% и в среднем составляет 2%. Это позволяет для практических расчетов использовать формулу (III.15) как более простую и достаточно точную.

Формула (III.15) позволяет учитывать основные факторы, влияющие на длину консоли основной кровли, в том числе и расстояние от пласта. Для этого следует вместо H_i ввести его значение с учетом глубины залегания пласта

$$H_i = H - R \qquad (III.16)$$

Формула (III.15) в этом случае примет вид

$$L_{ii} = h_{ii}\sqrt{\frac{2\sigma^{*}_{p_i}}{\gamma\cos^2\rho[(H-R)(1+2k)+3h_{ii}]}} \qquad (III.17)$$

Формулы (III.15) и (III.17) применимы только для слоев основной кровли, представленных сравнительно прочными породами.

На ЭВМ "Наири" были произведены расчеты по определению шага обрушения слоев основной кровли в зависимости от ряда факторов, учитываемых формулой (III.15).

Результаты расчетов представлены в виде номограммы на рис.7. При построении номограммы постоянными были приняты следующие величины $\gamma = 2{,}5$ т/м^2 $\rho = 20^0$. Остальные изменялись в значительных пределах.

Из рис.7 видно, что наибольшее влияние на длину консоли оказывают прочность пород, слагающих слой, мощность слоя и глубина залегания.

Влияние собственного веса, отраженного в правом нижнем квадранте расходящимися кверху линиями для мощностей слоя 3 м (сплошная линия) и 10 м (пунктирная линия), невелико.

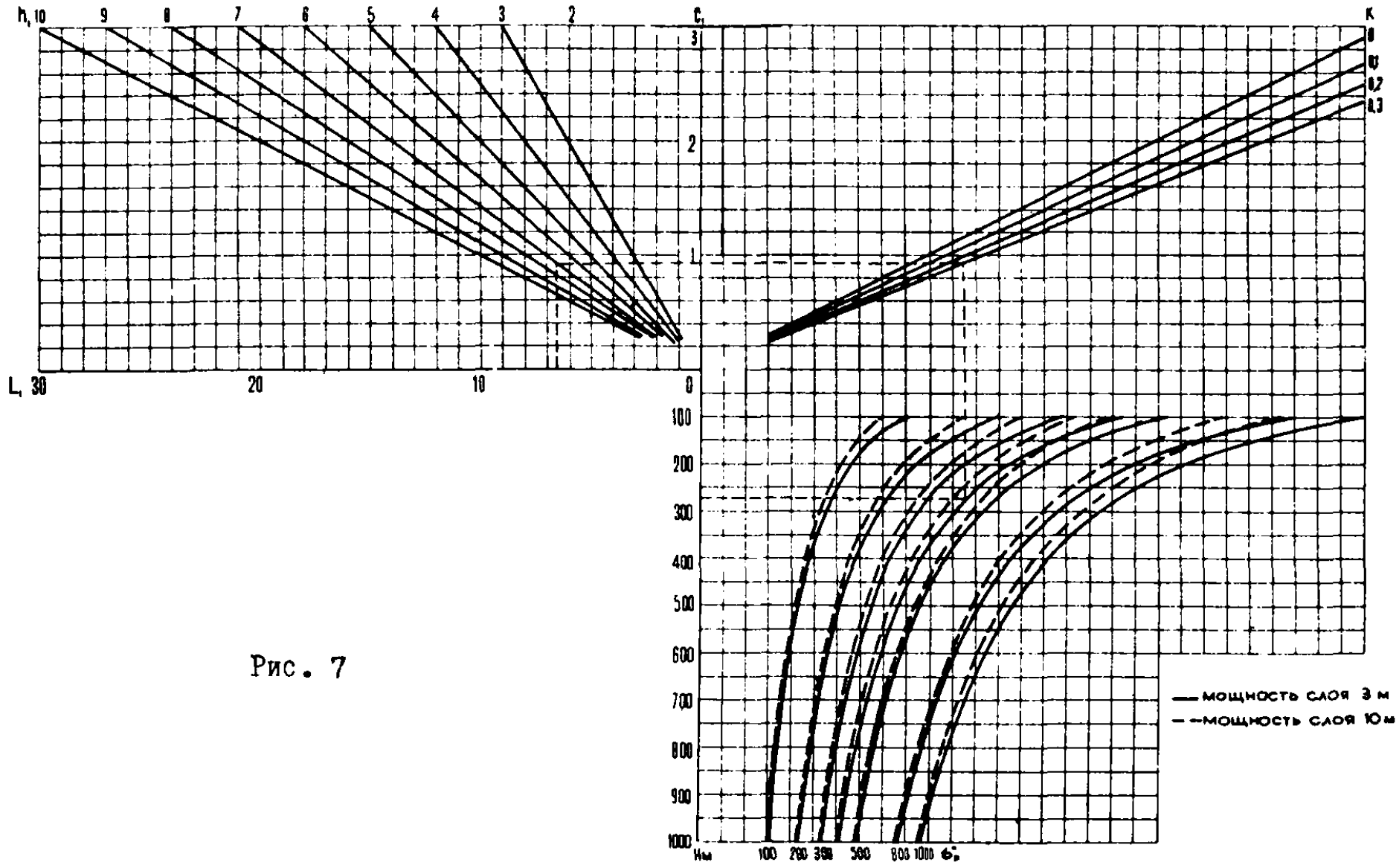

h, 10
9
8
7
6
5
4
3
2
L, 30
20
10
0
C_1
3
2
1
K
0
0,1
0,2
0,3
100
200
300
400
500
600
700
800
900
1000
Нм
100
200
300
500
800
1000
δ°
мощность слоя 3 м
мощность слоя 10м

Рис. 7

Поэтому для слоев, у которых $3 < h < 10$, это влияние не показано и может быть определено интерполяцией. С увеличением глубины влияние собственного веса ничтожно по сравнению с другими факторами, пределы изменения которых указаны на номограмме.

Из результатов подсчета видно также, что влияние вида эпюры приложения нагрузок к консоли в исследованных пределах от треугольной до трапецаидальной со сторонами $0,3\gamma H_i$ и γH_i невелико. Это влияние показано в правом верхнем квадранте в виде серии наклонных прямых линий.

Порядок использования номограммы для определения L_1 показан пунктирной линией. Величина $C_1 = \frac{L_1}{h_1}$ изменяется в пределах от 0,2 до 3,0 , причем наибольшая величина C_1 , имеет место при прочных породах на малой глубине. Влияние глубины существенно сказывается до величины 300-350 м. С дальнейшим углублением это влияние значительно уменьшается.

Изменение длины блоков основной кровли в зависимости от различных факторов неизбежно вызывает и изменения в закономерностях взаимодействия основной и непосредственной кровли, основной кровли и крепи очистного забоя, что существенно изменяет условия работы как индивидуальных, так и механизированных крепей. Эти вопросы будут рассмотрены в следующем разделе.

Из номограммы следует, что в средних условиях разработки пологих пластов Кузбасса на глубинах 150-300 м при прочности пород на растяжение 10-30 кг/см^2 отношение длины блока к мощности разрушающегося слоя изменяется в преде-

лах 0,5-I,2. Наблюдения в шахтных условиях, там, где есть все данные подтверждают результаты расчетов.

Однако многочисленные данные о величине шага осадки основной кровли обычно приводятся без указаний таких важных величин, как глубина работ и прочность пород основной кровли.

Кроме того, шаг осадки основной кровли, устанавливаемый на основе наблюдений в призабойном пространстве (повышенные нагрузки и смещения кровли) далеко не всегда соответствует шагу разрушения основной кровли. Это несоответствие вызывается тем, что в ряде случаев в системе блоков основной кровли возникают силы распора, удерживающие ее от смещений на протяжении какого-то подвигания лавы. В этих случаях шаг осадки, устанавливаемый на основе измерений в призабойном пространстве будет значительно превышать шаг разрушения основной кровли. Этим несоответствием объясняется и имеющая место на некоторых пластах апериодичность в проявлении осадок основной кровли.

В таблице 2 приведены некоторые данные, полученные в шахте и на моделях в сравнении с расчетными величинами.

По результатам обследования лав ряда пластов пологого падения Кузбасса величина колеблется от 0,5 до I,2 на достигнутых глубинах отработки 200–400 м, что соответствует данным номограммы.

Следует указать, что в ряде случаев, могло происходить обрушение не всего слоя основной кровли, а только части его. При этом величина C_1 должна быть небольшой. Такие случаи имеются и в результатах наблюдений.

Таблица 2

Пласт	Шахта	Отношение длины блока и мощности слоя		Источник
		фактическое	расчетное	
5	Чертинская-I	I,0-I,I6	I,I5	Наблюдения ВНИМИ
I4	Абашевская-I	0,85-I,30	I,23	- " -
4	№ 25	0,5	0,57	- " -
-	Модель I27	2,67	2,3	Л.М.Ильштейн
	Модель I35	2,0	I,95	- " -
Толмачевский	ш. им.Кирова	0,6 - I,0	I,25	ВНИМИ
Ермельяновский	- " -	I,2	I,I	- " -
Байкаимский	Полысаевская	0,65-0,75	I,2	- " -

Эверлинг /I6/ указывает, что отношение длины вылетов консоли к мощности слоя было близко к единице. На ту же величину указывает и Келиховский /2I/.

Определение шага разрушения слоя основной кровли, как консольной балки, разрушающейся под собственным весом от изгиба, проведенное Бартелем /I6/, показывает, что шаг разрушения должен превышать мощность слоя в 5-20 раз, что не соответствует действительности.

Сопоставление фактических и расчетных данных позволяет уверенно рекомендовать построенную номограмму для определения шага разрушения основной кровли.

Для большинства условий при глубинах порядка 200-300 м и прочности пород на растяжение вдоль слоя в пределах 30кг/см^2 длина блока будет составлять 0,8-I,2 его мощности.

$$L_1 = (0,8 - I,2) h_1$$

В работе /I0/ было показано, что величина соотношения длины блока и мощности разрушающегося слоя C_1 оказывает влияние на характер взаимодействия между блоками. Теоретически было установлено, что возникновение дополнительных сил распора происходит при условии

$$C_1 \leq \frac{ctg\,\alpha_1}{2\sin^2\alpha_1 - 1} \qquad (\text{III.I8})$$

Иными словами, возникновение дополнительных сил распора может происходить при разных значениях C_1 в зависимости от угла наклона трещин к горизонту. Назовем величину C_1, соответствующую условию (III.I8) критической, значения которой для разных углов наклона трещин составляют

α_1 град	50	60	70	80
C_1	6,0	I,25	0,48	0,I87

Из этих данных следует, что чем больше угол, тем меньшая величина C_1 необходима для возникновения дополнительных сил распора.

В связи с этим появляется возможность численно характеризовать термины, применяемые в литературе.

Узкоблочным разрушением кровли (основной или непосредственной) будем называть такое, у которого $C_1 < I,0$. При этом в системе блоков возможно возникновение арочного эффекта.

Короткоблочное разрушение характеризуется величиной $1{,}0 < C_1 < 2{,}0$. В этом случае дополнительные силы распора и арочный эффект не возникают.

Длинноблочным разрушением будем считать случаи, когда $C_1 > 2{,}0$. В этом случае возможно зависание единичных блоков за счет сил распора, возникающих при их развороте.

Естественно, что на возможность образования арочной системы оказывают влияние и другие факторы: высота возможного перемещения пород, их нарушенность, прочность и т.д. Иначе говоря, величина $C_1 \leqslant 1{,}0$ является необходимым, но недостаточным условием образования арочной системы.

Термины узкоблочное, короткоблочное и длинноблочное определяют параметры разрушения слоя и предполагают определенный характер взаимодействия элементов разрушенной кровли между собой и с крепью. Эти вопросы будут рассмотрены в следующем разделе.

Р А З Д Е Л IУ

ПЕРЕМЕЩЕНИЕ КРОВЛИ И ФОРМИРОВАНИЕ НАГРУЗОК

Условия поддержания кровли в призабойном пространстве лав во многом зависят от характера разрушения и перемещения пород непосредственной и основной кровель над призабойным пространством лавы.

Исследования в шахтных условиях /9/ и на моделях /I2/ показали, что наклонные трещины в непосредственной кровле возникают вдоль линии очистного забоя и пересекают весь ее слой. Частота возникновения трещин определяется прочностью породы и прочностными характеристиками пласта угля.

Сразу после образования блоки стремятся, в силу своей наклонной формы, отклонится в сторону выработанного пространства с одновременным выскальзыванием в призабойное пространство по наклонным поверхностям трещин.

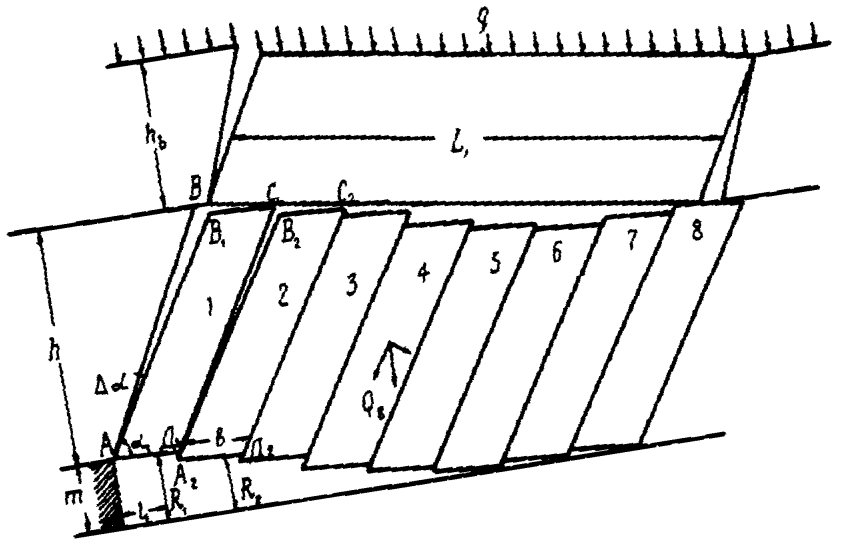
Рассмотрим схему перемещения блоков непосредственной кровли и определим основные ее параметры. На рис. 8 показана типовая схема смещения контура кровли в призабойном пространстве лавы.

Общее смещение точки Е по нормали к пласту составит

$$\Delta h_3 = \Delta h_{2,1} + \Delta h_{2,2} + t_1 \sin \Delta\alpha + t_2 \sin \Delta\alpha \qquad (IУ.I)$$

где $\Delta h_{2,1}$ – проседание кровли по нормали к пласту по закону у забоя, м.;

$\Delta h_{2,2}$ – проседание блока 2 по трещине между блоками по нормали к пласту.


q
h_0
L_1
B
C_1
C_2
B_1
B_2
1
2
3
4
5
6
7
8
h
$\Delta\alpha$
Q_3
A
α_1
Q_1
b
Π_2
A_2
R_1
R_2
m
l_1

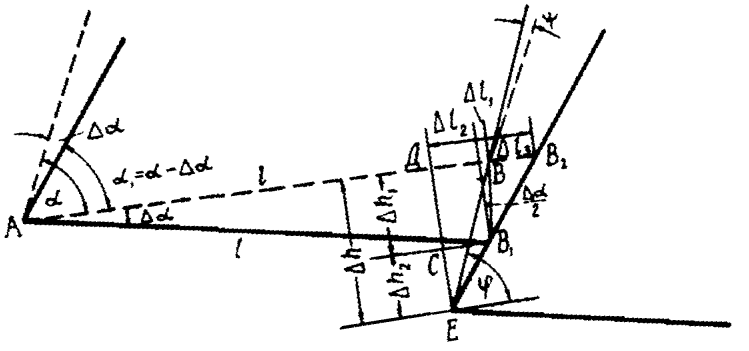

$\Delta\alpha$
h
$\alpha_1=\alpha-\Delta\alpha$
α
A
l
Δh_1
Δh
Δh_2
C
B_1
φ
E
Δl_1
Δl_2
d
B
B_2
Δl_3
$\frac{\Delta\alpha}{2}$

Рис. 8

l_1, l_2 – длина блока по простиранию, соответственно считая от забоя, м.;

$\Delta\alpha$ – угол отклонения блока после его возникновения в сторону выработанного пространства;

$\alpha_1 = \alpha - \Delta\alpha$ – угол наклона граней блока после их разворота, град;

α – угол наклона трещин давления, град.

Если принять длину блоков l, углов α_1 и $\Delta\alpha$ равными, то получим общее выражение для смещения кровли по нормали к пласту для любого поддерживаемого блока

$$\Delta h_3 = \sum_{1}^{n_1} \Delta h_{2i} + n_1 l \sin \Delta\alpha \qquad (IУ.2)$$

где n_1 – количество поддерживаемых блоков в призабойном пространстве;

Δh_{2i} – взаимное смещение блоков.

Смещение кровли в плоскости пласта в сторону забоя соответственно определится из выражения

$$\Delta l_3 = \sum_{1}^{n_1} \Delta h_{2i} \operatorname{ctg} \alpha_1 + n_1 l \sin \Delta\alpha \operatorname{tg} \frac{\Delta\alpha}{2} \qquad (IУ.3)$$

Анализ выражения IУ.3 показывает, что величины перемещений в плоскости пласта зависят от перемещений нормально к пласту и достигают больших значений.

В таблице 3 приведены некоторые расчетные значения смещений кровли в плоскости пласта в зависимости от смещений нормально к пласту и расстояния от забоя.

При расчете приняты одинаковые величины "ступеней" между блоками, угол наклона граней блоков 70^0, угол поворота 3^0, длина блока I м. Из таблицы видно, что при общих

смещениях кровли на границе призабойного пространства 300 м, смещения ее в плоскости пласта достигают II6 мм или почти 40%.

Таблица 3

$l_м$ / $\sum\Delta h_i$, мм	I	2	3	4
50	6	I2	I8	24
I00	I0	20	30	40
200	I9	38	57	76
300	28	56	83	II6

Средний угол наклона траектории смещения кровли определится из формулы IУ.4

$$tg\varphi = \frac{\sum_{1}^{n_1}\Delta h_{2i}+n_1 l\sin\Delta\alpha}{\sum_{1}^{n_1}h_{2i}ctg\,\alpha+n_1 l\sin\Delta\alpha\cdot tg\frac{\Delta\alpha}{2}} \qquad \text{IУ.4}$$

Смещения кровли в плоскости пласта вызывают отклонение стоек индивидуальной крепи, а при больших смещениях (завалах) крепь опрокидывается в сторону забоя. Такое явление неоднократно наблюдалось на практике. Величины смещения, измеренные в натурных условиях весьма близки к расчитанным по формуле IУ.3.

Смещение кровли нормально к пласту определяется силовым взаимодействием крепи и кровли и будет рассмотрено при анализе работы крепей.

Рассмотрение формирования нагрузок на крепь удобнее произвести по типовым схемам разрушения непосредственной и основной кровель с учетом характера их взаимодействия.

Схема I а, рис.2.

Мощность непосредственной кровли не превышает двойной мощности пласта. Разрушенная на отдельные блоки непосредственная кровля обрушается сразу за посадочной крепью.

Основная кровля разрушается на блоки, длина которых значительно превышает мощность разрушающегося слоя. В системе блоков возможно образование арочной системы с собственной несущей способностью. Однако такие системы способны периодически разрушаться, что вызывает резкое увеличение пригрузки на крепь со стороны основной кровли.

Общая нагрузка на крепь при этой схеме разрушения составит

$$P = P_н + P_о \qquad (IУ.5)$$

где $P_н$ - нагрузка от непосредственной кровли, т/п.м.,

$P_о$ - то же от основной кровли, т/п.м.

Величина $P_н$, очевидно будет равна весу непосредственной кровли опирающейся на крепь

$$P_н = \gamma h B \qquad (IУ.6)$$

где γ - объемный вес пород, т/м^3,

h - мощность непосредственной кровли, м,

B - ширина поддерживаемого пространства.

При разрушении арочной системы в основной кровле на крепь будет передаваться часть веса блока основной кровли. Ранее Кузнецовым С.Т. /2/ при определении пригрузок на крепь от

основной кровли принималась половина веса блока основной кровли. Однако исследования на моделях показали, что в результате взаимодействия блоков с необрушенной частью основной кровли, на крепь передается около 30% веса блока.

Тогда $P_o = 0{,}3\ \gamma h_1 L_1$ т/п.м. (IУ.7)

Обозначения приведены раньше.

Общая нагрузка на крепь составит

$$P = \gamma (hB + 0{,}3 h_1 L_1)$$ т/п.м. (IУ.8)

Схема Iб, рис.2.

Характер разрушения и перемещения непосредственной кровли тот же, что и в схеме Iа. Основная кровля разрушается, как показано в предыдущем разделе, на короткие блоки, длина которых приблизительно равна мощности разрушающегося слоя.

Величина Ро в этом случае определится из условий равновесия блока при взаимодействии его с окружающими породами.

$$P_{ок} \cdot \sin \alpha_1 = \gamma h_1 L_1 - (T_1 + T_2)$$ (IУ.9)

где $P_{ок}$ - нагрузка, передающаяся от основной кровли на непосредственную, т/п.м.,

α_1 - угол наклона трещин в основной кровле, град.,

T_1 - силы трения по задней грани блока,

T_2 - то же по передней грани.

Подставляя значения сил трения в уравнение (IУ.5) и решая его относительно Рок, получим

$$P_{ок} = \gamma_1 h_1 L_1 \left[1 - f(\cos^2 \alpha_1 + \operatorname{ctg} \alpha_1)\right]$$ т/п.м. (IУ.IO)

Общая нагрузка на крепь с учетом непосредственной и основной кровли при условии $\gamma = \gamma_1$

$$P = \gamma \left\{ hB + h_1 L_1 [1 - f(\cos^2 \alpha_1 + \operatorname{ctg} \alpha_1)] \right\}$$ т/п.м. (IУ.II)

Из формулы (IУ.7) следует, что общая нагрузка на крепь зависит от параметров разрушения. Если при длинноблочном разрушении основной кровли на крепь передается около 30% веса блока, то при короткоблочном (с увеличением глубины длина-блока уменьшается) эта величина составляет 55-75%. В обоих случаях из-за малого коэффициента разрыхления непосредственной кровли при ее обрушении, величина перемещения основной кровли может быть значительной.

Схема 2, рис. 2.

Мощность непосредственной кровли превышает мощность пласта в 2-5 раз. В системе наклонных блоков возникают дополнительные силы распора, способствующие образованию арочной системы с зависанием части блоков в выработанном пространстве. Анализ условий равновесия арочной системы показал, что с подвиганием забоя периодически возможно нарушение равновесия, причинами которого могут быть: недостаточное сопротивление крепи или резкое его изменение, разрушение пород на контактах между блоками, осадки основной кровли и т.д.

Общая нагрузка от нее на крепь очистного забоя определится по формуле

$$P_н = \gamma h l \left[\frac{n_2}{2} + n_1 (1 - f \operatorname{ctg} \alpha_1) \right]$$ т/п.м. (IУ.I2)

где n_2 - количество блоков кровли, зависающих в выработанном пространстве, шт.,

n_1 - количество поддерживаемых блоков, шт.

Величина n_2 зависит от параметров разрушения кровли и приближенно может быть определена из формулы (IУ.I3) или по непосредственным наблюдениям

$$n_2 = \eta \frac{t[1+f\sin 2\alpha_1(n_1-1)]+h\operatorname{ctg}\alpha_1}{t\sin^2\alpha_1} \qquad (IУ.I3)$$

где η - коэффициент, учитывающий выкрашивания пород;

Величина n_2 принимается как целое число.

Из формулы (IУ.I3) следует, что основное влияние на увеличение n_2 играет мощность разрушающегося слоя непосредственной кровли. При больших величинах h может наблюдаться зависание кровли на больших расстояниях за крепью - эффект плавного опускания. Но это относится уже к третьей группе.

Величина n_1 определится из формулы

$$n_1 = \frac{B}{t} \qquad (IУ.I4)$$

При этом n_1 принимается как целое число.

Общая нагрузка на крепь с учетом непосредственной кровли /8/ определится из выражения

$$P = \gamma\left[ht\frac{n_2}{2}+(ht n_1+h_1L_1)(1-f\operatorname{ctg}\alpha_1)-h_1L_1f\cos^2\alpha_1\right] \qquad (IУ.I5)$$

Анализируя формулу (IУ.II), можно увидеть, что при подвигании забоя величина нагрузки на крепь будет изменяться в значительных пределах из-за изменения величин, входящих в формулу. В периоды, когда основная кровля не оказывает влияния на крепь, величины нагрузок будут определяться только условиями ее взаимодействия с непосредственной кровлей, которые в свою очередь изменяются с подвиганием забоя. Боль-

шую роль при этом играет ширина поддерживаемого призабойного пространства и соотношение между величинами блоков непосредственной и основной кровель по простиранию. В качестве примера на рис.9 показан график изменения нагрузок на крепь призабойного пространства в зависимости от подвигания забоя, построенный по формуле (IУ.I5)

Очевидно, что любая крепь, установленная в призабойном пространстве лавы, должна обладать такой несущей способностью, чтобы удержать кровлю от значительных смещений. Поэтому выбор рабочего сопротивления необходимо производить по пиковым нагрузкам в период влияния осадок основной кровли.

В периоды между ними крепь будет иметь значительный запас рабочего сопротивления, что при современной конструкции крепей неизбежно. С точки зрения взаимодействия крепи и кровли запас рабочего сопротивления крепи в эти периоды не оказывает существенного влияния на состояние кровли.

Схема Ш. При большой мощности непосредственной кровли, превышающей более чем в пять раз мощность пласта, наблюдается эффект плавного опускания. Величины нагрузок здесь действуют обычно небольшие. Однако в реальных условиях по мере подвигания забоя в кровле могут встретиться нарушения, которые вызовут уменьшение или полную ликвидацию собственной несущей способности арочной системы. Это приведет к резкому росту нагрузок на крепь. Поэтому для таких пластов крепь должна рассчитываться на удержание всей непосредственной кровли с учетом ее зависания в выработанном пространстве. В этом случае $P = Р_н$.

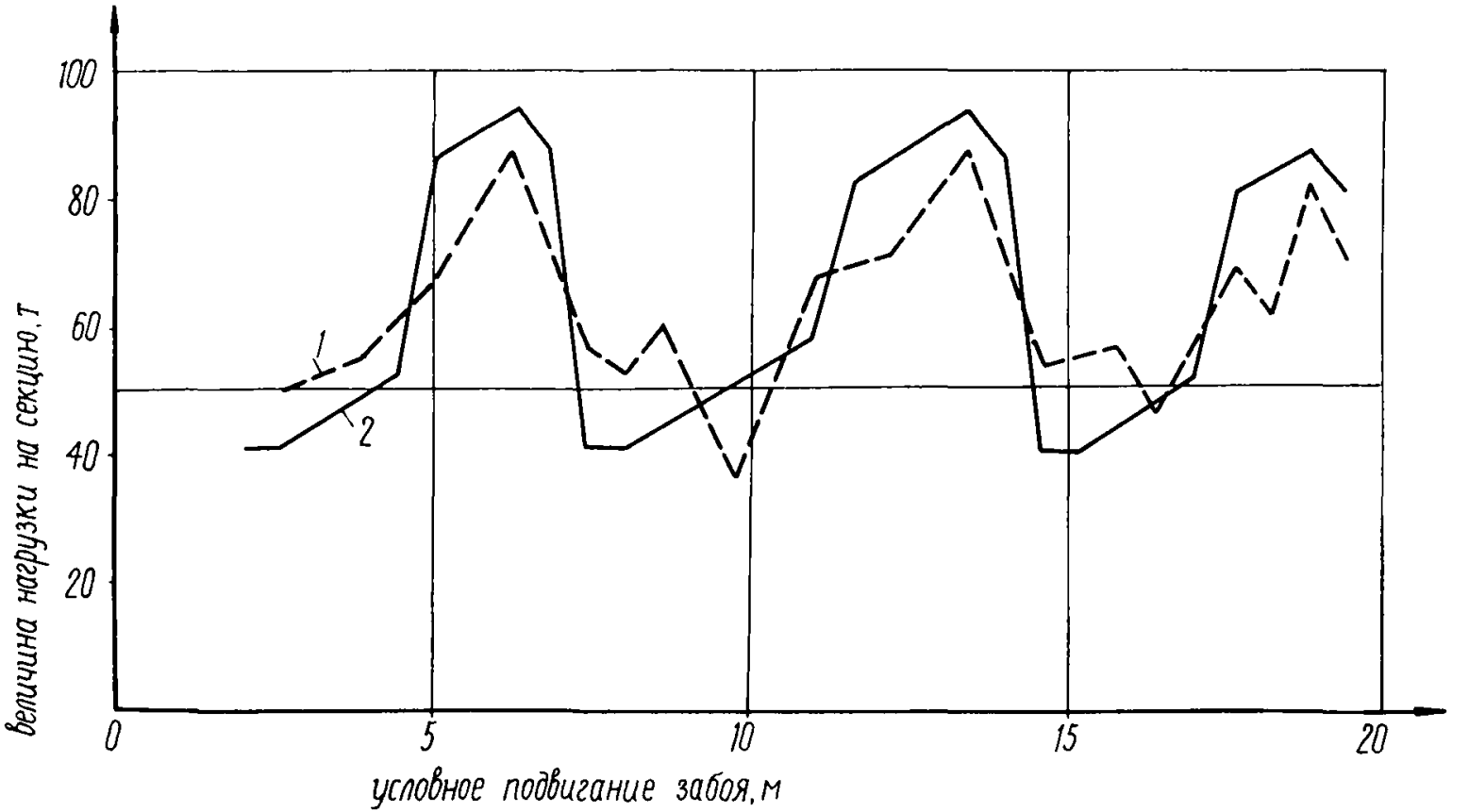

100
80
60
40
20
0
5
10
15
20
величина нагрузки на секцию, т
условное подвигание забоя, м
1
2

Рис. 9

Величина Рн определится из формулы IУ.I2.

Схема IУ имеет место на пластах, непосредственная кровля которых сложена либо мощным слоем прочных пород, либо сравнительно небольшим слоем весьма прочных пород, над которым залегают более слабые породы. В этих случаях наблюдается коротконлочное разрушение непосредственной кровли. Арочный эффект в системе блоков не возникает.

Общая величина нагрузки на крепь определится из условия равновесия такого блока при условии, что он не имеет опоры в передней части.

$$P = \gamma h l (1 - \tfrac{1}{2} ctg \alpha) \qquad \text{т/п.м.} \quad (IУ.I6)$$

Результаты исследований в шахтах, на моделях и теоретические расчеты показывают, что при разработке пластов с тяжелыми кровлями характер приложения и распределения нагрузок по ширине призабойного пространства значительно осложняют поддержание кровли в безопасном состоянии.

Поскольку этот вопрос имеет большое значение для проектирования паспортов крепления и расчета механизированных крепей, он рассматривается особо в разделе У.

Р А З Д Е Л У

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ НАГРУЗОК ПО ШИРИНЕ ПРИЗАБОЙНОГО ПРОСТРАНСТВА УДЕЛЬНЫЕ НАГРУЗКИ

В процессе наблюдений было установлено, что одной из основных особенностей проявлений горного давления в призабойном пространстве лав являются большие смещения кровли вблизи забоя, достигающие иногда 0,5 м /8,I4/. Это приводит к образованию значительных вывалов, нарушает работу забойного оборудования. Причиной таких смещений могут быть только повышенные нагрузки на крепь, действующие вблизи забоя.

На ряде пластов для предотвращения больших смещений кровли в первый ряд стоек устанавливаются дополнительные стойки /8/ даже при эксплоатации механизированных крепей /7/. Это мероприятие значительно улучшает состояние кровли в призабойном пространстве.

Другой особенностью является резкое возрастание нагрузок на крепь как во времени, так и по величине. Неоднократно наблюдались резкие смещения кровли и деформации крепи, сопровождающееся завалами лав /I4/. Это вызывается резким перераспределением сил в системе кровля - крепь, приводящим к нарушению равновесия системы. Импульсом перераспределения сил могут являться производственные процессы (выемка угля, посадка кровли, передвижка механизированной крепи) и процессы, происходящие в кровле (раздавливание контактов, возникновение новых трещин, образование блоков в основной или непосредственной кровлях).

Возникновение наклонных трещин вблизи забоя, пересекающих всю непосредственную кровлю, способствует передаче всего ее веса на крепь также вблизи забоя. При образовании блоков в основной кровле нагрузка возрастает еще больше.

Рассмотрим формирование удельных нагрузок отдельно от непосредственной и основной кровель.

А. Блоки непосредственной кровли, опирающиеся на крепь, создают нагрузку, которая определится из выражения IУ.I6. В случае зависания части блоков за крепью (один из наиболее тяжелых случаев) на нее будет передаваться часть их веса Рп.

$$P_n = \gamma h l \frac{n \cdot n_2}{n_1 + n_1^2} \quad т/м \qquad (У.1)$$

Общая нагрузка на крепь, установленную под любым блоком, будет равна сумме $P_б = P_1 + Pп$, или

$$P_б = \gamma h l \left(1 + \frac{n \cdot n_2}{n_1 + n_1^2} - j ctg \alpha_1\right) \quad т/м \qquad (У.2)$$

где n - порядковый номер рассматриваемого блока, считая от забоя.

Формула (У.2) достаточно полно учитывает основные закономерности разрушения и взаимодействия тяжелых кровель с крепью. Произведем ее анализ.

По мере увеличения зависания кровли в выработанном пространстве нагрузка на крепь будет увеличиваться (растет значение n_2). При посадке кровли происходит перераспределение сил, которое учитывается формулой (в момент посадки величина n_2 возрастает, а n_1 , уменьшается).

Возникает импульс пригрузки. Однако вследствие образования арочной системы эти импульсы вызывают резкую пригрузку на крепь только в случаях, когда они нарушают равновесие системы. Наиболее опасным является случай, когда величина нагрузки на крепь близка к ее несущей способности в данный момент (при зависаниях кровли). Дополнительный импульс приводит либо к деформации крепи, либо к большой величине ее податливости, что вызывает смещение арочной системы. Величина этого смещения определяется механизмом взаимодействия блоков и характеристиками крепи. Новое состояние равновесия наступает вследствие роста сопротивления крепи и уменьшения нагрузки за счет обрушения части блоков на почву.

Процесс перераспределения сил в системе происходит динамично, что дополнительно усложняет работу крепи.

На рис.10в качестве примера приведен график изменения нагрузок на крепь, установленную под блоками I и 2 в момент посадки кровли (посадки блока 3), построенный на основании формулы (У,2).

Из графика видно, что с увеличением зависания кровли в выработанном пространстве величина импульса пригрузки также возрастает.

Вследствие наличия в кровле наклонных трещин, изменение нагрузки на крепь по ширине призабойного пространства носит ступенчатый характер. Это наблюдается на практике и следует из расчета по формулам.

На рис.11 приведен график изменения нагрузок по ширине призабойного пространства, который показывает, что

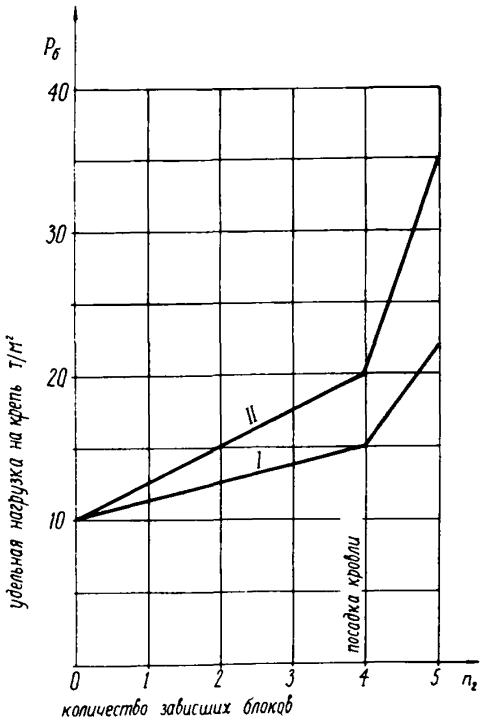

$P_б$
40
30
20
10
удельная нагрузка на крепь т/м²
II
I
посадка кровли
0
1
2
3
4
5
$n_з$
количество зависших блоков

Рис. 10

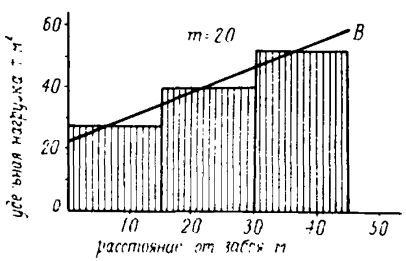

60
40
20
0
m=20
B
10
20
30
40
50

Рис. 11

"ступени" могут достигать больших величин. Этим, собственно, и объясняется взаимное проседание блоков в призабойном пространстве лав.

Большие величины удельных нагрузок и резкое увеличение их в период посадки кровли являются основной причиной завалов лав при существующих паспортах крепления.

Максимальные величины нагрузок будут иметь место при максимальных зависаниях кровли. Поэтому расчетные нагрузки при проектировании паспортов крепления и механизированных крепей должны определяться с учетом этого зависания.

Для предотвращения взаимного проскальзывания блоков в призабойное пространство эпюра сопротивления крепи должна соответствовать эпюре нагрузок. Однако на практике это требование выполнить трудно, особенно при применении механизированных крепей. Поэтому эпюра сопротивления крепи должна удовлетворять максимальным нагрузкам от каждого блока (на рис. II линия АВ). При индивидуальной крепи это требование можно удовлетворить увеличением количества стоек от забоя к выработанному пространству. В механизированных крепях прочностные характеристики верхняка должны удовлетворять принятой схеме расстановки гидроопор крепи, причем последние необходимо располагать с учетом действующей эпюры нагрузок.

Удельное давление на крепь по ширине призабойного пространства зависит от длины блоков непосредственной кровли и может быть определено из формулы:

$$P_{бу} = \gamma h \left(1 + \frac{n \cdot n_1}{n_1 - n_1^2} - f \operatorname{ctg} \alpha_1\right) \qquad т/м^2 \qquad (\ \ )$$

Если зависание отсутствует, то удельная нагрузка на крепь будет постоянной по ширине призабойного пространства

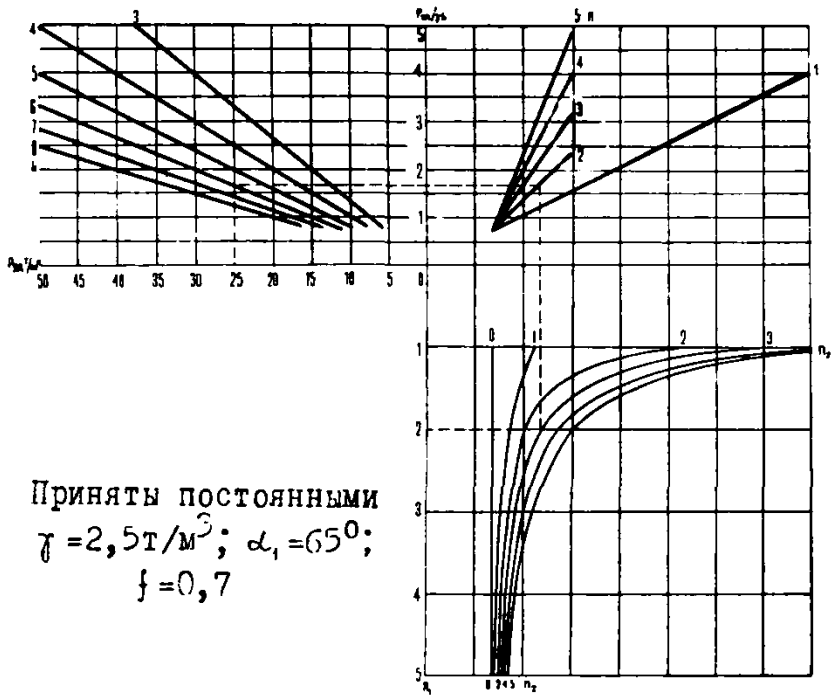
$$P_{бу} = \gamma h (1 - f \operatorname{ctg} \alpha) \qquad (У.4)$$

Однако при зависании величина $P_{бу}$ может превышать вес непосредственной кровли не только на границе с выработанным пространством, но и вблизи забоя.

Расчет крепей по средним нагрузкам не будет в данном случае удовлетворять действительной эпюре нагрузок. Для облегчения расчетов по определению удельных нагрузок от непосредственной кровли в зависимости от параметров ее разрушения и горно-технических факторов построена номограмма, приведенная на рис.12. Схема расчета показана пунктирной линией.

Из номограммы следует, что максимальные величины удельных нагрузок в большей степени зависят от горно-технических факторов - ширины поддерживаемого пространства и количества зависших блоков. Пределы изменения параметров, входящих в расчетную формулу, приняты в соответствии с возможным их изменением на практике. При построении номограммы часть величин, (γ , α , f) входящих в формулу, приняты постоянными, т.к. они изменяются в незначительных пределах. В случае их существенного отклонения при расчете это необходимо учесть в формуле У.3.

Короткоблочное разрушение основной кровли значительно осложняет поддержание кровли вследствие особенностей взаимодействия ее с непосредственной, а последней с крепью. При образовании нового блока основной кровли дополнительная при-



Приняты постоянными
$\gamma = 2{,}5$ т/м^3; $\alpha_1 = 65^0$;
$f = 0{,}7$

Рис. I2

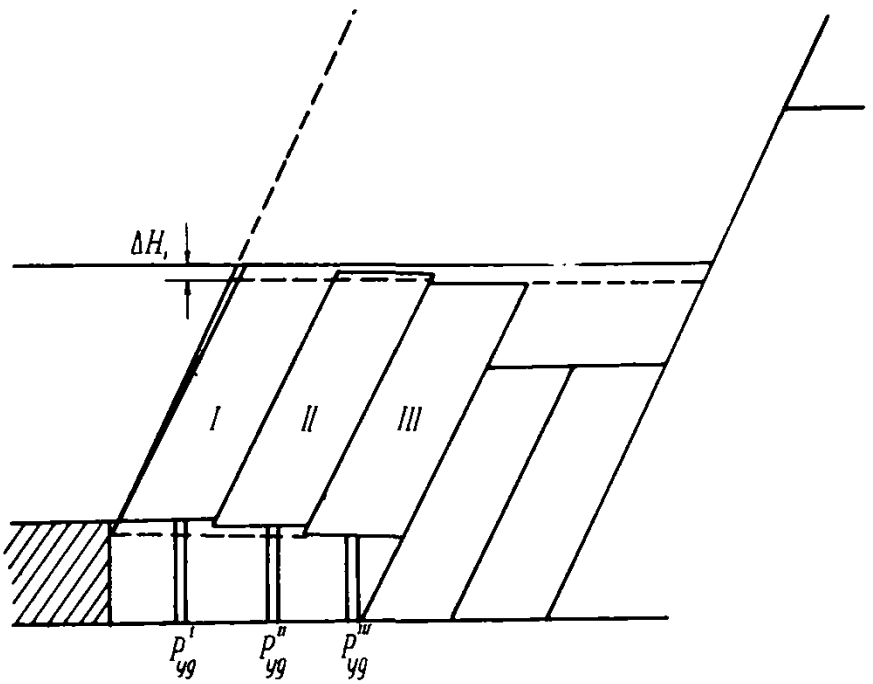


Рис. I3

грузка от него будет в первый период передаваться на передний блок непосредственной кровли (рис.I3).

Удельная нагрузка на крепь под этим блоком (без учета возможной опоры на забой) резко возрастает:

$$p^{o}_{бу} = p_{бу} + \frac{1}{t} p_{o} \qquad т/м^2 \qquad (У.5)$$

или с учетом формул (У.4) и (IУ.6) при $n = I$.

$$p^{o}_{бу_1} = \gamma h \left(1 + \frac{n_2}{n_1 + n_1^2} - f \operatorname{ctg} \alpha_1\right) + \frac{\gamma h_1 L_1}{t} \left[1 - f\left(\operatorname{ctg} \alpha_1 + \cos^2 \alpha_1\right)\right] \qquad (У.6)$$

Подсчет удельных нагрузок по этой формуле показывает, что величина их может достигать I00-I50 $т/м^2$.

Именно большой величиной удельных нагрузок и объясняется тот факт, что при возникновении трещины несколько впереди линии забоя происходит срез передним краем первого от забоя блока кровли кромки угольного пласта.

Естественно, что создание крепи на такие удельные нагрузки, действующие вблизи забоя, сопряжено с большими трудностями. Смещение первого блока по линии трещины под влиянием осадок основной кровли следует считать, при существующих характеристиках крепей, неизбежным. Однако величины их можно уменьшить за счет уменьшения смещения остальных поддерживаемых блоков в призабойном пространстве.

При наблюдениях в шахте установлено, что несмотря на большие нагрузки, приводящие к срезу кромки пласта на глубину до I50-250 мм, после выемки угля смещения кромки блока незначительны. Это говорит о том, что система крепь-кровля пришла в новое равновесие, которое наступает как за счет возникнове-

ния сил распора в системе блоков и увеличения сопротивления крепи, так и за счет того, что при смещении блок основной кровли, "догоняет" другие блоки непосредственной кровли и начинает передавать нагрузку через них. Это приводит к резкому снижению удельных нагрузок на крепь под первым блоком. В этом случае удельные нагрузки определяется из формулы:

$$P^{0}_{бу} = \gamma h \left(1 + \frac{n_1 \cdot n_2}{n_1 + n_1^2} - f \operatorname{ctg} \alpha_1\right) + \frac{\gamma h_1 L_1}{n_3 t} \left[1 - f\left(\operatorname{ctg} \alpha_1 + \cos^2 \alpha_1\right)\right] \qquad (У.7)$$

где n_3 – количество блоков непосредственной кровли, через которое передается нагрузка на крепь от основной кровли.

При $n_3 = n_1$, пригрузка от основной кровли будет передаваться на крепь равномерно по всей ширине поддерживаемого пространства. В этом случае чем меньше смещения кровли на границе призабойного пространства, тем меньше будет величина проседания первого от забоя блока.

Смещения кровли в призабойном пространстве определятся (без учета заданнной деформации) соотношением действующих нагрузок и жесткости крепи

$$\Delta h = \frac{P}{\lambda_c}$$

где λ – фактическая жесткость системы крепь-боковые породы, т/мм,

Влияние различных факторов на жесткость системы будет рассмотрено ниже.

Р А З Д Е Л УI

РАБОТА СИСТЕМЫ КРЕПЬ - БОКОВЫЕ ПОРОДЫ

Характеристика крепи имеет большое значение для надежного поддержания кровли в очистном забое. Однако крепь является только частью силовой системы. Другой, иногда определяющей действительную характеристику системы, частью, являются боковые породы, точнее условия контактирования крепи с породами.

В работе /2/ Кузнецов С.Т. показал, что суммарная характеристика системы "почва-крепь-кровля" всегда отличается от характеристики собственно крепи. Различия между этими характеристиками тем больше, чем больше деформации пород в области контактов с крепью. Слабые почвы и кровли, допускающие вдавливание крепи, могут совершенно уничтожить влияние характеристики крепи, даже постоянного сопротивления. Любая силовая характеристика системы определяется характеристикой наиболее слабого элемента в этой системе, поэтому на практике необходимо стремиться к тому, чтобы наиболее слабым (податливым) элементом в системе крепь-боковые породы была крепь.

Многочисленные исследования в шахте /23, 24, 25 / указывают на то, что конвергенция, как правило, превышает податливость крепи за счет податливости других элементов системы. Козелев Л.Г. /23/ на основании многих экспериментов с индивидуальной гидравлической крепью пришел к выводу, что наиболее оптимальные условия поддержания кровли наблюдаются при I,5 < q < 2,0

где $q = \frac{H}{h}$

H – смещение кровли за время работы крепи, мм,

h – податливость крепи, мм.

При больших значениях q наблюдается разрушение боковых пород, обыгрывание крепи, в результате чего крепь перестает выполнять свои функции.

В период работы механизированных крепей (от распора до разгрузки) смещения кровли в подавляющем большинстве случаев превышают податливость крепи в 2-8 раз. В разных горно-геологических условиях и на разных крепях это превышение может быть различным. Приведем некоторые данные:

Крепь Бассейн	КМ-87 Донбасс	КМ-87 Кузбасс	А-2 Донбасс	МК Подмосковье	МК Кузбасс
$\frac{\Delta h_ц}{\Delta H_ц}$	0,I-0,6	0,I5-0,25	0,25-0,4	0,I4-0,28	0,I7-0,6I

где $\Delta h_ц$ – податливость секции, мм. $\Delta H_ц$ – смещение кровли, мм.

Результаты измерений на механизированных крепях показывают, что действительная характеристика их значительно отличается от паспортной.

Степень отличия зависит не только от прочности контактов, но и от соотношения фактического сопротивления крепи и начального распора.

На рис.I4 применительно к работе гидравлических стоек построены характеристики стойки и системы после распора ее до величины Р нр. Линия ОАВЕ означает характеристику самой

стойки. Величина податливости ее до выхода на рабочее сопротивление составляет Δh . Однако по мере роста нагрузки на стойку будут деформироваться и порода, затяжка, штыб и т.д., которые создадут дополнительную податливость системы ΔC . Полная податливость системы определится как сумма.

$$\Delta H = \Delta h + \Delta C$$

Эта величина должна (при тщательных измерениях) быть равна величине смещения кровли за период работы стойки. Действительная характеристика системы определится в этом случае линией АДЕ, т.е. участок работы системы в режиме нарастающего сопротивления значительно увеличится. Он будет тем больше, чем больше дополнительная податливость системы, т.е. при слабых боковых породах или же при применении деревянных подкладок (верхняков и пр.) та же величина сопротивления будет достигнута при большем смещении кровли.

Если увеличить начальный распор до значения $P'_{нр}$, то соответственно, вее величины Δh , ΔC и ΔH уменьшатся, т.к. система начнет работать от точки A' по линии $A'Д'E$. Величина $\Delta H' < \Delta H$. Отсюда вывод, что при слабых боковых породах для предотвращения лишних смещений величину распора надо увеличивать. При прочных боковых породах и хорошем состоянии контактов крепи с ними величина распора может быть небольшой, т.к. система будет работать по линии АВЕ.

При применении индивидуальных гидравлических стоек для улучшения характеристики системы нужно применять и применяют увеличенные опорные поверхности. Особенно это важно при стойках нарастающего сопротивления, которые обладают значительно

большей собственной податливостью. Увеличение плотности стоек в таких условиях не всегда приносит должный эффект.

Приведенные выше величины соотношения податливости гидростоек механизированных крепей за цикл $\Delta h_ц$ и величины смещения кровли за тот же период $\Delta H_ц$.

$$\eta = \frac{\Delta h_ц}{\Delta H_ц}$$

показывают, что крепи работали далеко не на проектной характеристике. Величина этого соотношения зависит от положения точки D на линии ВЕ. Чем дальше она расположена от точки В, тем большие смещения кровли необходимы для выхода крепи на рабочее сопротивление $R_р$. Представим, что крепь вышла на рабочее сопротивление, а смещения кровли продолжаются.

В этом случае дальнейшая податливость системы будет происходить только за счет податливости самой гидростойки, т.к. прироста нагрузок не будет.

При работе механизированных крепей особенно важно обеспечить фактическую характеристику системы крепь-боковые породы как можно ближе к характеристике самой крепи. Это объясняется тем, что они находятся в контакте с боковыми породами значительно меньшее время по сравнению с индивидуальными крепями и не всегда могут успевать набирать достаточное сопротивление.

Поэтому в лаве должна производиться тщательная зачистка почвы от штыба, обеспечение надежных опор для верхняка. В случае вывалов в кровле они должны быть плотно заполнены лесом.

Специальные исследования этого вопроса, проведенные

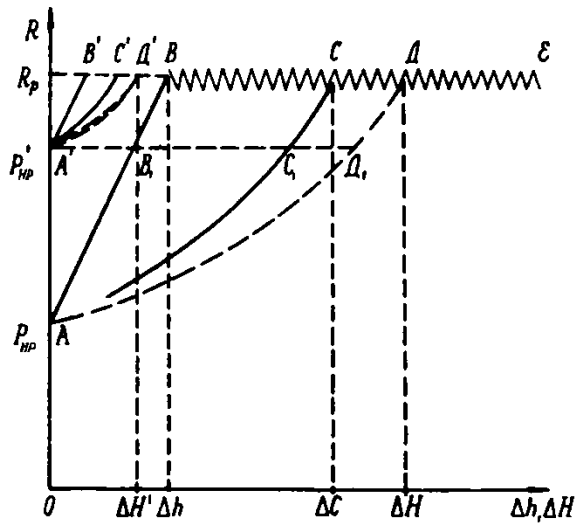


Рис.I4

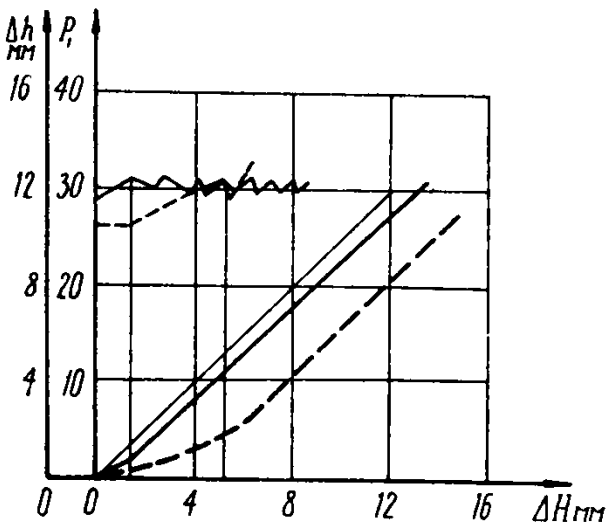


Рис. I5

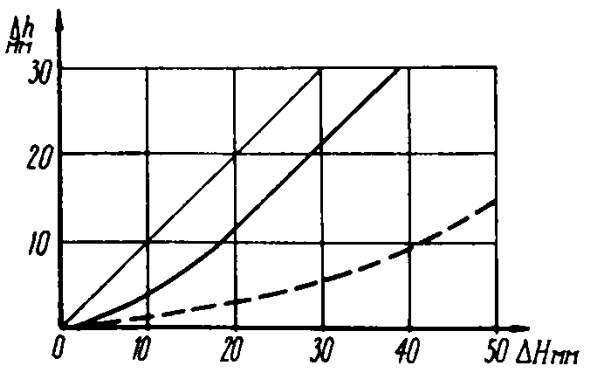


Рис. I6

в шахтных условиях показали, что даже одна и та же секция в разных циклах может работать с разной характеристикой в зависимости от состояния пород под опорами. На рис.I5 в качестве примера показана работа секции II9 крепи КМ-87 на пл.ХХУП ш. Березовская-I. Пунктирной линией показана фактическая характеристика секции в зависимости от смещения кровли в цикле I8, а сплошной линией в цикле I9. При практически одинаковом начальном распоре 26 и 29 т, величина смещения кровли до выхода секций на одинаковое сопротивление составила в первом случае 5 мм, а во втором около I,5 мм. Причиной этого явилась большая податливость опор в цикле I8. Если сравнить податливость самих гидростоек, то они разнятся незначительно-I,2 мм в цикле I8 и 0,7 мм в цикле I9 т.е. соответствуют величине распора.

Такое же явление присуще не только одной секции, но и крепи в целом. На рис.I6 показана зависимость податливости гидростоек крепи комплекса КМ-87 от смещения кровли в лаве 84 ш.Чертинская - I (пунктирная линия) и в лаве I2, ш. Березовская-I (сплошная линия). Эти кривые построены на основании большого объема исследований и показывают существенное различие в условиях нагружения крепи и ее характеристике. В первом случае крепь работала под затяжкой из дерева и при слабой почве, во втором над крепью находился прочный песчаник и почва не допускала вдавливания крепи.

При эксплоатации крепи необходимо стремиться к наиболее возможному уменьшению разности между смещениями кровли и податливостью крепи путем обеспечения наиболее жестких контактов крепи с боковыми породами.

Р А З Д Е Л УП

УСЛОВИЯ РАБОТЫ ИНДИВИДУАЛЬНЫХ КРЕПЕЙ

Исследования, проведенные на пластах с тяжелыми кровлями, показывают, что индивидуальные крепи работают в особых условиях. Действие больших нагрузок вблизи забоя и резкое их приложение по всей ширине привабойного пространства вызывает необходимость применения специальных мер для удержания кровли в призабойном пространстве.

Основной особенностью типовых паспортов с индивидуальными крепями, разработанных ДонУГИ /26/ и КузНИУИ /27/ является периодическое резкое снижение несущей способности крепи в очистном забое. Обычно это снижение приурочено к процессу посадки кровли, когда производится разгрузка посадочной и части призабойной крепи, оказывающих, как правило, основное сопротивление смещающейся кровле. Общее сопротивление крепи уменьшается. Однако, как было установлено в разделе У, в этот же период может произойти резкое повышение нагрузок на крепь. Если оставшаяся часть призабойной крепи и вновь установленная, обычно с небольшим начальным распором, посадочная крепь будут не способны воспринять дополнительные нагрузки, то будут наблюдаться большие смещения, вплоть до завала лавы. Стойки трения, как известно /28/, при больших скоростях смещения кровли склонны к саморазгрузке. Это же относится к стойкам ОКУ. Следовательно, период посадки является наиболее вероятным периодом в работе лавы, когда может произойти завал.

Наблюдениями установлено, что хотя резкие подвижки

кровли наблюдаются и в период выемки угля, однако завалы, как правило, приурочены к посадкам кровли /I4/. Именно тяжелыми условиями поддержания кровли в период посадки и вызвано широкое применение способа частичной или полной закладки /29/. Многие попытки перевода части пластов с закладки на обрушение были неудачными из-за неправильного построения паспорта крепления и применения индивидуальной крепи с характеристиками, не соответствующими основным закономерностям проявлений горного давления.

Рассмотрим конкретный паспорт крепления на примере применявшегося на пл. I4 ш.Абашевская I, рис.I7.

Представим, что система крепь-кровля перед очередной посадкой достигла предельного равновесия. В этом случае уменьшение сопротивления крепи приведет к нарушению равновесия и возрастанию нагрузок на крепь.

Во время посадки кровли ряд посадочных стоек I переносится в положение П. Стойки ряда d извлекаются. Сопротивление крепи в призабойном пространстве резко уменьшается, т.к. и ОКУ и стойки призабойной крепи к концу цикла оказывали смещению кровли большое сопротивление. В этот период повышения общих и удельных нагрузок в призабойном пространстве остается только ряд стоек "а" , "b" и "с" . При этом ряды "а", "b", установленные после прохода комбайна, не успевают как правило развить значительное сопротивление, особенно если стойки установлены под распил. Стойки ОКУ в новом положении после распора также не могут оказать значительного сопротивления , т.к. распор невелик, а для выхода на рабочее сопро-

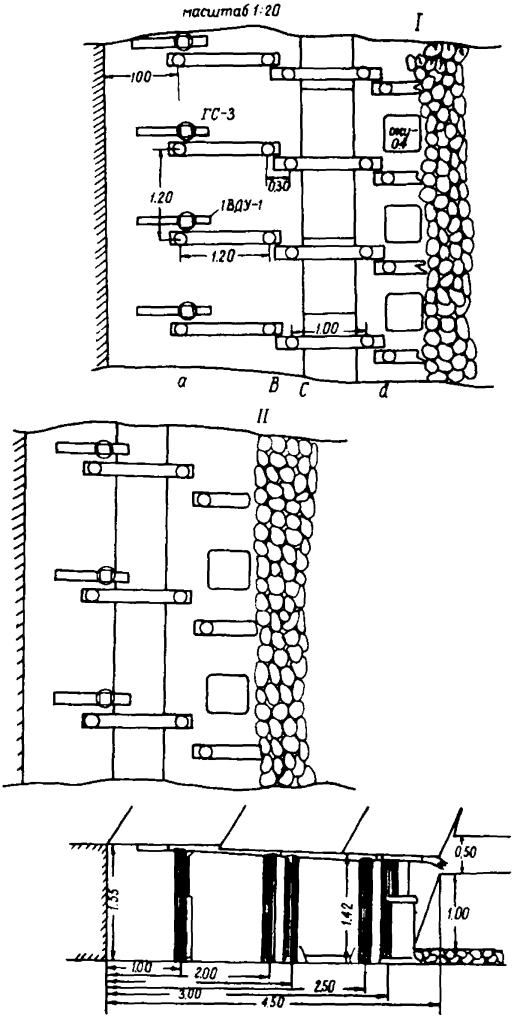

масштаб 1:20
I
100
ГС-3
ОКУ-04
0,30
1.20
1ВДУ-1
1.20
1.00
a
B
C
d
II
0,50
1.33
1.42
1.00
1.00
2.00
2.50
3.00
4.50

Рис. I7

тивление необходима большая податливость. Таким образом, в период посадки происходит искусственное снижение сопротивления крепи в то время, когда его необходимо увеличивать. Это и является одной из главных причин завалов лав. Дополнительными причинами являются резкая неравномерность в фактических реакциях стоек ОКУ, скачкообразные характеристики стоек трения /30/, большая податливость системы крепь-боковые породы.

Мер борьбы с ростом нагрузок на крепь в период посадки может быть несколько. При использовании способа обрушения обычно усиливают паспорт крепления с таким расчетом, чтобы в период посадки в призабойном пространстве оставалось бы достаточно крепи для восприятия повышенных нагрузок. Это можно сделать либо путем увеличения плотности призабойной крепи, либо установкой нескольких рядов посадочной крепи.

В качестве примера можно привести паспорт, использовавшийся на пл. K_2 в Донбассе, рис.18.

Вновь установленная призабойная крепь и ряд кустов А к концу выемки цикла только начинают оказывать сопротивление. Крепь ряда кустов В и призабойная крепь предыдущего цикла ко времени выемки цикла выходят уже на рабочую характеристику и оказывают существенное сопротивление. То же относится и к крепи в кустах ряда С. Если теперь изъять ряд кустов С (посадка кровли), то произойдет, как показано выше, перераспределение нагрузки на кусты рядов В и А, а также на призабойную крепь. Нагрузка увеличится. Однако ряды кустов стоек, установленные ранее, в состоянии уже в момент посадки оказать боль-

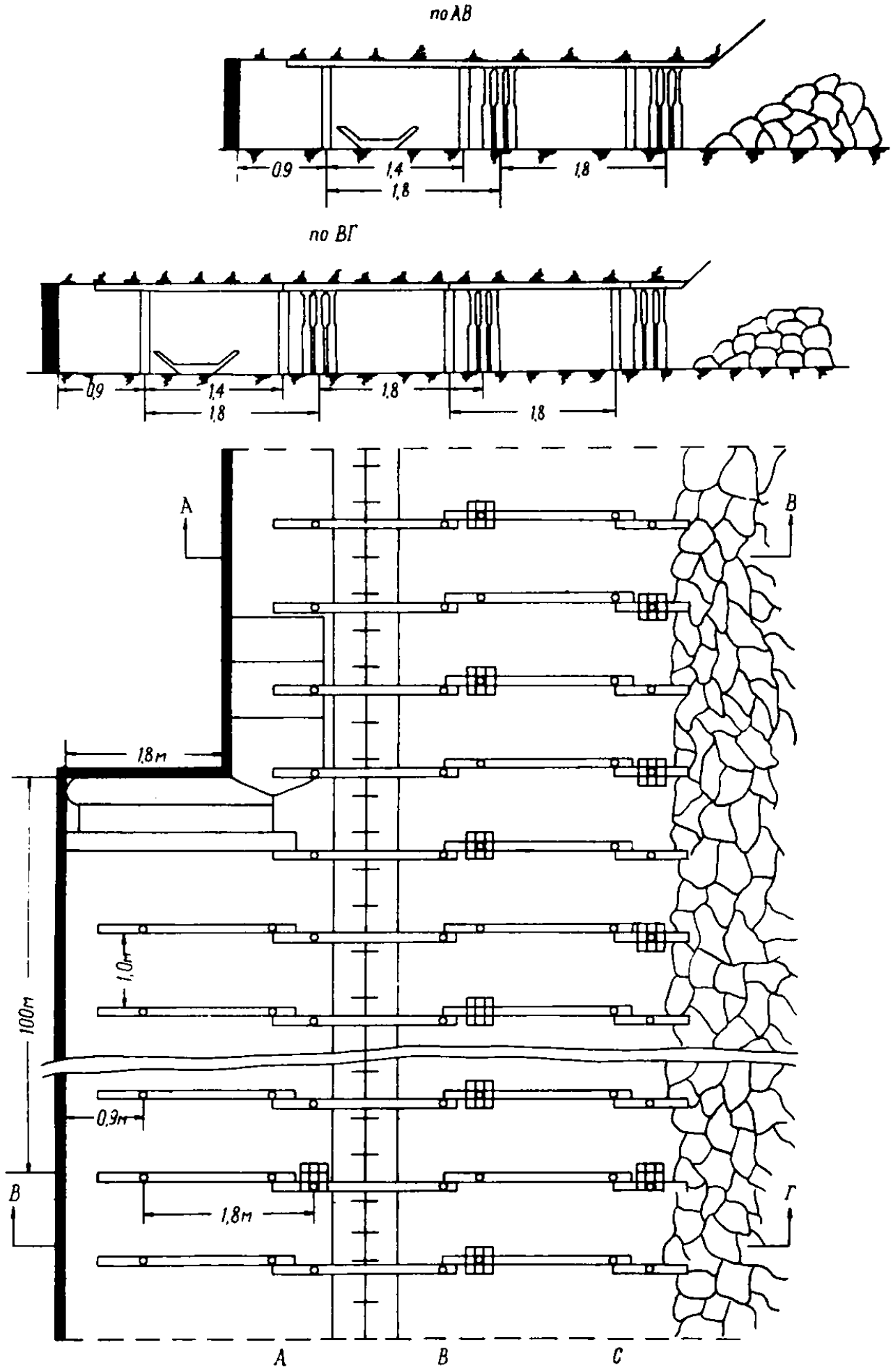


Рис. I8

ное сопротивление и тем самым предотвратить значительное смещение кровли в призабойном пространстве. Кроме того, снятие сопротивления ряда кустов С происходит постепенно (стойки выбиваются по очереди).

Иначе говоря, этот тип паспорта крепления с многорядной установкой посадочной крепи отвечает основным закономерностям блочного разрушения и перемещения кровли и ее взаимодействия с крепью. Завалы лав при таких паспортах крепления редки.

Такой же эффект дает применение паспортов с двумя рядами стоек ОКУ. При этом в период посадки переносится только один ряд на два шага посадки. В призабойном пространстве всегда остается один ряд посадочных стоек ОКУ, оказывающий к моменту посадки значительное сопротивление /I4/.

Передвижка посадочной крепи должна производиться в одной точке, т.е. в одном направлении и одним фронтом. При установке двух рядов посадочной крепи допускается одновременная передвижка 2-3 единиц посадочной крепи, но разгрузка в каждый момент может производиться только одной тумбы. Другими словами для увеличения скорости перемещения фронта разгрузки можно привлекать две-три пары посадчиков, производящих посадку кровли в одной точке, с поочередной разгрузкой крепи.

Одновременная посадка кровли в нескольких точках лавы с последовательным или встречным движением фронта передвижки на пластах с тяжелыми кровлями не допускается.

В особо тяжелых случаях нагружения крепей целесообразно применять закладку, позволяющую вообще ликвидировать процесс посадки кровли.

Во всех случаях наиболее желательно в качестве призабойной крепи применять гидравлические стойки.

Для обоснованного проектирования паспортов крепления и выбора типа крепи необходимо знать следующие данные.

I. Подробное строение боковых пород пласта (ложной, непосредственной и основной кровель, строение почвы до глубины, равной мощности пласта). Данные геологоразведки нужно проверить путем бурения скважин на участке.

2. Прочность пород кровли на сжатие (можно изгиб, срез и т.д.) и пород почв - на вдавливание штампа, площадью I00 $см^2$.

3. Устойчивость нижних слоев кровли (если нет количественных данных, то качественные).

4. Мощность пласта, колебания мощности по длине выемочного участка, строение, способность к отжиму, прочность угля.

5. Величины расчетных нагрузок, максимальных и минимальных.

6. Технологическое оборудование лавы.

7. Глубина работ.

Методику проектирования и расчета паспорта крепления нагляднее всего показать на примере.

Возьмем типовой пласт 5 на ш. Чертинская -I с тяжелой кровлей.

Строение боковых пород. Непосредственно над пластом залегает слой аргиллита, мощностью 0,4-0,6 м, с косыми прослойками угля, углистых сланцев и зеркалами скольжения. Устойчивость средняя. Прочность аргиллита на сжатие -300кг/$см^2$ в куске.

Выше залегает слой алевролита, довольно монолитный, мощностью около 4,5 м. Прочность 450 кг/см^2.

Основная кровля представлена песчаником, мощностью 7-8 м (по данным геологоразведки 20 м). Прочность песчаника 650 -800 кг/см^2.

Почва пласта представлена аргиллитом, мощностью 0,6-0,7 м склонным к поддуванию. Прочность его 60 кг/см^2 на вдавливание штампа. Ниже залегает слой песчаника, мощностью 0,30 м, который подстилается аргиллитом, мощностью 2,0 м.

Мощность пласта I,8-2,I0 м. Строение - простое. Уголь средней крепости, склонен к отжиму. Прочность 9-I0кг/см^2 на сжатие при испытаниях в массиве.

Глубина работ 200 м.

Нагрузки.

Общую величину нагрузки определим по формуле (IУ,II)

Величина h известна из строения кровли - h =5,0 м. Длина блока по простиранию принята по данным практики l = I,3 м (ширина захвата равна 0,63 м). При отсутствии данных о величине l , ее нужно расчитать из формулы (Ш.5) и окончательно принять кратной глубине вруба.

Количество зависающих блоков n_2 определяется из формулы (IУ.9).

Количество поддерживаемых блоков, формула (IУ.I0)

$$n_1 = \frac{4,0}{I.3} = 3$$

Угол наклона трещин можно принимать α_1 = 65^0.

Коэффициент трения для непосредственной и основной кровель

$$f_1 = f_2 = 0,7$$

Мощность основной кровли h_1 принимается по данным дополнительных скважин или непосредственных замеров. Если в ней есть слои угля или слабых пород, то величина h_1 принимается как часть мощности основной кровли до ослабления.

Шаг обрушения основной кровли определяется по номограмме (рис.7) или принимается по данным практики. В нашем случае он принят на основе опыта отработки $L_1 = 6$ м.

Максимальная удельная нагрузка будет иметь место при осадке основной кровли. Однако при этом следует анализировать схему взаимодействия основной и непосредственной кровель. При ширине поддерживаемого пространства (4 м) в момент разрушения консоли основной кровли величина вылета консоли за пределы поддерживаемого пространства составит 6–4 = 2 м. Предыдущий блок основной кровли обрушится на непосредственную в выработанном пространстве, вследствие чего произойдет обрушение части зависших блоков ее на почву.

Фактическая величина $$n_{2\phi} = \frac{6-4}{1,3} = 1,5$$

Примем в расчете $n_{2\phi} = 2$.

Удельная нагрузка на крепь от непосредственной кровли определится по номограмме, рис.12.

Для крепи под первым блоком она составит 11 т/м^2, под вторым 13 т/м^2, под третьим 15 т/м^2. Средняя пригрузка от основной кровли перед посадкой составит

$$P'_{осн} = \frac{\gamma h_1 L_1}{n_1 t}\left[1 - f(ctg\,\alpha_1 + \cos^2\alpha_1)\right] = \frac{2,5 \cdot 7 \cdot 6}{3 \cdot 1,3}\left[1 - 0,7(0,466 + 0,177)\right] = 15\ т/м^2$$

а в период посадки она возрастет

$$P_{оуд} = \frac{2,5 \cdot 7 \cdot 6}{2 \cdot 1,3}\left[1-0,7(0,466+0,177)\right] = 22 \text{ т/м}^2$$

Общая удельная нагрузка на крепь перед посадкой составит 26, 28 и 30 т/м^2 соответственно под первым, вторым и третьим блоками. В период посадки количество поддерживаемых блоков уменьшается, а количество зависших увеличивается на единицу. Поэтому согласно номограмме (рис. 12) удельные нагрузки от непосредственной кровли составят 16,0 и 21,0 т/м^2 для первого и второго блоков.

Общая нагрузка на крепь в призабойном пространстве в момент посадки составит 38 и 43 т/м^2, т.е. увеличится по сравнению с первым случаем на 12 и 15 т/м^2 соответственно под первым и вторым блоком.

Разумеется, что такие величины нагрузок на крепь будут наблюдаться не при каждой посадке, а только в периоды осадок основной кровли.

Увеличение удельной нагрузки на призабойную крепь в период посадки и является основной особенностью взаимодействия крепи и кровли при блочном характере ее разрушения.

При подвигании забоя передний конец блока основной кровли перемещается относительно поддерживаемого пространства к его границе. В случае, когда опорой блока основной кровли является только последний поддерживаемый блок, максимальная нагрузка будет иметь место на границе призабойного пространства, т.е. на посадочной крепи и составит в период посадки:

$$P=16,2\left(1+\frac{2\cdot4}{6}-0,326\right)+\frac{2,5\cdot7\cdot6}{1,3}\left[1-0,7\left(0,466+0,177\right)\right]=77,5\ т/пм$$

Величина n_2 здесь увеличится с 2 до 4, т.к. вылет консоли основной кровли за пределы призабойного пространства теперь уже позволяет зависать блокам непосредственной кровли.

По характеру проявлений горного давления наиболее подходящим типом призабойной и посадочных крепей является крепь постоянного сопротивления.

По существующему стандарту ГОСТ 10639-66 на металлические призабойные стойки предусматривается выпуск гидравлических стоек с внутренним "Г" и внешним питанием "ГВ". Производится расчет необходимых конструктивных параметров и по типажу стоек выбирается конкретный образец.

Для пласта 5 целесообразно принять стойку ГВ6 с высотой в сдвинутом положении 1320 мм, в раздвинутом -1950 мм. Рабочее сопротивление стойки R = 25 т.

В качестве посадочной крепи принимаются гидравлические или механические тумбы.

Принимаем тумбу ОКУ-06. Несущая способность тумбы- 150 т.

Плотность призабойной крепи под первым от забоя блоком определится по формуле

$$p' = c\,\frac{P'_{чд}}{R} = 1,1\,\frac{38}{25} = 1,67\ ст/м^2$$

где C = 1,1 коэффициент, учитывающий неисправность стоек.

Под вторым от забоя блоком

$$\rho'' = I,I\,\frac{43}{25} = I,89 \text{ ст/м}^2$$

Плотность посадочной крепи в момент посадки

$$\rho_п = I,3\,\frac{77,5}{I50} = 0,67 \text{ ст/пм}$$

где $C_п$ - коэффициент, учитывающий несинхронность работы тумб и их неисправность.

Проверим возможность вдавливания гидростоек в почву. Необходимая площадь опоры стойки.

$$S = \frac{R}{q_q} = \frac{25000}{60} = 4I7 \text{ см}^2$$

где q_q - допустимая удельная нагрузка на почву кг/см^2; Расчет показывает, что площадь опоры гидростоек необходимо увеличить.

При расчете необходимой площади опоры стоек необходимо знать детальное строение почвы. Если слой слабой почвы имеет толщину 0,03-0,05 м, а ниже породы прочные, то верхний слой можно не учитывать, а расчет производить по прочностным характеристикам нижнего слоя.

В качестве верхнего строения принимаем металлические верхняки, длиной равной или кратной глубине захвата выемочной машины.

При узкозахватных комбайнах с захватом 0,63 длина верхняка принимается I,25 м.

Затяжка кровли должна применяться на пластах с неустойчивой или ложной кровлей. В других случаях необходимость применения и полнота ее определяются для конкретных условий исходя из способности кровли образовывать местные вывалы.

Под каждый верхняк целесообразно устанавливать две стойки с таким расчетом, чтобы они не переставлялись впоследствии до выхода на границу призабойного пространства.

Расстояние между рамами крепи при установке их по простиранию определится из формулы

$$a'' = \frac{N}{l\rho''} = \frac{2}{1,3 \cdot 1,89} = 0,81 \text{ м}$$

где N - количество стоек, устанавливаемых под верхняк;

l - длина блока по простиранию пласта, м.

При применении изгибающегося конвейера первый от забоя ряд стоек может быть установлен только за конвейером, следовательно на расстоянии не менее 1,0 м. При длине первого блока 1,3 м под ним в непрерывную цепочку верхняков по простиранию может быть установлена только одна стойка. Расстояние между рамками под первым блоком составит

$$a' = \frac{N}{l\rho'} = \frac{1}{1,3 \cdot 1,67} = 0,46 \text{ м}$$

Величина $a' < a''$,т.е. расстояние между рамками под первым от забоя блоком должно быть меньше, чем под вторым.

В таком случае количество стоек под первым блоком необходимо увеличить в $\frac{a''}{a'} = \frac{0,81}{0,46} = 1,76$ раза.

Далее проверяем по нагрузкам. При максимальной нагрузке 38 т/м^2 и установке 2 стоек, необходимое расстояние между рамками составит

$$a = \frac{38 \cdot 1,3}{2 \cdot 2,5} = 0,99 \text{ м}$$

Окончательно принимаем расстояние между рамками 0,8м

для всей ширины призабойного пространства. В первом от забоя ряду стоек устанавливается дополнительная стойка под металлической верхняк.

Расстояние между тумбами ОКУ-06 в ряду посадочной крепи определится

$$a_{п} = \frac{1}{\rho_{п}} = \frac{I}{0,67} = I,49 \text{ м, т.е.}$$

тумбы должны устанавливаться через одну рамку в ряд.
При разгрузке тумб и посадке кровли необходимо обеспечить расчетное сопротивление под вторым блоком. Для этой цели необходимо установить дополнительный ряд тумб, который не разгружался бы во время посадки кровли. Это требование может быть обеспечено, если дополнительный ряд сместить по простиранию на расстояние одного шага посадки относительно основного. При этом тумбы должны устанавливаться также через рамку в незанятые просветы.

Расстояние между стойками в рамке выбирается таким, чтобы обеспечить проход людей между рядами стоек.

Для предотвращения вывалов породы и обеспечения безопасности бесстоечное призабойное пространство должно быть перекрыто консолями металлических верхняков.

Во время посадки кровли производится передвижка только одного ряда тумб на расстояние четырех шагов выемки. Второй ряд остается неразгруженным. Разгрузка тумб производится только в одной точке.

При применении стоек трения перестановка их не допускается.

Временная крепь применяется только при наличии слабой или ложной кровли, а также склонности кровли образовывать местные вывалы.

На рис. 19а приведен существовавший паспорт крепления, на рис.19б - расчитанный на основании приведенной методики. Внешне они близки, однако имеют принципиальное различие. В существовавшем паспорте, при котором наблюдались неоднократные завалы лав, применялись металлические стойки трения, плотность призабойной крепи составляла 2,0 ст/м^2, посадочной - 1,1 ст/п.м. Посадочные стойки ОКУ-06 хотя и устанавливались в два ряда, однако они оба переносились при каждой посадке. Кроме того, посадка производилась сразу в нескольких точках. При этом по мере разгрузки стоек наступал такой момент когда в посадочном ряду по всей длине лавы оставались рассредоточенные единицы тумб. Иначе говоря, паспорт предусматривал как раз тот порядок переноса посадочной крепи, который наиболее нежелателен с точки зрения взаимодействия тяжелых кровель с крепью.

В новом паспорте плотность гидравлических стоек призабойной крепи составила 2,2 ст/м^2, посадочной 1,43 ст/пм. Он полностью учитывает особенности взаимодействия тяжелых кровель с крепью очистного забоя.

Приведенный пример расчета паспорта крепления характеризует только общий метод учета особенностей разрушения и перемещения прочных кровель пластов. Паспорт может быть составлен в нескольких вариантах. Рабочий вариант должен быть наиболее четко увязан с технологией выемки угля и па-

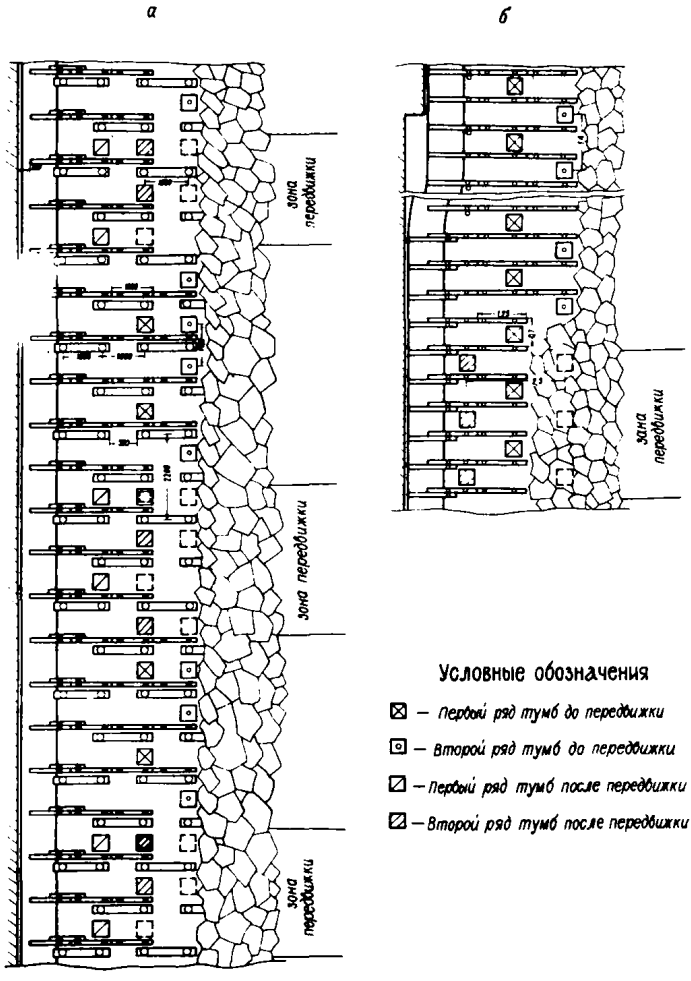

а
б
зона передвижки
зона передвижки
зона передвижки
зона передвижки
Условные обозначения
— Первый ряд тумб до передвижки
— Второй ряд тумб до передвижки
— Первый ряд тумб после передвижки
— Второй ряд тумб после передвижки

Рис. I9

раметрами используемых машин. Одним из основных критериев для выбора варианта паспорта крепления кроме обеспечения безопасности является его экономичность в затратах труда на крепление и управление кровлей.

Здесь нет необходимости проводить расчет паспортов крепления для других схем разрушения, т.к. общий порядок остается таким же, а формулы для определения нагрузок приведены в соответствующем разделе.

Р А З Д Е Л УШ

УСЛОВИЯ РАБОТЫ МЕХАНИЗИРОВАННЫХ КРЕПЕЙ

Современные механизированные крепи обладают целым рядом особенностей и свойств, которые вносят существенные изменения в закономерности взаимодействия крепи и кровли по сравнению с индивидуальными крепями. Рассмотрим основные из них.

I. Большая ширина бесстоечного призабойного пространства, несмотря на применение различных консолей верхняков, не позволяет оказывать существенное сопротивление вблизи забоя. Это приводит к большим смещениям кровли еще до подхода опор крепи.

2. Передвижка крепи (посадка кровли) в большинстве крепей производится в зоне повышенных скоростей смещения кровли, вызванных проходом выемочной машины.

3. Разгрузка механизированных крепей, в отличие от индивидуальных, при каждой посадке производится полностью. Иначе говоря, во время передвижки крепи вдоль лавы проходит фронт полного снятия сопротивления по всей ширине призабойного пространства.

4. Рабочее сопротивление крепей определяется настройкой предохранительных клапанов стоек, срабатывание которых может происходить при разном давлении в цилиндрах стоек.

5. Механизированная крепь находится в контакте с боковыми породами от установки до разгрузки значительно меньшее время, чем индивидуальная.

6. Возможность создания большого начального распора гидростоек позволяет уменьшать величину начального смещения кровли до выхода на рабочее сопротивление.

7. В процессе передвижки механизированной крепи могут происходить перемещения кровли, которые не реализуются в податливости гидростроек.

8. Общая характеристика системы крепь-боковые породы при механизированных крепях оказывает большее влияние на процесс поддержания кровли, чем при использовании индивидуальных крепей.

9. Оперативное увеличение сопротивления механизированной крепи производить более сложно и не всегда возможно.

Указанные особенности механизированных крепей оказывают существенное влияние на условия взаимодействия их с боковыми породами.

Рассмотрим основные из них более подробно. Исследования смещений кровли впереди забоев лав в Кузбассе /31, 32 /, показали, что величины этих смещений могут достигать 30 мм. В призабойном бесстоечном пространстве они резко возрастают и могут достигать 60-70 мм /32, 34 /. Вследствие того, что эти перемещения накапливаются в районе консолей механизированных крепей, то они практически не реализуются в податливости крепи, т.к. происходит деформирование консолей (рессоры, гидропатроны и т.д.). Вместе с тем, как показали исследования /33/, на пластах с тяжелыми кровлями в период влияния осадок основной кровли происходят большие смещения по линии закола у забоя и накапливание допални-

тельных смещений кровли в период передвижки крепи, которые также не реализуются в податливости крепи. Все это приводит к тому, что несмотря на малые величины податливости гидростоек в цикле общие смещения кровли на границе призабойного пространства при механизированных крепях могут больше, чем при индивидуальных и достигать значительных величин (400-500 мм).

Большие смещения кровли в сочетании с многократными передвижками крепи способствуют разрушению нижних слоев кровли и выпадению их в призабойное пространство.

Уменьшение вредного влияния этих явлений может быть достигнуто путем увеличения сопротивления консолей крепей и увеличения начального распора.

Разгрузка секций механизированных крепей в зоне повышенных скоростей смещения кровли оказывает неблагоприятное действие на ее состояние. Многократное повторение этого процесса для одних и тех же участков кровли вызывает дополнительное разрушение и перемещение кровли. Кроме того, полная разгрузка крепи вызывает существенное уменьшение общего сопротивления по лаве, т.к. у современных механизированных крепей величина начального распора значительно ниже рабочего сопротивления.

В то же время установка секций в новое положение в зоне действия повышенных скоростей смещения кровли способствует быстрому развитию сопротивления гидростоек и выходу их на рабочую характеристику. Фактическое сопротивление гидростоек, определяемое порогом срабатывания клапана, изме-

няется в широких пределах, т.к. клапаны работают далеко неодинаково. Причиной этого может быть их износ, загрязнение рабочей жидкости и т.д. Исследования, проведенные в шахтных условиях показали, что только около 25% срабатываний клапанов происходит при давлениях, близких к настройке. Кроме того, гидростойки крепи могут иметь утечки, которые снижают фактическое сопротивление гидростоек. На практике имеют место многократные случаи саморазгрузки крепей.

Измерение начального распора гидростоек механизированных на многих шахтах (ш. им. Кирова, им. 7-го ноября, Чертинская-I и др.) показали что средняя величина фактического распора гидростоек составляет 70-80%, а в некоторых циклах всего лишь 30% от номинальной. Выбор рациональной величины распора имеет большое значение для обеспечения нормальной работы крепи.

Обработка большого объема исследований взаимодействия механизированных крепей с тяжелыми кровлями показала, что наиболее рациональная величина начального распора должна составлять 60-70% от номинального сопротивления гидростоек. При этом учитывался разброс порогов срабатывания клапанов, неисправность стоек, колебания фактических нагрузок на крепь и другие факторы.

Опыт эксплуатации и проведенные в шахте исследования /7/ указали на то, что крепи оградительно-поддерживающего типа (ОМКТ, ОМКТМ, АТ) на пластах с тяжелыми кровлями работают весьма ненадежно, часто деформируются, склонны к опрокидыванию на забой и т.д. Причиной этих явлений

служит особая схема разрушения тяжелых кровель и формирования нагрузок, рассмотренные в предыдущих разделах.

На рис.20а показана схема нагружения крепи оградительно-поддерживающего типа для случая, когда обломившийся блок основной кровли передает основную часть нагрузки через первый от забоя блок на поддерживающую часть крепи. В этом случае результирующая всех сил приложенных со стороны кровли к крепи направлена наклонно в сторону забоя. Точка ее пересечения с линией почвы находится впереди опоры стойки, а в отдельных случаях даже впереди основания крепи. В этом случае крепь становится неустойчивой и стремится к опрокидыванию на забой. Кроме того в основании возникает большой изгибающий момент, который вызывает деформацию основания (изгиб) / 35 /.

При уменьшении мощности пласта опасность деформирования основания у крепи возрастает.

С другой стороны, в случаях больших нагрузок на оградительную и поддерживающую части, может происходить и происходит зажатие стоек нажестко.

На рис. 20б показана схема нагружения для случая, когда блок основной кровли передает пригрузку на оградительную часть. В этом случае результирующая всех сил пересекает линию почвы позади опоры стойки и секция находится в устойчивом состоянии. Однако максимальные нагрузки приложены к оградительной части. В результате происходит ее деформирование, чаще всего в местах соединения продольных несущих балок с проушинами, соединяющими ее с поддерживающей частью.

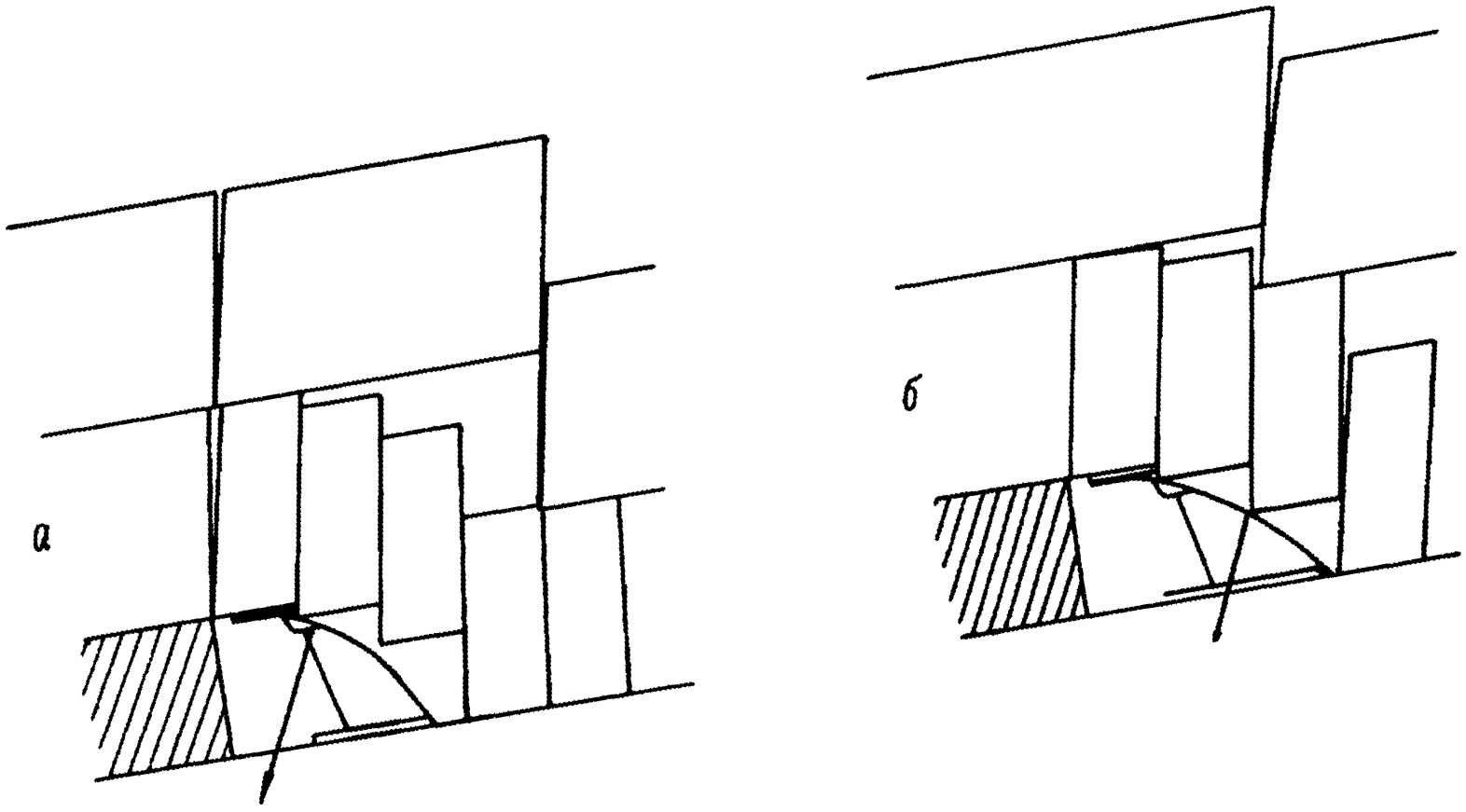


Рис. 20

Специальные исследования работы крепи оградительно-поддерживающего типа при тяжелых кровлях на моделях /36/ подтвердили результаты шахтных и теоретических исследований. На рис.21 показано фото состояния крепи и кровли в момент, когда основные нагрузки передаются через поддерживающую часть крепи. Задний конец крепи приподнялся, крепь наклонилась в сторону забоя.

Эти же закономерности взаимодействия крепи и кровли наблюдаются и при короткоблочном разрушении непосредственной кровли.

Результаты исследований показали, что крепи оградительно-поддерживающего типа в современном исполнении на пластах с тяжелыми кровлями неработоспособны и требуют совершенствования.

К крепям поддерживающе-оградительного типа, работающим на пологих пластах Кузбасса, относятся КМ-81 и МК. Конструктивные их особенности в большей степени отвечают основным закономерностям нагружения крепей на пластах с тяжелыми кровлями, однако их сопротивление мало для отработки таких пластов.

При узкоблочном разрушении непосредственной кровли передача нагрузок в начальный период облома основной происходит через ближайший к забою блок, который может сохранять частичную опору на забой. При выходе его в призабойное пространство, основная часть нагрузки будет восприниматься консолью перекрытия. Поскольку величины удельных нагрузок в этот момент велики, то происходит опускание консоли до тех пор пока эти величины не уменьшатся за счет того, что при-

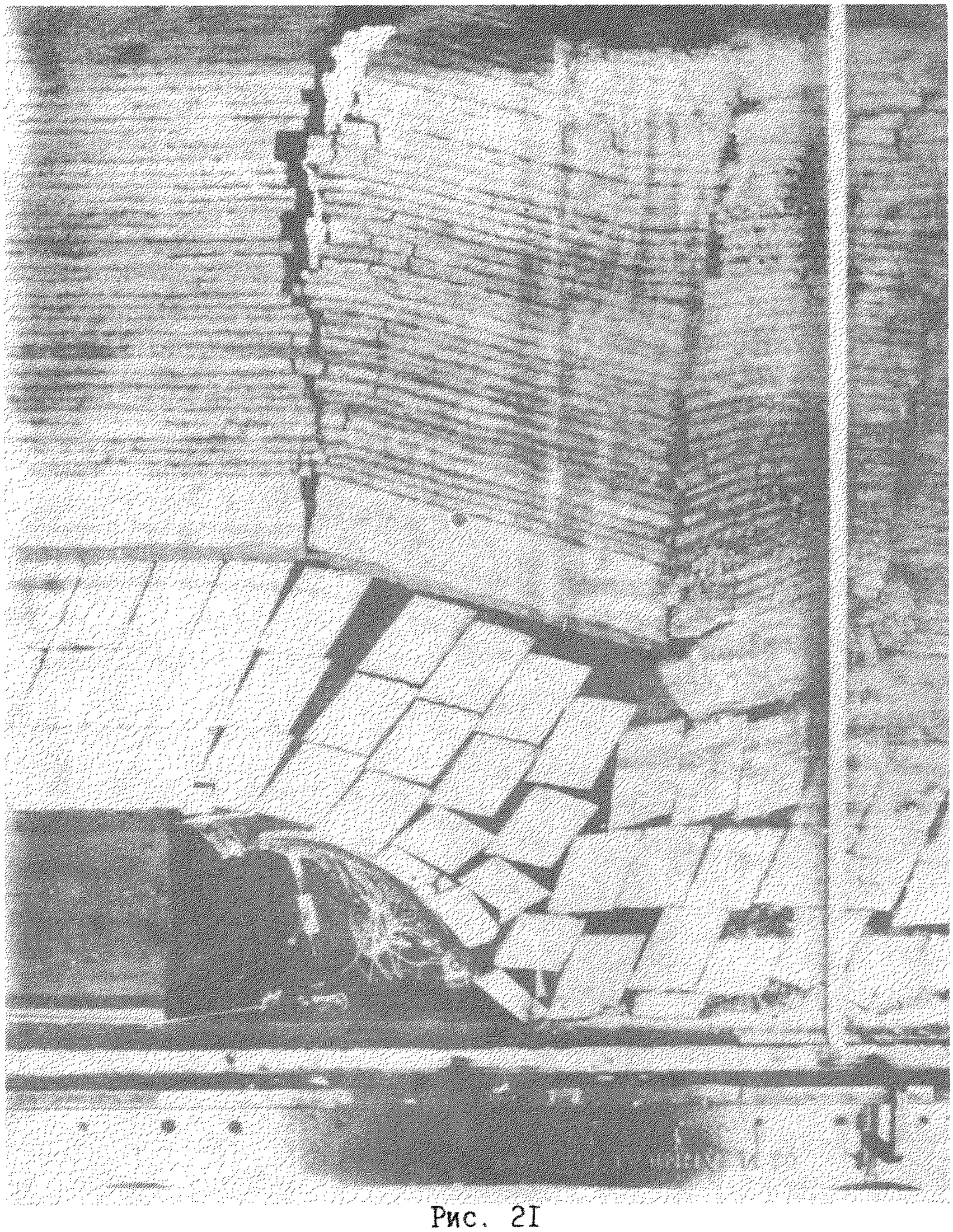


Рис. 2I

грузка от основной кровли начнет передаваться через несколько блоков. На рис.22а изображен такой случай. Очевидно, что удержать консолью крепи от смещений блок основной кровли практически невозможно. Поэтому проседания кровли по трещинам вблизи забоя при осадке основной кровли при современных конструкциях механизированных крепей следует считать неизбежными. Однако величина этого проседания может быть существенно уменьшена за счет применения крепей с высоким начальным распором и высокой несущей способностью. С этой точки зрения на пластах с тяжелыми кровлями нецелесообразно применять крепи с наклоном верхнего перекрытия в сторону выработанного пространства, т.к. это способствует увеличению проседания кровли у забоя.

Вторым случаем повышения нагрузок на часть крепи является схема, когда нагрузки от основной кровли передаются через один последний поддерживаемый блок, рис.22 б. Опасным для крепи являетая также случай, когда опорный блок передает нагрузку только на оградительную часть в виде сосредоточенных сил. Поскольку величины нагрузок значительны, могут быть деформированы ограждения. Такие поломки имели место и на крепи М-8I и на комплексе П МК. В последнем случае на пл.5 м.Чертинская-I у 73% всех секций были деформированы оградительные части /33/. Эти данные еще раз подтверждают, что расчетные нагрузки на оградительные части механизированных крепей для пластов с тяжелыми кровлями должны приниматься гораздо выше, чем принимались до сих пор.

С точки зрения облегчения условий работы оградительных частей крепей поддерживающе-оградительного типа они должны

иеть возможно больший угол наклона и не выступать значительно за пределы заднего конца поддерживающей части.

Действием периодически повторяющихся повышенных нагрузок на консольную часть перекрытий вблизи забоя и объясняются периодические потери раздвижности (потери высоты), наблюдаемые при эксплоатации крепей /33/. Применение подрессоренных консолей на таких пластах нежелательно. Они должны быть активными. Применение крепей поддерживающе-оградительного типа возможно, однако существующие их конструкции должны совершенствоваться.

Схема взаимодействия крепей поддерживающего типа с тяжелыми кровлями в основном та же, что и крепей поддерживающе-оградительного типа. Отличием здесь служит то, что необходимо предусматривать специальные меры для предотвращения ударов пород кровли, смещающихся под углом по незащищенным деталям крепи, в частности, стойкам.

Исходя из рассмотрения условий работы механизированных крепей расчетные схемы их можно представить в следующем виде, рис.23.

I. Пригрузка от основной кровли в начальный период ее влияния передается только через первый от забоя блок. Максимальная удельная нагрузка сосредоточивается на передней части перекрытия. Время ее действия определяется временем смещения основной кровли до тех пор, пока она не распределится на все поддерживаемые блоки. Поскольку современные механизированные крепи не способны выдерживать большие удельные нагрузки на переднем конце перекрытия, то необходи-

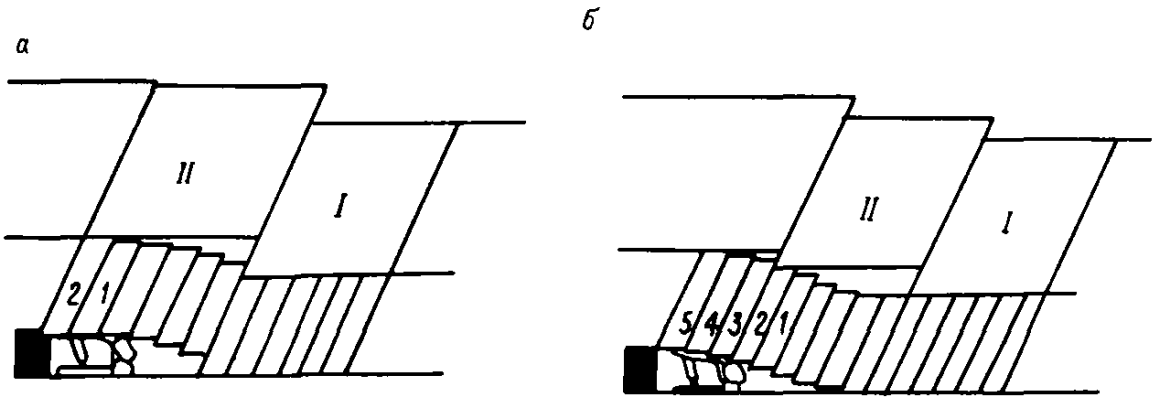

а
б
II
I
2
1
II
I
5
4
3
2
1

Рис. 22

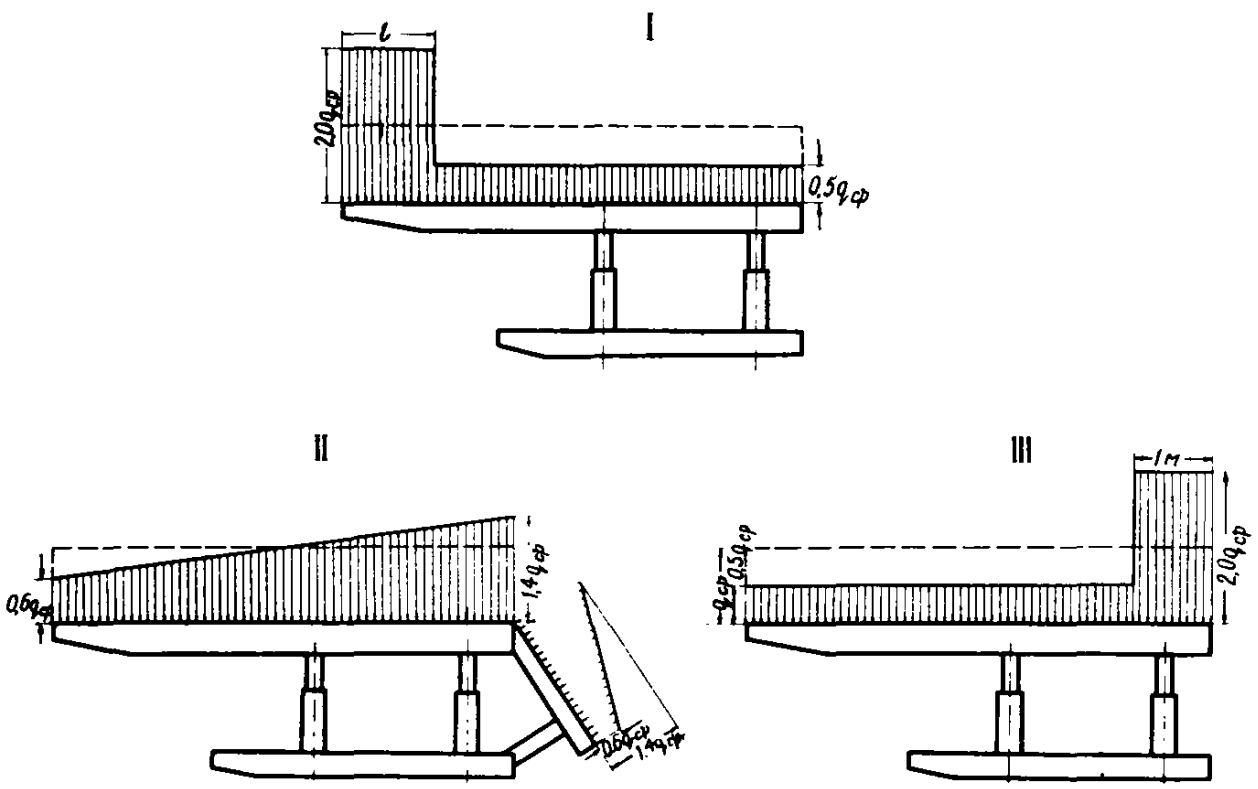

I
l
2,0qср
0,5qср
II
0,6qср
1,4qср
0,6qср
1,4qф
III
1м
0,5qср
2,0qср

Рис. 23

мо определить параметры смещения слоя основной кровли и возможность применения их в конкретных условиях.

Из общей схемы взаимодействия непосредственной и основной кровель выведена формула для определения величины смещения верхней кромки непосредственной кровли.

$$\Delta H_н = 2h\left[ctg\,\alpha_1 \cdot \sin\Delta\alpha + \frac{1}{2}(1-\cos\Delta\alpha) + n_1 t \sin\Delta\alpha + \sum_{1}^{n_1}\Delta h_2\right] \qquad (УШ.I)$$

Все обозначения приведены ранее.

Наилучшим вариантом является случай, когда смещение верхней кромки непосредственной кровли определяются только разворотом блоков, т.е. наклоном кровли при отсутствии их взаимного проскальзывания

$$\sum_{1}^{n_1}\Delta h_2 = 0$$

Величина смещения основной кровли до выравнивания удельных пригрузок от нее зависит от мощности непосредственной кровли и угла разворота блоков и может достигать 0,2-0,3 м. Эти величины и наблюдались по линии закола в призабойном пространстве. Избежать их при современных крепях трудно. Поэтому в расчетах на удельные нагрузки схему I (рис.23) применять не рекомендуется.

В периоды действия этой схемы нагружения наблюдаются потери высоты призабойного пространства, что должно учитываться при выборе минимальной вынимаемой мощности пласта.

II. После выравнивания пригрузок от основной кровли по всей длине крепи расчетная схема приобретает вид, показанный на рис.23,II.

III. В период конечного влияния осадки основной кровли удельные нагрузки сосредоточиваются на границе призабойного

пространства, вследствие чего возникает схема нагружения, приведенная на рис. 23.Ш.

Для расчета элементов крепи и общей устойчивости в расчетах рекомендуется применять две последние схемы.

Остальные схемы имеют подчиненное значение.

В зависимости от размеров крепи по простиранию $l_к$ и шага ее передвижки количество циклов, в течение которых крепь будет испытывать повышенные нагрузки от основной кровли, определится по формуле /II/.

$$N_1 = \frac{l_к + l_0}{b} \qquad (УШ.2)$$

где l_0 – расстояние от переднего козырька крепи до переднего края опорного блока, м.

Количество циклов, в течение которых крепь будет работать под влиянием нагрузки только от непосредственной кровли определится по формуле

$$N_2 = \frac{L_1 - (l_к + l_0)}{b} \qquad (УШ.3)$$

В качестве примера можно указать на график изменения нагрузок на крепь П МК на ш. Чертинская-I, представленный на рис.9 (пунктирная линия).

Из графика видно, что периодичность появления повышенных нагрузок прослеживается довольно отчетливо, причем область их влияния близка по величине к периоду, когда она отсутствует. На этом рисунке сплошной линией нанесен график изменения расчетных нагрузок, построенный на основе формулы (IУ.II) с учетом фактического шага разрушения основной кровли.

Из сравнения графиков видно, что расчетные и фактические величины достаточно хорошо совпадают, особенно при пиковых нагрузках.

Особый характер разрушения и перемещения тяжелых кровель способствует возникновению больших периодических нагрузок на крепь, причем эти нагрузки могут оказаться настолько большими, что крепь не в состоянии их выдержать. В результате могут наблюдаться случаи полного зажатия крепи.

Проведенные исследования позволили выявить особый характер взаимодействия крепи и кровли. На ш. Чертинская-I на пл.5 при эксплуатации комплекса П МК были проведены 4 этапа изменения сопротивления крепи с целью выявления предельных нагрузок на крепь. Средние результаты этих измерений приведены в табл. 4.

Таблица 4

Этапы Показатели	I	2	3	4
Рабочее сопротивление крепи (настройка) т.	I60	II4	I00	80
Фактическое сопротивление, т среднее	64,4	6I,0	57,4	65,6
максимальное	I32	92	85,6	78
Податливость стоек в цикле, мм средняя	5,0	5,0	I0,5	66,2
максимальная	20	I9,2	49,6	249,5

При уменьшении настройки клапанов со 160 до 80 т на секцию средняя за этап податливость стоек возрасла с 5,0 до 66,2 мм. Явно прослеживается влияние рабочего сопротивления на величину податливости стоек, а следовательно и смещений кровли. Однако обращает внимание то обстоятельство, что средние фактические нагрузки на крепь остались практически на одном уровне. Это говорит о том, что в среднем величина нагрузок оставалась постоянной и не зависела от смещений кровли. Податливость существенно возрасла только в третьем этапе, тогда как в первых двух она осталась неизменной.

Однако если обратиться к максимальным величинам, наблюдаемым в период вторичных осадок кровли, то увидим, что фактическое сопротивление в этих циклах намного превышало средние величины, податливость как средняя, так и максимальная также резко увеличивались.

Из таблицы 4 видно, что параметры крепей не могут определяться средними измеренными величинами за какой-то этап наблюдений. Их необходимо выбирать по среднемаксимальным значениям пиковых проявлений вторичных осадок. Эти результаты прямо указывают на то, что величины податливости крепи зависит от того, насколько велико различие между фактическими нагрузками на крепь и рабочим (настроечным) сопротивлением крепи. Кроме того, в каждом периоде имели место циклы, в которых создавалась угроза зажима крепи (отдельные секции были зажаты). Все это говорит о том, что средние величины нагрузок и податливости не могут характеризовать процесс взаимодействия крепи и кровли.

Результаты измерений более целесообразно представлять в виде зависимости податливости от величины отношения рабочего сопротивления крепи $P_н$ к фактической (или расчетной) нагрузке на крепь $P_ф$ рис.24а, при этом каждая точка должна соответствовать своему циклу.

Здесь четко видно влияние этого соотношения на величину податливости крепи. Последняя начинает возрастать при $K = 2,0 - 2,1$ и резко увеличивается при $K = I,4$). В четвертом этапе, при настройке 80 т и величине $K = I,I2$ податливость I0 секций в двух циклах достигла 220 мм, тогда как средние составили всего 66,2 мм. Секции были зажаты. Это аварийное состояние крепи, которое не может допускаться при ее эксплоатации, т.к. простой всего комплекса приносит большие убытки, чем выход из строя нескольких единиц индивидуальной крепи. Поэтому рабочее сопротивление крепи должно выбираться таким, чтобы не допускать аварийного состояния крепи.

Характер зависимости податливости крепи от величины "К" позволяет выделить три режима работы механизированной гидравлической крепи /37; 25 / на пластах с тяжелыми кровлями.

I. Устойчивый режим $K > 2,2$

2. Режим возможного управлений $I,4 < K < 2,2$

3. Аварийный режим $K < I,4$

Успешная эксплоатация крепи может производиться в первом и втором режиме. Третий режим для работы крепи неприемлем, т.к. возможно зажатие крепи.

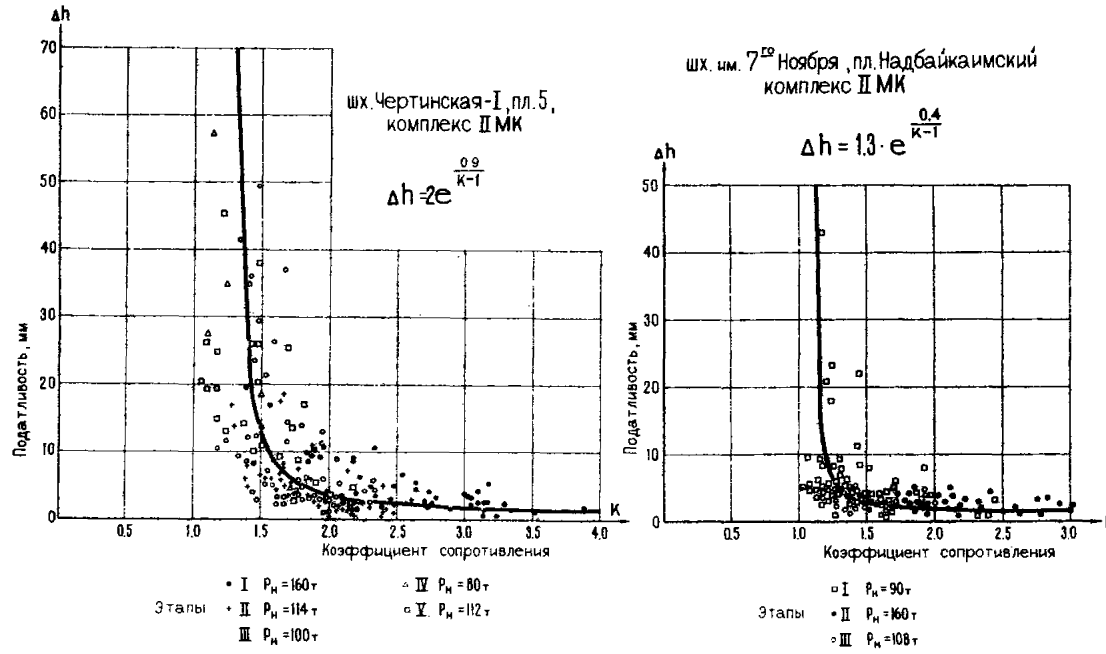

Δh
70
60
50
40
30
20
10
0
Податливость, мм
шх. Чертинская-I, пл. 5,
комплекс II МК
Δh = 2e^(0.9/(k-1))
0.5
1.0
1.5
2.0
2.5
3.0
3.5
4.0
K
Коэффициент сопротивления
Этапы
• I Pн = 160т
+ II Pн = 114т
III Pн = 100т
△ IV Pн = 80т
○ V Pн = 112т
шх. им. 7 го Ноября, пл. Надбайкаимский
комплекс II МК
Δh = 1.3 · e^(0.4/(k-1))
Δh
50
40
30
20
10
0
Податливость, мм
0.5
1.0
1.5
2.0
2.5
3.0
K
Коэффициент сопротивления
Этапы
□ I Pн = 90т
• II Pн = 160т
○ III Pн = 108т

Рис. 24, а

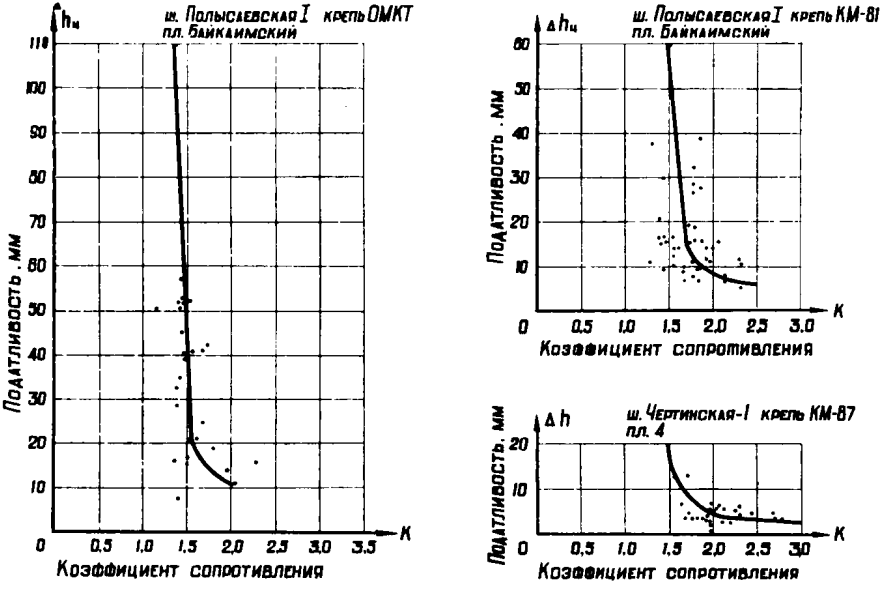

ш. Полысаевская I крепь ОМКТ
пл. Байкаимский
$h_ц$
Податливость, мм
Коэффициент сопротивления
K
ш. Полысаевская I крепь КМ-81
пл. Байкаимский
$\Delta h_ц$
ш. Чертинская-1 крепь КМ-87
пл. 4
Δh

Рис. 24, б

Границы отделения режимов работы механизированной крепи на пластах с тяжелыми кровлями в условиях заданной нагрузки определяются тремя основными факторами: а) естественный разброс пределов срабатывания предохранительных клапанов;

б) неодинаковость характеристик системы крепь-боковые породы для разных секций в результате чего они не одновременно выходят на рабочую характеристику;

в) естественный разброс нагрузок на крепь, зависящий от параметров разрушения кровли и условий ее взаимодействия с крепью.

Кроме того, часть секций крепи после распора не успевает развить необходимого сопротивления, и какая-то часть секций или стоек находится в неисправном состоянии. Все эти факторы вызывают необходимость повышения рабочего сопротивления крепей против фактических максимальных нагрузок, как показали исследования, на 40%.

Обработка результатов измерений на механизированных крепях по указанному принципу, приведенная на рис.24б показала, что крепи работающие в аварийном режиме (ОМКТ и М-8I на шахте Полысаевская-I) не обеспечивают надежное поддержание кровли. В результате указанные крепи не смогли отработать столбов и были демонтированы.

Крепь комплекса КМ-87, работавшая в устойчивом режиме и в режиме возможного управления показала хорошие результаты и отработала несколько столбов.

При применении описанного метода обработки результатов измерений нет необходимости в проведении длительных

и весьма трудоемких исследований с изменением рабочего сопротивления. Достаточно провести обычные измерения сопротивления и податливости и построить график их зависимости с учетом номинального сопротивления. Если точки попадают в область аварийного режима крепь требует увеличения рабочего сопротивления. Если последнее невозможно, она должна быть заменена другой крепью с повышенной несущей способностью.

Для предотвращения зажатия крепи необходимо предусматривать достаточную гидравлическую податливость, минимальная величина которой приближенно может быть определена по формуле

$$A_{min} = \Delta h_ц + 100 \qquad (\text{VIII.4})$$

где $\Delta h_ц$ - величина податливости стоек за цикл, мм.

100 - запас гидравлической податливости на разгрузку, мм.

В период влияния осадок основной кровли происходят потери высоты или потери раздвижности /33/, которые существенно увеличивают опасность зажатия крепи, особенно в период работы крепи на минимальной мощности пласта.

$$A_2 = \Delta h_ц + 100 + \Delta H \qquad (\text{VIII.5})$$

где ΔH - величина смещения контура кровли за период влияния осадок основной кровли, мм.

Величины $\Delta h_ц$ и ΔH зависят от величины K и приближенно могут быть определены для условий тяжелых кровель по формулам /25/.

$$\Delta h_ц = 2 \cdot e^{\frac{0.9}{K-1}}$$

$$\Delta H = N_1 \cdot 10\, e^{\frac{0,5}{K-1}} \qquad (УШ.6)$$

где e – основание натурального логарифма.

Подсчет необходимой гидравлической раздвижности показывает, что величину нижнего предела вынимаемой мощности пласта, указанную в характеристиках крепей, нужно увеличить на 20%.

Наличие смещений кровли в плоскости пласта в сторону забоя накладывает особые требования на расчет механизированных крепей. В крепях, у которых применяется кинематическая завязка через оградительную часть (например МК, М-8I), должны учитываться усилия, действующие вдоль перекрытия $P_г$

$$P_г = P \cdot f$$

где P – суммарное сопротивление гидростоек, т,

f – коэффициент трения металла о породу.

По данным наблюдений в шахтных условиях / 45 / величина f должна приниматься в пределах 0,35–0,40.

В крепях же типа М-87, М-I00 и т.д. необходимо учитывать величину перемещения кровли для определения возможного угла отклонения стоек в упругих восстановителях стаканов.

На рис.25 – приведена схема перемещения точки кровли, сопряженной с перекрытием крепи. Из схемы можно составить уравнение для определения угла поворота стойки в ста-

кане /46/

$$tg\psi = \frac{\Delta h'_3}{tg\varphi(m - \Delta H - A)} \qquad (УШ.7)$$

где:

$\Delta h'_3$ - смещение кровли за цикл работы крепи, мм,

m - мощность пласта, мм,

ΔH - общее смещение кровли на границе призабойного пространства, мм,

$A = a_1 + a_2$; a_1 - расстояние от кровли до точки поворота стойки, мм,

a_2 - то же от почвы , мм.

Величина $\Delta h'_3$ должна приниматься максимальной, т.е. в периоды влияния осадок основной кровли, которая, как было показано выше, достигает 200 мм.

Если принять величину A = 0,I5 ,то формула УШ.7 перепишется в виде

$$tg\psi = \frac{\Delta h'_3}{tg\varphi(0{,}85m - \Delta H)} \qquad (УШ.8)$$

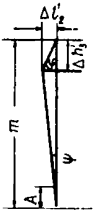


Рис. 25

Для предотвращения нагружения стаканов стоек силами, возникающими при смещении кровли в плоскости пласта, углы отклонения гидростоек в восстановителях следует принимать максимальными.

Принимая φ = 65 (данные наблюдений) получим, что угол отклонения стоек колеблется в пределах $2\text{–}4^0$.

В расчетах следует принять следующие величины

Мощность пласта, м	I.0	2.0	3.0
Величина угла ψ , град.	4	3	2

Опыт пробной эксплуатации механизированных крепей на пластах с тяжелыми кровлями (Поленовский, Красноорловский, 5,3 и др.) показал, что особое значение имеет обеспечение поперечной устойчивости секций крепи, которые на пластах с углами падения более 10^0 наклоняются обычно в сторону падения, хотя имелись случаи наклона и в сторону восстания. Причиной этого явления могут служить слабые породы почвы, штыбовая подушка, внецентренное приложение нагрузок со стороны кровли, вывалы и пустоты над секциями и т.д. Поэтому в проектах новых крепей необходимо предусматривать надежные меры обеспечения поперечной устойчивости секций крепей, а также технические возможности для их выпраки в случае отклонения.

При измерении опорных реакций в крепях постоянно наблюдалось неравномерное их распределение по ширине секции. Это указывает на наличие крутящих моментов в конструкции крепи. Поэтому расчет узлов и конструкции крепи должен производиться с учетом внецентренного приложения нагрузок на перекрытие. Величину смещения точки приложения нагрузки от осевой линии перекрытия следует принимать не менее 1/3 В.

где В - ширина перекрытия.

Такая же схема расчета должна применяться и при расчете оснований.

Анализ расчетных методик на механизированные крепи показал, что проверка сечений по допускаемым напряжениям обычно проводится только для тех сечений, где действуют максимальные изгибающие моменты. Однако сечения элементов

крепей не остаются постоянными, поэтому при поверочных расчетах необходимо проверять точки, в которых имеется резкое изменение момента сопротивления сечения.

На эффективную работу механизированных крепей в очистном забое существенное влияние оказывают не только правильный расчет и выбор типа крепи, но, и в неменьшей степени, соблюдение определенных технических требований при их эксплоатации. При подборе типоразмера крепи для конкретного участка или пласта необходимо стремиться к тому, чтобы крепь работала на максимальной гидравлической раздвижности. Это позволит, в ряде случаев, избежать зажатия крепи нажестко. При отработке пласта невозможно быть уверенным в том, что не встретится уменьшение мощности пласта более чем на 15%, предусмотренных паспортом крепи. Помимо этого, принимая средние величины смещения кровли, мы не можем гарантировать невозможность случаев их значительного повышения вследствие каких либо причин. Как показал опыт, работающая крепь с течением времени теряет свою несущую способность вследствие износа клапанов, уплотнителей, засорения рабочей жидкости, поломок и т.д. Это приводит к тому, что крепь перестает удовлетворять условиям эксплоатации. Необходимо производить ревизию и ремонт.

Для этой цели в графике работ очистного забоя, оборудованного механизированной крепью должно быть предусмотрено время для профилактического осмотра и ремонта крепи.

Механизированная крепь должна быть оборудована приборами контроля состояния гидросистемы. В случаях выхода из

строя секций крепи или их отклонения от нормали к пласту на угол $\pm 10^{0}$, забой должен быть остановлен до приведения всей крепи в рабочее состояние.

При подборе участка для применения механизированной крепи следует убедиться в том, что над ним не оставлены целики угля на верхнем отработанном пласте при величине междупластья менее чем 15 кратная мощность отрабатываемого пласта.

Целики, расположенные над лавой с механизированной крепью, могут существенно ухудшить условия работы крепи за счет передачи повышенных нагрузок на крепь и привести к остановке механизированного забоя.

При выборе участка для использования механизированной крепи должны быть анализированы все факторы, влияющие на работу крепи. В некоторых случаях для этого необходимо провести доразведку участка.

Р А З Д Е Л IX

УГОЛЬНЫЕ ПЛАСТЫ КУЗБАССА С ТЯЖЕЛЫМИ КРОВЛЯМИ

Пологие угольные пласты Кузбасса на основании исследований и обследований в 1959 г. С.Т. Кузнецовым /2/ были разделены на два класса по обрушаемости кровель. За истекший период были введены в эксплоатацию новые пласты, в ряде случаев, увеличилась глубина работ. Все это требовало дополнительных обследований. Такая работа была выполнена.

Ко второму классу пород по обрушаемости, куда входят и пласты с тяжелыми кровлями, в 1959 г. были отнесены 17 пластов. В настоящее время ко второму классу отнесено 43 пласта.

Общие сведения об этих пластах приведены в табл.5.

Из таблицы видно, что в основной кровле подавляющего большинства пластов залегают мощные слои песчаников. Это одна из основных характеристик тяжелых кровель. На многих из них имеет место влияние осадок основной кровли.

Помимо этого на указанных пластах имеются и другие факторы, затрудняющие их отработку и, особенно, с применением механизированных крепей. Кузнецов С.Т. /37 / разделил эти факторы на три группы.

К первой группе отнесены факторы, определяющие качественные и количественные показатели внешнего нагружения крепей. Это строение, характер разрушения пород кровли, их прочность и т.п. Они рассмотрены в соответствующих разделах П, Ш, IУ и У настоящей работы.

Таблица 5

№ п/п	Пласт	Мощность пласта, м	Мощность непосредственной кровли, м	Отношение 4/3	Мощность основной кровли, м		Характеристика осадок основной кровли
I	Серебряниковский	I,I-2,2	арг. 6,0-8,0	4,0-4,45	алевр.	2-5	0,7-0,93
2	Поленовский	I,4-I,8	арг. 0,8-3,0	0,57-I,62	песч.	I0-20	0,07-0,35
3	Байкаимский	2,0-3,2	арг. I,2-5,0	0,6-I,56	песч.	25-65	0,I4-0,58
4	Надбайкаимский-П	2,5-3,I	арг. 5,0-7,0	2,0-2,26	песч.	I0-25	0,58-0,8I
5	I4	I,2-I,6	алевр.I,0-3,0	0,83-I,87	песч.	6-I2	0,I6-0,35
6	I5	I,2-I,6	алевр.8,0-I2,0	6,7-7,5	песч.	I0-I5	0,93-I,4
7	I6	I,0-I,5	алевр.4,0-8,0	4,0-5,3	песч.	4-7	0,466-0,932
8	2I	0,5-I,0	алевр.I,5-2,0	3,0-2,0	песч.	5-6	0,I75-0,233
9	22	0,8-I,7	аргил.2,5-3,0	I,76-3,I3	песч.	7-8	0,29-0,35
I0	26а	2,I-2,3	аргил.3,0-6,0	I,43-2,6	арг.,песч.	8-I0	0,35-0,70
II	26б	0,7-I,2	алевр.2,0-3,0	2,85-2,5	песч.	4,0-5,0	0,233-0,35
I2	26в	0,9-I,2	алевр.аргил. 5,0-6,0	5,0-5,5	песч.	I0-I5	0,58-0,7
I3	30	2,0-2,4	арг. 2,0-5,0	I,0-2,5	алевр.	I0-20	0,233-0,58
I4	33	I,6-I,7	арг. 0,8-8,0	0,5-4,7	песч.	5-I5	0,09-0,93
I5	2	I,I5-I,25	алевр.6-I0	5,2-8,0	песч.	8-I2	0,7-I,II6
I6	3	I,5-2,7	алевр.5-7	3,2-2,6	песч.	8-I0	0,58-0,8I
I7	4	I,30-I,6	алевр.6,0-8,0	4,6-5,0	песч.	8-20	0,70-0,93
I8	5	I,7-2,2	алевр.3,0-7,0	I,76-2,I8	песч.	8-I0	0,233-0,8I
I9	Сергеевский	8,0-8,5	алевр.7-I0	2,33-2,86	песч.	20-25	0,8I-I,II6
20	Профильный	I,I-I,5	алевр.7,0-8,0	6,35-5,35	песч.	I5-20	0,8I-0,93
2I	Конгломератовый	I,8-2,I	конгл.0,5-2,5	0,28-I,I9	песч.	I2-I5	0,058-0,29
22	XXI	3,I-3,5	алевр.3,0-5,0	I,0-I,43	песч.	40-50	0,35-0,58
23	XXУП	I,2-2,0	песч.3,0-7,0	2,5-8,5	песч. алевр.	I5-20	0,35-0,8I
24	Ш - I слой	2,3-2,5	алевр.I,5-6,0	0,65-2,4	песч.	I5-35,0	0,I7-0,7
25	IУ- У-Iслой	2,2-2,4	конгломи.I5,0--20,0	6,8-8,8	алевр.	I0-I5	I,75-2,33
26	УI - I слой	2,2-2,4	алевр.I,5-2,0	0,68-0,83	песч.	80	0,I75-0,233
27	УI а	2,2-2,4	алевр.I,5-2,0	0,68-0,83	песч.	40-50	0,I75-0,233
28	XI	2,0	алевр.0,5-I,5	0,25-0,75	песч.	40-50	0,058-0,I75
29	XII	2,0-2,6	алевр.0,2-I,5	0,I-0,58	алевр.	I0-I4	0,023-0,I75
30	$П_2$	I,0-I,4	песч. I,5-2,0	I,5-I,43	песч.	20-25	0,I75-0,233
3I	$Е_5$	3,I-3,8	алевр.I,5-8,0	0,4-2,I	песч.	25-40	0,I75-0,93
32	I	I,6-I,8	аргил.0,5-0,8	0,3I-0,44	песч.	20	0,058-0,093
33	I4 а	I,I-I,3	аргил.0,0-2,0	0,0-I,54	алевр.	I5	0,0-0,233
34	I6	I,2-I,8	аргил.I,0-2,0	0,83-I,II	песч.	I5-20	0,II6-0,233
35	I7	I,0-I,6	песч. I5-20	0-0	песч.	I5-20	0
36	23 в/с	I,9	аргил.I,0-I,5	0,52-0,79	песч.	6-22	0,II6-0,I75
37	30	I,0-I,2	песч. I0-I5	0-0	песч.	I0-I5	0
38	П	2,6-2,8	песч. I8-20	0-0	песч.	I8-20	0
39	XXXI	2,7-3,2	алевр.6,0-I0,0	2,2-3,I	песч.	25-30	0,7-I,I6

Во вторую группу отнесены факторы, сдерживающие внутренние возможности крепи развивать сопротивление смещению кровли: контактная прочность кровли и почвы, исправность крепи и т.п. Основные из них рассмотрены в разделе УI.

К третьей группе отнесены все другие природные факторы, влияющие на эффективность отработки пласта, а следовательно и эффективность работы механизированной крепи. Как указывает С.Т. Кузнецов, факторы третьей группы, не оказывая влияния непосредственно на работу крепей, могут вызвать значительные затруднения в отработке пласта. К этим факторам относятся изменения мощности пласта, изменчивость угла падения, наличие твердых включений, прослойков, обводненность и нарушенность пласта.

На основании обследований очистных забоев на пластах, указанных в таблице 5, В.А.Бессонниковым произведена группировка пластов по наличию этих факторов /39/. Эта группировка приведена в таблице 6.

Следует сделать несколько замечаний к построению таблицы. Строение угольных пластов в Кузбассе, как правило, сложное. Породные прослойки одних пластов не оказывают существенного влияния на технологию выемки, а следовательно, и на работу крепей (малая их мощность, малая крепость и т.д.). Твердые прослойки на других же пластах значительная их мощность создают дополнительные затруднения, вызывая необходимость взрывных работ, ручной отборки и т.д., снижая скорость подвигания забоя, ухудшая условия нагружения крепей. В графу "наличие прослойков" вносились только те пласты, в которых они создавали именно дополнительные трудности

(ВВ, ручная отборка и т.д.).

Таким образом, при построении таблицы отмечались горно-геологические факторы, которые повсеместно присущи пласту и играют существенную роль при его выемке.

В первую группу включены I5 пластов, которые характеризуются только тяжелыми условиями работы крепей. Это, в основном, пласты Томьусинского района.

Во вторую группу включены I2 пластов. Эта группа кроме тяжелых условий работы крепи характеризуется наличием ложной кровли и, в трех случаях слабой почвы. Следует отметить, что большая часть пластов Кузбасса (за исключением пластов I группы) имеют, как правило, ложную кровлю, которая на одних участках подхватывается быстрой установкой временной крепи, на других - оставлением пачки угля различной мощности, доходящей до I,0 м, на третьих, она обрушается вслед за выемкой, увеличивая зольность угля.

В третью группу включены лишь 3 пласта (пласты I4, I6 пласты - Байдаевский район и Профильный пласт - Киселевский район). Эти пласты характеризуются наличием естественно-геологических факторов, дополнительно ухудшающих условия работы механизированных крепей. (пласты I4 и I6 - наличием твердых включений, Профильный пласт-наличием прослойка в нижней его части мощностью до 0,75 м.)

В IУ группу отнесены все остальные пласты. Для них характерно сочетание тяжелой кровли с многими другими факторами, ухудшающими работу крепи. Эта группа самая многочисленная по количеству пластов и самая трудная - по управлению кровлей.

Таблица 6

№№ пп	Наименование пласта	Слабые почва или кровля	Измен. мощности пласта	Наличие твердых включений	Наличие прослойков	Район
		I группа				
I.	Конгломератовый					Кемеровский
2.	XXУII					-"-
3.	Сергеевский					Киселевский
4.	IУ-У I слой					Томьусинский
5.	УI-I слой					-"-
6.	УI а					-"-
7.	XI					-"-
8.	XII					-"-
9.	26 в					Байдаевский
I0.	I					Осинниковский
II.	II					-"-
I2.	30					-"-
I3.	XXXI					-"-
I4.	XXI					Кемеровоский
I5.	3					Беловский
		II группа				
I.	2I	кр-п				Байдаевский
2.	22	кр				-"-
3.	26а	кр				-"-
4.	26б	кр				-"-
5.	33	кр				-"-
6.	Ш-I слой	кр				Томьусинский
7.	I4а	п				Осинниковский
8.	I6	кр				-"-
9.	I7	п				-"-
I0.	23 в/с	п				-"-
II.	Толмачевский	кр-п				Ленинск-Кузнецкий
I2.	Полысаевский - I	кр-п				-"-
		III группа				
I.	I4			+		Байдаевский
2.	I6			+		-"-
3.	Профильный				+	Киселевский
		IУ группа				
I.	I5	кр		+		Байдаевский
2.	30	кр	+			-"-
3.	Несложный	кр		+		Беловский
4.	2	кр	+			-"-
5.	5	кр-п		+		-"-
6.	Серебряник.	кр		+		Ленинск-Кузнецкий
7.	4	кр	+	+		Беловский
8.	Бреевский	кр-п		+	+	Ленинск-Кузнецкий
9.	Надбайкаимский - II	кр-п				-"-
I0.	Поленовский	кр-п	+	+		-"-
II.	Байкаимский	кр-п	+			Осинниковский
I2.	Е	кр-п		+		-"-
I3.	П	кр-п			+	-"-

Таким образом таблица 6 дает представление о пластах с наиболее тяжелыми условиями работы крепей. В первой группе пластов тяжелые условия работы крепей обусловлены только тяжелыми кровлями, во всех других они сочетаются с целым рядом других факторов.

Все пласты, указанные в табл.6 по управляемости кровли относятся к трудноуправляемым (III тип).

Изучение и группировка пластов по факторам, прямо или косвенно осложняющим работу крепей, позволяет более полно учитывать горно-геологические особенности пластов при проектировании паспортов крепления, разработке механизированных комплексов и более обоснованно подходить к выбору типа существующих механизированных крепей для отработки того или иного пласта. В последнем случае необходима доразведка участка.

Р А З Д Е Л X

ПЕРВЫЕ ОСАДКИ КРОВЛИ

Выше было указано, что тяжелые кровли представлены, как правило, сравнительно прочными и монолитными породами. Такие кровли склонны к большим зависаниям в начальный период отработки лавы, что требует специальных мер для предотвращения завалов лав в период первой осадки кровли.

Исследования этого вопроса проводились многими учеными, в результате чего разработан целый ряд рекомендаций по предотвращению завалов лав.

Эти рекомендации можно разделить на четыре группы.

1. Усиление крепи.
2. Принудительное обрушение непосредственной кровли.
3. Принудительное обрушение основной кровли.
4. Применение закладки.

Рассмотрим эти группы в условиях их применения.

Усиление крепи в период отхода лавы от разрезной печи производится в двух направлениях, принципиально отличающихся.

а. При залегании над пластом непосредственной кровли, сложенной монолитными слоями пород средней прочности и большой мощности применяют усиление посадочного ряда крепи за счет кустов стоек, тумб ОКУ, костров и т.д. При этом рекомендуется увеличенная ширина поддерживаемого пространства и многорядное расположение посадочной крепи /40/. Эти же рекомендации относятся и к случаям, когда непосредственная кров-

ля имеет небольшую мощность, а основная сложена породами средней прочности.

б. При кровлях, сложенных прочными породами типа песчаников, в выработанном пространстве оставляются либо призабойная крепь, либо костры из дерева, которые не извлекаются /4I, 42,47/. В этом случае удерживается от обрушения непосредственная кровля. По мере отхода лавы происходит разрушение и оседание основной кровли, после чего необходимость в оставлении крепи в выработанном пространстве отпадает.

При применении механизированных крепей усиление крепи на линии обрушения может производиться как за счет повышения сопротивления в допустимых пределах стоек самой крепи /8/, так и за счет установки дополнительных гидростоек индивидуальной крепи.

При породах кровли, представленных прочными породами, применимы одновременно оба эти способа усиления крепи.

После первой осадки основной кровли необходимость в использовании указанных мер отпадает, за исключением случаев, когда рабочее сопротивление механизированной крепи выбрано недостаточным. Установку и оставление в выработанном пространстве деревянной крепи при применении механизированных следует применять только в исключительных случаях.

Принудительное обрушение непосредственной кровли применяется в случаях, когда наблюдаются большие площади зависания ее в выработанном пространстве. Это явление может наблюдаться при весьма прочных породах и при малой длине лав. Во избежание завалов лав и возможных воздушных ударов при

обрушении кровли на больших площадях применяют принудительное обрушение /43/. Это особенно целесообразно в условиях, когда основная кровля представлена менее прочными или более трещиноватыми породами.

Бурение шпуров следует производить из разрезной печи и из под крепи по мере подвигания забоя.

Принудительное обрушение непосредственной кровли не исключает усиление крепи на период осадки основной кровли. Якоби /41/ указывает на то, что имели место неоднократные завалы лав во время принудительного обрушения непосредственной кровли.

Высота обрушения обычно не превышает 2,0-2,5 кратную мощность пласта.

Принудительное обрушение основной кровли применяется на пластах, где она сложена мощными и монолитными слоями крепких песчаников. Иногда они залегают и непосредственно над пластом. В обоих случаях для предотвращения зависания кровли на больших площадях используют длинношпуровое взрывание с целью вызвать нарушение равновесия пород над выработкой и их обрушение.

Взрывание может производиться с помощью длинных скважин, проходимых в основной кровле наклонно к пласту из специальных камер, располагаемых над штреками /44/. Трудности этого способа заключаются в обеспечении точности проходки скважины.

Скважины проходятся впереди очистного забоя с таким расчетом, чтобы взрывание зарядов производилось в момент,

когда забой лавы подвинется на 6-7 м за скважины. Усиление крепи также необходимо.

Другой способ принудительного обрушения основной кровли разработан в Караганде /43/. Он заключается в том, что из штреков в сторону отработанного пространства пробуривается веер наклонных скважин, расположенных в одной, нормальной к пласту плоскости.

Для обеспечения более полного обрушения основной кровли таких вееров может быть несколько. Взрывание всех зарядов производится одновременно при отходе забоя от последних скважин на I5 м.

Этот метод более удобен, чем предыдущий, т.к. не требует подготовки специальной камеры, а сами скважины имеют меньшую длину, что обеспечивает более точное их проведение.

Метод был опробован при эксплоатации механизированных крепей и показал хорошие результаты.

Эти три способа ослабления влияния первичных осадок непосредственной и основной кровель являются основными при отработке лав с обрушением.

Четвертым способом является частичная или полная закладка. Применение его целесообразно только при управлении кровлей с помощью закладки. Этот способ управления кровлей применяется при тяжелых и труднообрушающихся кровлях, когда использование способа полного обрушения не обеспечивает безопасное ведение работ.

На пологих пластах Кузбасса при первых осадках кровли применяется, в основном, первая группа мероприятий - усиле-

ние призабойной и посадочной крепи и оставление крепи в выработанном пространстве с последующим ее взрыванием с целью обеспечения обрушения кровли. Первый шаг осадки основной кровли колеблется в довольно широких пределах от 10-12 м до 40-50 м.

Однако величина отношения первого шага обрушения основной кровли к ее мощности изменяется от 2,0 до 3,5 и только в отдельных случаях, на небольшой глубине и при прочных породах, достигает 5.0.

Данные анализа указывают на то, что усиление крепи в призабойном пространстве следует начинать при отходе лавы от разрезной печи на расстояние двух мощностей слоя основной кровли.

Оставление крепи в выработанном пространстве с последующим ее удалением методом взрывания следует признать целесообразным, т.к. при этом процесс обрушения происходит быстро, без предварительного разрыхления пород за счет выпадения нижних слоев кровли.

Несмотря на различные мероприятия, на практике имеют место случаи, когда при первых осадках основной кровли были деформированы стойки и другие элементы механизированных крепей.

Поэтому при особо тяжелых условиях, когда по каким либо причинам не могут быть использованы перечисленные меры смягчения первых осадок кровли, можно применять следующий.

Вновь подготовленная лава сначала, до первой осадки основной кровли, отрабатывается с использованием индивиду-

альной крепи. При этом в выработанном пространстве может быть оставлена крепь. Впоследствии она удаляется путем взрывания.

После того как произойдет первое обрушение основной кровли, забой останавливается и в нем производится монтаж механизированной крепи и последующая отработка столба.

Этот способ имеет тот недостаток, что вызывает необходимость двойного оборудования забоя.

Поэтому помимо технической целесообразности применения того или иного способа, должна быть, в каждом конкретном случае, произведена экономическая оценка применимых способов смягчения первых осадок кровли.

При проведении мероприятий по смягчению первых осадок основной кровли в каждом случае должен быть составлен проект ведения работ, в котором предусматривается последовательность операций, применяемые способы, расчеты и обоснования, а также меры по обеспечению безопасности.

Л И Т Е Р А Т У Р А

I. РОСТОВЦЕВ Д.С. Управление кровлей при разработке пологопадающих пластов каменного угля. ГНТИУ, 1935 г.

2. КУЗНЕЦОВ С.Т. Временные технические условия на проектирование индивидуальных, комплектных и агрегатных крепей для пологих пластов Кузбасса. ВНИМИ, Л., 1961 г.

3. КУЗНЕЦОВ Г.Н., БУДЬКО М.Н., ФИЛИППОВА А.А., ШКЛЯРСКИЙ М.Ф. Изучение проявлений горного давления на моделях. Углетехиздат, М., 1959 г.

4. ДАВИДЯНЦ В.Т. Совершенствование способов и средств управления кровлей на шахтах Донбасса. "Недра", М., 1969.

5. ИЛЬШТЕЙН А.М. Закономерности проявлений горного давления. Углетехиздат, М., 1958.

6. КУЗНЕЦОВ С.Т., ГЛУШИХИН Ф.П. Изучение механизма разрушения и перемещения слоев кровли над рабочим пространством очистной выработки. Труды ВНИМИ, сб.43, 1961 г.

7. КУЗНЕЦОВ С.Т., ОРЛОВ А.А., ГЛУШИХИН Ф.П., САДЫКОВ Н.М. Проявление горного давления при применении механизированных гидравлических крепей. "Недра", 1966.

8. КУЗНЕЦОВ С.Т., ГЛУШИХИН Ф.П., БЕССОННИКОВ В.А. и др. К вопросу механизации управления труднообрушаемыми кровлями в Кузбассе. "Уголь", 1968, № 5.

9. ГЛУШИХИН Ф.П. Исследование разрушения пород кровли над очистной выработкой. "ФТПРПИ" 1968, № 5.

10. ГЛУШИХИН Ф.П. О расчете крепей для пластов с труднообрушаемыми кровлями. Труды ВНИМИ, сб.64, Л.,1968.

II. ГЛУШИХИН Ф.П. Влияние осадок основной кровли на работу механизированных крепей. "Технология добычи угля подземным способом", 1968, № 7 (19).

12. ГЛУШИХИН Ф.П., ПЕКАРСКИЙ Д.Г. Исследование условий работы крепей на пластах с блочным разрушением непосредственной кровли. Труды ВНИМИ, сб.68, Л., 1968 г.

13. ГЛУШИХИН Ф.П. К вопросу о разрушении прочных кровель в лавах пологих пластов. Труды ВНИМИ, сб.68, Л.,1968г.

14. ГЛУШИХИН Ф.П. О причинах завалов лав. "Безопасность труда в промышленности", 1969 г. № 3.

15. АРДАШЕВ К.А. и др. Совершенствование управления горным давлением. "Недра", М., 1967.

16.Everling G. Der Periodendruck."Glückauf-Forschungshefte", 1965, №5.

17. КУЗНЕЦОВ Г.Н. Взаимодействие боковых пород и крепи в очистных выработках пологопадающих пластов каменного угля. Труды ВНИМИ, сб.27, 1963.

18. БОРИСОВ А.А. Расчеты горного давления в лавах пологих пластов. "Недра", 1966г.

19. КУЗНЕЦОВ Г.Н., ПЕТУХОВ И.М., ШКЛЯРСКИЙ М.Ф. Исследования на моделях из эквивалентных материалов механизма и границ влияния защитных пластов. Труды ВНИМИ, сб. 64, 1968.

20. ФИСЕНКО Г.Л. Устойчивость бортов карьеров и отвалов. "Недра", М., 1965 г.

21. КУЗНЕЦОВ С.Т. К расчету устойчивости толщ осадочных пород. Труды ВНИМИ, сб.68, 1968г.

22. ЖЕЛИХОВСКИЙ В.К. Исследование и выбор типа передвижной механизированной крепи и ее основных параметров для пологих пластов Челябинского бассейна. М., 1969 г.

23. КОЗЕЛЕВ Г.Л. Исследование проявлений горного давления при разной плотности и несущей способности призабойной и посадочной крепей. Автореферат диссертации, Донецк, 1963 г.

24. ОРЛОВ А.А., БАРАНОВ С.Г. и др. Отчет ВНИМИ по теме 1/1 за 1966 г. Фонд ВНИМИ.

25. ГЛУШИХИН Ф.П., БЕССОННИКОВ В.А., ПЕКАРСКИЙ Д.Г. Режим работы механизированных гидравлических крепей. "Уголь", 1969, № 8.

26. Типовые паспорта управления кровлей и крепления и нормативы расхода крепежных материалов для шахт Донбасса. Составитель ДонУГИ, Углетехиздат, М., 1957.

27. Типовые паспорта управления кровлей и крепления комбайновых лав на пологих пластах Кузнецкого бассейна с применением металлических индивидуальной крепи.

Изд. КУЗНИУИ, Прокопьевск, 1967г.

28. ГЛУШИХИН Ф.П., ОРЛОВ А.А. Саморазгрузка стоек трения в шахте и меры борьбы с ней. "Уголь", 1962, № 9.

29. ГЛУШИХИН Ф.П. Исследование условий работы крепи при блочном разрушении непосредственной кровли на угольных пластах пологого падения.

Автореферат диссертации, Л., 1966.

30. КУЗНЕЦОВ С.Т., ГЛУШИХИН Ф.П., ОРЛОВ А.А. Сравнительные лабораторные испытания металлических стоек трения нарастающего и постоянного сопротивления.

"Уголь Украины", 1960 г. № 3.

31. ФЕДОРОВ Н.А., БОБЕР Е.А. и др. Исследование сдвижений пород кровли в призабойной зоне. "ФТПРПИ", 1966, № 5.

32. КУЗНЕЦОВ С.Т., ГЛУШИХИН Ф.П., ВОРОНИН И.Н., КРОТОВ Ю.Г. Комплексные исследования работы механизированной крепи П МК при труднообрушаемой кровле. Тр. ВНИМИ, сб. 73, 1969г.

33. БЕССОННИКОВ В.А., ПЕКАРСКИЙ Д.Г. Результаты исследований проявлений горного давления путем последовательного изменения сопротивления гидростоек крепи комплекса П МК в 95 лаве пласта 5 на ш. Чертинская - I в Кузбассе. Тр. ВНИМИ, сб.73, 1969 г.

34. ОРЛОВ А.А. Проявления горного давления при применении агрегатов А-2 "Технология и экономика угледобычи". 1963, № 3, ЦНИИТЭИ угля.

35. ГЛУШИХИН Ф.П., ГИТЕЛЬМАХЕР Д.Г. Расчет элементов крепей оградительно-поддерживающего типа "Технология добычи угля подземным способом", 1968, № 3.

36. КУЗНЕЦОВ С.Т., ГЛУШИХИН Ф.П., ПЕКАРСКИЙ Д.Г. Исследование механизма взаимодействия крепей оградительно-поддерживающего типа с труднообрушаемыми кровлями. Тр. ВНИМИ, сб.73, 1969 г.

37. КУЗНЕЦОВ С.Т. Вопросы методики и результаты экспериментов по последовательному снижению сопротивления механизированных крепей. Тр. ВНИМИ, сб.73, 1969 г.

38. Эксплоатационно-технические требования к механизированным крепям для очистных забоев пластов пологого па-

дения средней мощностью от I,0 до 2,0 м. Из ИГД им. Скочинского, М., I966.

39. Отчет ВНИМИ по теме П/4 за I968 г., часть I. Фонд ВНИМИ.

40. КОВТУН В.Я. Группировка лав пологого падения в Челябинском бассейне по трудности управления кровлей и рекомендации по выбору паспорта управления кровлей. "Уголь", I965 , № 2.

4I. ЯКОБИ О. Причины обрушения кровли в начальный период работы лав, разрабатываемых с обрушением. "Глюкауф" I962, декабрь, № 25.

42, МЕНДЕ Г. Мероприятия по предупреждению завалов лав с управлением кровлей полным обрушением в начальный период их работы. "Глюкауф", I962, декабрь № 25.

43. СЕМЕНОВ Ю.А., БЕКБУЛАТОВ А.К. Исследования влияния осадок основной кровли на работу механизированных комплексов. Тр. ВНИМИ, сб.73, I969г.

44. МАТВЕЕВ В.А., ТУРОВ А.П. Принудительная первичная посадка труднообрушаемой кровли в очистных забоях на пологих пластах, разрабатываемых шахтами комбината Ростовуголь. "Технология и экономика угледобычи". I964, № 86.

45. КУЗНЕЦОВ С.Т., ГЛУШИХИН Ф.П. Исследования проявлений горного давления при испытаниях агрегата А-3 в Кузбассе. Труды ВНИМИ, сб.43, I96I.

46. ГЛУШИХИН Ф.П. Условия работы гидростоек механизированных крепей. „Автоматика и механизация" № 2, I970 г.

47. КРАВЧЕНКО В.И. Предупреждение завалов лав. "Недра", М., I970 г.

gost.e-ecolog.ru