Ордена Трудового Красного Знамени
ИНСТИТУТ ГОРНОГО ДЕЛА
имени А.А. Скочинского

ВРЕМЕННАЯ ИНСТРУКЦИЯ ПО ВЫБОРУ КРЕПИ ДЛЯ ОЧИСТНЫХ ВЫРАБОТОК В УСЛОВИЯХ МНОГОЛЕТНЕЙ МЕРЗЛОТЫ

МОСКВА
1979

gost.e-ecolog.ru

Министерство угольной промышленности СССР
Академия наук СССР
Ордена Октябрьской Революции и
ордена Трудового Красного Знамени
Институт горного дела им. А. А. Скочинского

УТВЕРЖДЕНА
И. о. начальника Технического
управления Минуглепрома СССР
Н. А. ШАЛЬНОВЫМ
25 октября 1978 г.

ВРЕМЕННАЯ ИНСТРУКЦИЯ ПО ВЫБОРУ КРЕПИ ДЛЯ ОЧИСТНЫХ ВЫРАБОТОК В УСЛОВИЯХ МНОГОЛЕТНЕЙ МЕРЗЛОТЫ



Москва
1979

УДК 622.284:531.34

В основу настоящей инструкции положены результаты исследований в области совершенствования технологии очистных работ на шахтах районов многолетней мерзлоты, проведенных институтами: ИГД им. А.А.Скочинского, ВНИМИ, ЛГИ им.Г.В.Плеханова и ИФТПС Якутского филиала СО АН СССР, а также производственными объединениями "Северовостокуголь","Якутуголь" и "Арктикуголь".

Она содержит оценку влияния специфических условий многолетней мерзлоты на управляемость и устойчивость пород кровли при подземной разработке угольных пластов. Специфические условия многолетней мерзлоты сгруппированы по степени их влияния на устойчивость пород кровли. Даны конкретные примеры для различных условий разработки по выбору крепи и расчету ее параметров.

Инструкция разработана под руководством и при непосредственном участии канд.техн.наук Е.А.Ельчанинова.

"Временная инструкция" предназначена для работников угольных шахт, производственных объединений, научно-исследовательских и проектных институтов, занимающихся проектированием, планированием и ведением очистных работ на угольных пластах, залегающих в районах многолетней мерзлоты.

© Институт горного дела им. А. А. Скочинского (ИГД им. А. А. Скочинского), 1979

I. ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время все больше внимания уделяется освоению угленосных районов в условиях многолетней мерзлоты. Уже в предстоящем пятилетии объем добычи в этих районах возрастет более чем в 2 раза. Практика действующих в этих районах шахт показывает, что специфика условий многолетней мерзлоты сказывается во всех звеньях производственного процесса, в том числе при управлении и креплении кровли.

Строение вмещающих пород, их текстура и структура, физико-механические свойства, петрографический состав, влажность и температура носят изменчивый характер не только на различных месторождениях, но и в границах одного шахтного поля. И все же при большом разнообразии условий все месторождения имеют общие черты, определяемые устойчивостью пород, сопряженной с фазовым состоянием воды, которое находится в прямой зависимости от температуры и влажности горных пород.

В данной работе рассматривается вопрос о выборе крепи для очистных забоев, которые отличаются от всех остальных горных выработок более сложными условиями. Научно обоснованный выбор крепи должен обеспечить надежность и безопасность работы в забое и более высокие ее технико-экономические показатели.

Необходимость составления данной инструкции вызвана следующими обстоятельствами, сложившимися в практике работы шахт в условиях многолетней мерзлоты:

применяемые техника и технология ведения очистных работ не приспособлены к специфическим природным условиям, вследствие чего эффективность их низка;

планирование и ведение работ по добыче угля производятся без учета геокриологии месторождений.

2. СПЕЦИФИКА УСЛОВИЙ МНОГОЛЕТНЕЙ МЕРЗЛОТЫ

Под термином "многолетняя мерзлота" принято понимать такое многолетнее состояние горных пород, при котором основная часть содержащейся в них влаги находится в виде льда.

Главная особенность мерзлых горных пород – наличие в них льда – предопределяет специфику их свойств: повышенную механическую прочность, способность к релаксации напряжений, ничтожную водопроницаемость, несколько большую теплопроводность, а также явно выраженную зависимость всех этих свойств от температуры, особенно при близких к нулю отрицательных ее значениях, и от количества оставшейся в них незамерзшей воды.

Лед в мерзлых горных породах может содержаться в виде цемента, состоящего из мелких, почти незаметных невооруженным глазом отдельных кристаллов различной формы и ориентировки, и в виде обособленных включений – шлиров (прослойки, линзы и гнезда), а также крупных ледяных тел размером до нескольких сотен метров (пластовые, жильные льды). Количество, размеры, форма и размещение кристаллов и шлиров льда связаны с генезисом и составом горных пород, водно-температурными условиями их промерзания и определяют особое строение этих пород – их криогенную текстуру.

При кратковременных нагрузках ледяные шлиры выполняют роль армирующего каркаса, и горные породы оказываются тем прочнее, чем больше толщина и количество шлиров. При длительных нагрузках во льду начинают развиваться пластические деформации, что приводит к постепенному и часто весьма значительному снижению прочности пород.

Ослабленными плоскостями в мерзлых породах являются внутренние поверхности контакта ледяных шлиров с породой. При сдвиге вдоль этих поверхностей прочность пород значительно ниже, чем при сдвиге по плоскости, нормальной к шлирам. Особенно явно влияние такого ослабления прослеживается у пород слоистой криогенной текстуры.

Интенсивное проявление криогенных процессов (пучение, растрескивание, просадка и т.д.) свойственно мерзлым породам разного генезиса. Эти процессы порождены своеобразными условиями тепло- и водообмена, а именно: резкими нарушениями фазового равновесия воды в горных породах, изотермическими превращениями воды в лед и наоборот. Так, наличие ледяных прослойков в кровле

и их возгонка при отрицательных температурах приводят к нарушению криогенной цементации пород, вызывающей коржение и местные обрушения кровли. Поэтому среди множества природных и горнотехнических факторов, влияющих на выбор и эффективное применение крепи, основную роль играет температура массива, содержащего лед, а следовательно, наряду с литологическим составом, строением, льдистостью горных пород, температурные условия во многом определяют выбор типа и параметров крепи очистных выработок.

Тепловой эффект массообмена заметнее всего в водонасыщенных крупнодисперсных и крупнообломочных породах. Термоградиентная конвекция проявляется чаще всего в протаивающем слое по изотерме 0 - +4°С и зависит от состава и концентрации в нем солей.

Существенные изменения инженерно-геокриологических условий происходят при обрушении пород кровли в выработанном пространстве. В вышележащей толще пород происходят сложные деформации: просадки, прогибы, раскрытие старых и образование новых трещин. В связи с этим необходимо предусматривать режим работы очистных забоев, максимально исключающий деформацию пород.

Отмеченные факторы заметно различаются в отдельных районах рассматриваемой области многолетней мерзлоты, кроме того, они изменяются с глубиной залегания, т.е. по мере возрастания температуры породного массива, влияя на условия эксплуатации месторождений.

Тепловой режим шахты, создаваемый в период ее эксплуатации, оказывает значительное влияние на указанные факторы. Для обеспечения повышенной устойчивости мерзлых горных пород необходимо стремиться сохранить их естественное тепловое состояние.

Для улучшения горнотехнических условий и повышения эффективности управления и крепления кровли разрабатываемых угольных пластов необходимо использовать природные специфические условия мерзлоты или их направленное изменение.

3. ГРУППИРОВАНИЕ УСЛОВИЙ РАЗРАБОТКИ УГОЛЬНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Для группирования условий разработки угольных месторождений районов многолетней мерзлоты произведена предварительная оценка важности и степени ее влияния на устойчивость пород кровли с целью выбора наиболее эффективных типов крепи.

I. По естественному фазовому состоянию воды, в зависимости от температуры горных пород, интенсивности и величины проявления геокриологических явлений, обусловленных исходным состоянием толщи мерзлых пород, выделяем три зоны их устойчивости:

I - с температурой массива пород от $-1,5^{\circ}C$ и ниже, т.е. практически от деятельного слоя до изотермы $-1,5^{\circ}C$ - зона мерзлоты;

II - с температурой массива пород от $-1,5^{\circ}C$ до $+0,5^{\circ}C$ - переходная зона;

III - с температурой массива пород от изотермы $+0,5^{\circ}C$ и выше - подмерзлотная зона.

Деятельным слоем называется поверхностный слой грунта, который ежегодно протаивает и вновь промерзает под воздействием солнечной радиации и теплообмена с воздухом. Толщина его колеблется от 0,5 до 6 м и влияния на характер поведения кровли очистных выработок он не оказывает.

Зона мерзлоты характеризуется наличием кристаллического льда и незначительным количеством незамерзшей пленочной воды. Сильно развиты силы сцепления. Породы этой зоны характеризуются высокими прочностными свойствами и устойчивостью.

Переходная зона характеризуется фазовыми изменениями вода-лед-вода. Нередко встречаются очаги, в которых совершенно отсутствует лед, особенно при повышенной минерализации воды. Эта зона является охлажденной, но не мерзлой ввиду отсутствия или незначительного наличия кристаллического льда. Породы данной зоны ослаблены многократными фазовыми изменениями в результате вековых колебаний температуры, вызываемых подмерзлотными водами.

Третья зона представляет собой обычные породы, встречающиеся в центральных районах страны, с тем лишь отличием, что они значительно насыщены водой, так как подмерзлотные горизонты, как правило, содержат напорные воды.

Влияние фазовых изменений на устойчивость пород сказывается наиболее существенно при повышенной их влажности, соответственно прочностные показатели повышаются с увеличением влажности и понижением температуры.

2. По изменению физико-механических свойств горных пород под влиянием процессов тепло- и массообмена с точки зрения устойчивости кровли условия разработки угольных месторождений можно сгруппировать следующим образом:

а) по температуре массива пород и содержанию в них влаги

Влажность пород, %	Температура массива, °С
до 5	до -2
более 5	до -2
до 5	ниже -2
более 5	ниже -2

б) по расположению запасов угля относительно нижней границы толщи мерзлых пород:

- запасы, полностью расположенные в мерзлоте;
- основные запасы в мерзлоте и только частично в таликах;
- равное соотношение запасов в мерзлоте и таликах;
- основные запасы в таликах и только частично в мерзлоте;
- запасы полностью в таликах под мерзлой толщей;
- запасы в островной мерзлоте.

в) по геотермическому градиенту, величина которого зависит от литологического состава пород, а следовательно, от их теплофизических характеристик.

Можно выделить три геотермические ступени, которые находятся в пределах от 20 до 70 м/град и характеризуют мощность мерзлой толщи пород рассматриваемых месторождений: до 25 м/град; от 25 до 50 м/град; более 50 м/град.

В расчетных формулах используется геотермический градиент, а также геотермическая ступень конкретных разновидностей пород, слагающих мерзлую толщу. В связи с этим в табл. I приведены числовые значения градиента и ступени для ряда осадочных пород.

Таблица I

Литологическая разность пород	Геотермические	
	градиент, град/м	ступень, м/град
Конгломераты	0,017-0,023	58,8-43,5
Песчаники	0,025-0,030	40,0-33,3
Алевролиты	0,030-0,035	33,3-28,5
Аргиллиты	0,029-0,038	34,5-26,3
Углистые аргиллиты	0,040-0,043	25,0-23,3
Угли	0,080-0,110	12,5-9,1

3. По нарушенности. Тектоническая нарушенность месторождений районов многолетней мерзлоты не стабильна. Частота и размеры тектонических нарушений с глубиной залегания пластов уменьшаются (обычно при глубине 50-90 м), в отдельных случаях при глубине 150 м частота нарушений снижается на 25-47%, а амплитуда уменьшается в два раза и более.

Выделено три группы нарушений:

крупные сбросы субширотного простирания с амплитудами смещения от 20 до 160 м; они обычно сопровождаются зонами дробления пород мощностью до 40 м;

согласные и несогласные сбросы с различным простиранием и амплитудами смещения от 2 до 5 м;

мелкие сбросы различной ориентировки с амплитудами смещения до 2 м.

Все разрабатываемые месторождения районов многолетней мерзлоты сгруппированы по нарушенности в следующем порядке:

сильно нарушенные - 0,093-0,108 нарушений на 1 м простирания пласта;

средней нарушенности - 0,048-0,054 нарушений на 1 м простирания пласта;

слабо нарушенные - 0,012-0,018 нарушений на 1 м простирания пласта.

4. По трещиноватости. Основной причиной изменения устойчивости пород, по мере углубления работ и изменения температуры массива от минусовой до плюсовой, т.е. переход к таликам, является трещиноватость.

По глубине залегания частота трещиноватости изменяется следующим образом:

- зона деятельного слоя, связанная с частными колебаниями температуры - 0,023-0,151 трещины на 1 м простирания пласта;

- зона мерзлоты с постоянными годовыми температурами - 0,014-0,10 трещины на 1 м простирания пласта;

- переходная зона от мерзлоты к положительным температурам - 0,013-0,083 трещины на 1 м простирания пласта;

- зона положительных температур - подмерзлотная - 0,009-0,057 трещины на 1 м простирания пласта.

Учитывая, что трещины в значительной степени влияют на устойчивость и обрушаемость пород кровли, для улучшения управляемости (обрушаемости) породами кровли линию очистного забоя

необходимо ориентировать параллельно направлению нарушенности или под углом, не превышающим 35^0, а для повышения их устойчивости – по отношению к направлению трещиноватости под углом от 35 до 90^0.

5. По наличию подмерзлотных вод. Для месторождений угля в районах многолетней мерзлоты характерно наличие напорных вод, которые приурочены к подмерзлотным горизонтам; воды имеют высокий напор, положительную температуру, которая увеличивается с глубиной, и отличаются различной степенью минерализации.

Ниже приводятся данные о минерализации подмерзлотных вод основных разрабатываемых месторождений.

Месторождения	Минерализация, г/л
Анадырское	I5,5-9I,2
Бухта Угольная	0,I3-I,0
Чульмаканское	до 0,43
Нижне-Аркагалинское	0,05-7,9
Санарское	I,I-3,I
Галимовское	0,I5-9,8
Баренцбург	3,0-40,0

Повышенные фильтрационные свойства и большие напоры водоносные горизонты имеют непосредственно под толщей мерзлых пород.

Коэффициенты фильтрации изменяются от 0,0063 до I2,8 м/сут и зависят как от структуры пород, так и от температуры массива.

Протаивание или промерзание влагосодержащих пород приводит к резкому изменению фильтрационных свойств, развивает миграционные процессы, которые обусловливают пучение и снижают устойчивость кровли (табл. 2).

Таблица 2

Горные породы	Коэффициенты фильтрации горных пород, м/сут	
	мерзлых	талых
Уголь	0,22-0,38	0,25-0,5
Аргиллиты	0,I3-0,32	0,3I-I,6
Алевролиты	0,I3-0,25	0,35-0,8
Песчаники	0,I5-0,27	0,5-8,6
Конгломераты	0,004-0,078	0,006-0,I

С точки зрения условий устойчивости пород кровли, наиболее неблагоприятной является 30-80-метровая зона, следующая непосредственно за мерзлой толщей. Степень влияния подмерзлотных вод на устойчивость пород в многолетнемерзлой зоне будет зависеть от расположения горных работ относительно зоны повышенной трещиноватости, напора вод и фильтрационных свойств водовмещающих пород. Выделены следующие группы условий устойчивости пород в зависимости от пространственного расположения и проявления вод:

с наличием межмерзлотных вод;

с наличием напорных подмерзлотных вод;

с наличием безнапорных подмерзлотных вод;

с отсутствием подмерзлотных и межмерзлотных вод.

6. По глубине разработки. Глубина разработки угольных пластов в районах многолетней мерзлоты не превышает 250 м. Однако она влияет на выбор крепей, особенно анкерных и механизированных. С учетом глубины распространения мерзлоты, нарушенности горных пород, наличия подмерзлотных напорных вод и ряда других факторов принято следующее группирование условий по глубине разработки: до 50-90 м; от 50-90 м до 200 м; от 200 до 300 м.

Учет газового фактора при выборе крепи осуществляется по общеизвестной градации: с выделением газа до 5 $м^3/т$; от 5 до 10 $м^3/т$; от 10 до 15 $м^3/т$; более 15 $м^3/т$.

7. По типам основной кровли. Важную роль в выборе типа крепи играет основная кровля, породы которой имеют различную температуру в зависимости от общей мощности мерзлой толщи и глубины разработки.

От различных сочетаний мерзлых и талых пород основной кровли зависит и характер ее обрушения. Выделены следующие типы основной кровли:

вся толща пород основной кровли мерзлая;

нижние слои основной кровли талые, а верхние мерзлые;

большая часть толщи пород талая, а верхние слои мерзлые;

вся толща основной кровли талая (в островной мерзлоте).

8. По типам непосредственной кровли. Породы непосредственной кровли пластов представлены полным перечнем осадочных пород с различной их устойчивостью. Поэтому при выборе крепи учитываются в первую очередь породы, слагающие непосредственно первые слои, а также их мощность.

Выделены следующие типы кровли в зависимости от мощности слоев породы:

I. Тонкослоистые:
песчаники - 0,05-1,0 м;
алевролиты - 0,10-1,0 м;
аргиллиты - 0,10-1,0 м.

II. Среднеслоистые
песчаники - 1,0-1,5 м;
алевролиты - 1,0-2,0 м;
аргиллиты - 1,0-2,0 м.

III. Толстослоистые:
песчаники - 1,5-5 м;
алевролиты - 2,0-5,0 м;
аргиллиты - 2,0-5,0 м.

IУ. Монолитные
песчаники - более 5 м;
алевролиты - более 5 м;
аргиллиты - более 5 м.

9. По мощности угольных пластов. По мощности угольные пласты разбиты на группы, соответствующие существующим типоразмерам крепей: до 3,5 м; от 3,5 до 5 м и свыше 5 м.

Ввиду того, что на месторождениях в районах многолетней мерзлоты имеются угольные пласты с самыми разнообразными углами падения, при выборе крепи выделяются три группы условий: с углом падения от 0 до 18^{0}; от 18 до 35^{0}; более 35^{0}.

10. По почвам угольных пластов. На эффективность работы крепи существенное влияние оказывает почва угольных пластов. В условиях многолетней мерзлоты прочность почвы зависит не только от ее литологического состава, но и от влажности и температуры.

В настоящее время еще недостаточно исследованы прочностные характеристики пород почвы пластов. Однако с учетом технических условий работы крепи выделены следующие группы почв пластов с сопротивлением на вдавливание штампа: до 10 кгс/см^2; от 10 до 18 кгс/см^2; от 18 до 30 кгс/см^2; свыше 30 кгс/см^2.

На основании произведенной оценки влияния специфических условий многолетней мерзлоты на обрушаемость и устойчивость пород кровли угольных пластов в различных геокриологических зонах разрабатываемых месторождений все они сгруппированы по степени влияния. Для удобства и оперативности пользования группы условий представлены табл. 3, позволяющей определять тип крепи для конкретных горногеологических, гидрогеологических и геокриологических условий.

По выбранному типу крепи производятся последующие расчеты ее параметров и составляется паспорт. Ниже приведены расчетные формулы, позволяющие с достаточной точностью рассчитывать параметры установки крепи.

Тип крепи	Группа условий	Технологические условия			Тепловой режим шахты	Характеристика угольных пластов			Газообильность шахты, м³/т
		система разработки	способ управления кровлей	рациональная глубина применения способа управления кровлей, м		мощность, м	угол падения, град	расположение отрабатываемых запасов относительно мерзлоты	
Без крепи	I	Камерно-столбовая	Временное удержание на целиках угля	До 60	Нерегулируемый или регулируемый с подогревом и охлаждением	Не менее 1,5	От 0 до 45	В мерзлоте	До 5
	II	-"-	-"-	60-80	-"-	-"-	-"-	-"-	-"-
	III	-"-	-"-	80-100	-"-	Более 2	От 0 до 90	-"-	-"-
Анкерные крепи	IУ	Камерно-столбовая	Временное удержание на целиках угля	До 150 До 120 До 80	Регулируемый, подогрев и охлаждение до -4°	От 2м и более	От 0 до 90	В мерзлоте	До 10
Индивидуальные гидравлические и механические крепи	У	Длинные столбы и наклонные слои	Полное обрушение	До 200	Регулируемый с подогревом у очистных забоев до положительных температур	От 1,1 м и более	От 0 до 35	В мерзлоте	До 10
	УI	-"-	-"-	100-250	-"-	От 0,7 и более	От 0 до 90	В подмерзлотной зоне	До 20
	УII	-"-	-"-	-"-	-"-	-"-	-"-	-"-	Более 20
	УIII	-"-	-"-	-"-	-"-	От 0,85 и более	-"-	В переходной зоне	До 20
	IX	-"-	-"-	-"-	-"-	От 0,7 и более	-"-	-"-	-"-

Таблица 3

Характеристика пород кровли			Характеристика пород почвы пластов	Геокриология			Гидрогеология			
разновидности	строение	степень нарушенности		глубина распространения мерзлоты, м	геотермическая ступень, м/град	температура массива пород, град.	влажность пород, %	коэффициент фильтрации, м/сут	тип воды	
									мехмерзлотные	подмерзлотные
Песчаник, алевролит, аргиллит, песчанистый сланец, глинистый сланец, углистый сланец	Монолитные и крупнослоистые	От сильной до слабой	Песчаники, алевролиты, сланцы любой крепости	Более 200	Более 50	Ниже -2^{0}С	До I8 До I2 До 8	0,I5–0,27 0,I3–0,25 0,I3–0,32 0,I7–0,30 0,I5–0,26 0,35–0,8I	Отсутствует	Не влияют
–"–	–"–	От средней до сильной	–"–	–"–	–"–	–"–	–"–	–"–	–"–	–"–
–"–	–"–	От слабой до средней	–"–	–"–	–"–	–"–	–"–	–"–	–"–	–"–
Песчаник, алевролит, аргиллит, песчанистый сланец, углистый сланец	От монолитных до тонкослоистых	От слабой до средней	Песчаник, алевролит, аргиллит, сланцы любой крепости	Не менее I00	25–50	Ниже -2^{0}С	До I2 До 8 До 4	0,I5–0,27 0,I3–0,25 0,I3–0,32 0,I7–0,30 0,35–0,8I	Отсутствует	Не влияют
Песчаник, алевролит, аргиллит, песчанистый сланец, углистый сланец	Среднеслоистые и тонкослоистые	От средней до сильной	Песчаник, алевролит, сланцы крепостью не ниже 20 кгс/см^2	Более I00	25–50	Ниже -2^{0}С	До I8 До I2 До 8	0,I5–0,27 0,I3–0,25 0,I3–0,25 0,I7–0,30 0,35–0,8I	До 5м^3/сут	Не влияют
Песчаник, алевролит, аргиллит, песчанистый сланец, глинистый сланец, углистый сланец	От монолитных до среднеслоистых	–"–	Песчаники, алевролиты, сланцы крепостью не ниже I5 кгс/см^2	I50–300	До 50	От +0,5 и выше	До I8 До I5 До I2 До 8	0,50–3,60 0,35–0,80 0,3I–I,60 0,40–0,90 0,25–0,50 0,20–0,40	Не влияют	Напорные (до 200 м)
–"–	–"–	–"–	–"–	–"–	Более 50	–"–	–"–	–"–	–"–	Безнапорные
Песчаники, алевролиты, аргиллиты, песчанистые сланцы, глинистые сланцы, углистые сланцы	От монолитных до тонкослоистых	От слабой до средней	–"–	I00–200 и более	Более 25	От –2 до +0,5	До I2 До I8	0,40–0,70 0,25–0,50 0,26–0,90 0,35–0,60 0,20–0,40 0,25–0,50	До I0 м^3/сут	Безнапорные
–"–	От монолитных до среднеслоистых	–"–	–"–	–"–	25–50	–"–	До I8 До I5 До I2 До 8	–"–	Не влияют	Напорные

Тип крепи	Группа условий	Технологические условия			Тепловой режим шахты	Характеристика угольных пластов			Газообильность шахты, м³/т
		система разработки	способ управления кровлей	рациональная глубина применения способа управления кровлей, м		мощность, м	угол падения, град	расположение отрабатываемых запасов относительно мерзлоты	
Механизированная крепь поддерживающего типа	X	Длинные столбы и наклонные слои	Полное обрушение	До 200	Регулируемый с подогревом у очистного забоя до положительной температуры	От 0,85 и более	От 0 до 35	В мерзлоте	До 10
	XI	-"-	-"-	100-250	-"-	-"-	-"-	В переходной зоне	До 20
	XII	-"-	-"-	-"-	-"-	-"-	-"-	-"-	-"-
	XIII	-"-	-"-	150-300	-"-	-"-	-"-	В подмерзлотной зоне	Более 20
	XIУ	-"-	-"-	-"-	-"-	-"-	-"-	-"-	До 20
Механизированная крепь оградительно-поддерживающего типа	Xa	Длинные столбы и наклонные слои	Полное обрушение	До 200	Регулируемый с подогревом у очистного забоя до положительной температуры	От 1,75 и более	От 0 до 35	В мерзлоте	До 10
	XIa	-"-	-"-	100-250	-"-	-"-	-"-	В переходной зоне	До 20
	XIIa	-"-	-"-	150-300	-"-	-"-	-"-	В подмерзлотной зоне	Более 20
	XIIIa	-"-	-"-	-"-	-"-	-"-	-"-	-"-	До 20
	XIУa	-"-	-"-	100-250	-"-	-"-	-"-	В переходной зоне	-"-

Окончание табл. 3

Характеристика пород кровли			Характеристика пород почвы пластов	Геокриология				Гидрогеология		
									воды	
разновидности	строение	степень нарушенности		глубина распространения мерзлоты, м	геотермическая ступень, м/град	температура массива пород, град	влажность пород, %	коэффициент фильтрации, м/сут	межмерзлотные	подмерзлотные
Песчаники, алевролиты	От монолитных до тонкослоистых	От слабой до средней	Песчаники, алевролиты, сланцы крепостью не ниже 20 кгс/см^2	Более 200	25-50	Ниже -2°С	До I8	0,I5-0,27 0,I3-0,25	До 5 м^3/сут	Не влияют
-"-	-"-	-"-	Песчаники, алевролиты, сланцы крепостью не ниже 30 кгс/см^2	I00-200 и более	Более 25	От -2°С до +0,5	До I2 До 8	0,40-0,70 0,25-0,50	До I0 м^3/сут	Напорные
-"-	-"-	-"-	-"-	-"-	25-50	-"-	До I8 До I5	-"-	Не влияют	Напорные
-"-	-"-	-"-	-"-	I00-250	Более 50	От +0,5 и выше	До I5 До I2	0,50-3,60 0,35-0,80	Не влияют	Безнапорные
-"-	-"-	-"-	-"-	-"-	До 50	-"-	До I8 До I5	-"-	-"-	Напорные
Аргиллиты, песчанистые сланцы, глинистые сланцы, углистые сланцы	От монолитных до тонкослоистых	От слабой до средней	Песчаники, алевролиты, сланцы крепостью не ниже 20 кгс/см^2	Более 200	25-50	Ниже -2°С	До I5 До I2	0,I3-0,32 0,I7-0,30 0,I5-0,26 0,35-0,8I	До 5 м^3/сут	Не влияют
-"-	-"-	-"-	-"-	I00-200 и более	Более 25	От -2 до +0,5	До 8	0,26-0,90 0,35-0,60 0,20-0,40 0,25-0,50	До I0 м^3/сут	Безнапорные
-"-	-"-	-"-	-"-	I00-250	Более 50	От +0,5 и выше	До I2 До 8 До 4	0,3I-I,60 0,40-0,90 0,25-0,50	Не влияют	Безнапорные
-"-	-"-	-"-	-"-	-"-	До 50	-"-	До I5 До I2 До 8	-"-	-"-	Напорные
-"-	-"-	-"-	-"-	I00-200 и более	25-50	От -2 до +0,5	До I5 До I2 До 8	0,26-0,90 0,35-0,60 0,20-0,40 0,25-0,50	-"-	-"-

4. ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАЦИОНАЛЬНЫХ ВИДОВ КРЕПИ ДЛЯ ОЧИСТНЫХ ВЫРАБОТОК И РАСЧЕТ ИХ ПАРАМЕТРОВ ДЛЯ ШАХТ РАЙОНОВ МНОГОЛЕТНЕЙ МЕРЗЛОТЫ

4.I. Расчет параметров очистных выработок без крепи

Расчет параметров очистных выработок без крепи сводится к нахождению оптимального устойчивого пролета незакрепленного пространства и ширины целиков, т.е. параметров очистных камер.

В зависимости от строения вмещающих пород кровли ширина некрепленного пространства камер может быть рассчитана по следующим формулам:

а) для однородной текстуры [3]

$$L_{пр} = h\sqrt{\frac{\sigma_{сж}^{дл}\,\sigma_{р}^{дл}}{2(\sigma_{сж}^{дл}+\sigma_{р}^{дл})\,q\,K\,n}}\,,$$

где $L_{пр}$ – предельный пролет незакрепленной выработки, м;

h – мощность непосредственной кровли, м;

q – расчетная нагрузка, равная весу толщи кровли над выработкой, кг/см^3;

$\sigma_{сж}^{дл}$ – длительное сопротивление породы непосредственной кровли сжатию, кгс/см^2;

$\sigma_{р}^{дл}$ – длительное сопротивление породы непосредственной кровли растяжению, кгс/см^2;

K – коэффициент, зависящий от соотношения длины выработки b к ее пролету ℓ:

b/ℓ	I	I,2	I,5	2	3	–
K	0,046	0,06I	0,80	0,I0I	0,II9	0,I25;

n – коэффициент запаса прочности.

В качестве расчетной нагрузки принимается собственный вес непосредственной кровли:

$$q = \gamma h\ ; \qquad \text{т/м}^2,$$

где γ – плотность породы, т/м^3;

В условиях шахты "Кадыкчанская" производственного объединения "Северовостокуголь" требуется определить устойчивый пролет камеры, закладываемой на глубине 80 м. Непосредственная кровля представлена мерзлыми алевролитами мощностью 3,5 м с температурой – 3,6°С. Основная кровля – мощные песчаники. В названных условиях $\sigma_{сж}^{дл} = 400$ кгс/см^2, $\sigma_{р}^{дл} = 8$ кгс/см^2, $K = 0,I25$, $n = I,8$, $q = 0,875$ кг/см^3.

Предельный устойчивый пролет камеры составит

$$L_{пр} = h\sqrt{\frac{\sigma_{сж}^{gn}\,\sigma_{р}^{gn}}{2(\sigma_{сж}^{gn}+\sigma_{р}^{gn})\,q\,к\,п}} = 350\sqrt{\frac{400\cdot 8}{2(400+8)\cdot 0,125\cdot 0,875\cdot 1,8}} =$$

$$= 350\sqrt{19,9} = 350\cdot 4,4 = 1540 \text{ см} = 15,4 \text{ м}.$$

Принимаем устойчивый пролет равным 15 м;

б) для слоистой текстуры [4]

$$L_{пр} = \sqrt{\frac{2h_0\sigma_{р}^{gn}(1-\xi\frac{к_1\gamma H}{\sigma_{сж}^{gn}})}{(1+к_п)\gamma_0}},$$

где h_0 – мощность нижнего слоя кровли, м;

ξ – безразмерный коэффициент (0,5–1,0);

$к_1$ – коэффициент концентрации давления в месте закрепления нижнего слоя кровли (1,5–2,5);

H – глубина разработки, м;

$к_п$ – коэффициент пригрузки нижнего слоя (1,1–1,5);

γ_0 – плотность нижнего слоя кровли, т/м^3.

Пример расчета.

Для условий пласта Второго шахты "Кадыкчанская" производственного объединения "Северовостокуголь" необходимо определить устойчивый пролет камеры, закладываемой на глубине 80 м. Непосредственная кровля представлена слоями аргиллита и алевролита различной мощности (от 0,05 до 0,65 м). Температура массива пород -3,4°С. Влажность пород 6,7–9,3%. Основная кровля представлена мощными песчаниками. В названных условиях h_0 = 0,6 м; $\sigma_{р}^{gn}$ = 500 т/м^2; ξ = 0,5; $к_1$ = 2; γ = 2,5 т/м^2; $\sigma_{сж}^{gn}$ = 600 т/м^2; H = 80 м; $к_п$ = 1,2; γ_0 = 2,5 т/м^2.

Предельный устойчивый пролет камеры составит

$$L_{п} = \sqrt{\frac{2\cdot 0,6\cdot 500\ (1-0,5\cdot\frac{2\cdot 2,5\cdot 80}{6000})}{(1+1,2)\ 2,5}} =$$

$$= \sqrt{\frac{600\cdot(1-0,033)}{2,2\cdot 2,5}} = \sqrt{105} = 10,2 \text{ м}.$$

Принимаем устойчивый пролет камеры равным 10 м.

В зависимости от местозаложения или порядка отработки очистной выработки (камеры) ширина межкамерных ленточных целиков, при случае первичного обрушения пород кровли, может быть рассчитана по формуле [1]

$$B = 1{,}625 \cdot K(\sqrt{a_п} + \sqrt{L_{пр}})\sqrt{\frac{\gamma H}{\sigma_{сж}^{gn}}},$$

где B – ширина целика, м;

K – коэффициент запаса прочности, зависящий от способа выемки:

при буровзрывной K = 1,1-1,2;

при комбайновой K = 1,0;

$a_п$ – ширина передовой разрезной печи, м;

$L_{пр}$ – устойчивый пролет камеры, м;

γ – средняя плотность пород подрабатываемой толщи, т/м^3;

H – глубина разработки, м;

$\sigma_{сж}^{gn}$ – длительное сопротивление сжатию угля в массиве, т/м^2.

Пример расчета.

При устойчивом пролете камер 15 м (рассчитан ранее для шахты "Кадыкчанская"), ширине передовой разрезной печи 2,5 м, глубине заложения камеры 80 м, среднем объемном весе пород 2,5 т/м^2, $\sigma_{сж}^{gn}$ = 1200 т/м^2 и коэффициенте запаса при буровзрывной отбойке 1,1 ширина целика составит

$$B = 1{,}625 \cdot 1{,}1\ (\sqrt{2{,}5} + \sqrt{15}) \cdot \sqrt{\frac{2{,}5 \cdot 80}{1200}} =$$

$$= 1{,}625 \cdot 1{,}1\ (1{,}57 + 3{,}86) \cdot 0{,}166 =$$

$$= 1{,}625 \cdot 1{,}1 \cdot 5{,}43 \cdot 0{,}41 = 3{,}98 \text{ м}.$$

Принимаем ширину целика 4 м.

По мере обрушения кровли камер возникает нагрузка от основной кровли, которая достигает максимального своего значения при пролете, равном шагу обрушения. С целью исключения аварийного обрушения кровли в камере на границе шага обрушения основной кровли оставляют блоковые целики. Расстояние между блоковыми целиками определяется по формуле [5]

$$A = 140 - 0{,}4H_п,$$

где A – расстояние между блоковыми целиками, м;

$H_п$ – глубина от дневной поверхности до кровли камеры, м.

Пример расчета. Необходимо определить расстояние между бло-

ковыми целиками при разработке пласта Второго на шахте "Кадыкчанская". Глубина разработки, как было ранее принято, 80 м.

$$A = 140 - 0{,}4 \cdot 80 = 108 \text{ м.}$$

Принимаем расстояние между блоковыми целиками 110 м.

Расчет ширины блоковых целиков предлагается производить по формуле

$$B = \frac{AH\gamma}{\frac{\sigma_{сж}^{дп}}{K} K_н K_ф - H\gamma},$$

где $K_н$ – коэффициент учета неоднородности строения пласта (1,0-1,3);

$K_ф$ – коэффициент формы целика, равный $(B/m)\frac{2}{3}$;

m – высота целика, м.

Пример расчета.

$$B = \frac{110 \cdot 80 \cdot 2{,}5}{\frac{3500}{1{,}0} \cdot 1{,}2 \cdot 0{,}404 - 80 \cdot 2{,}5} = \frac{22000}{1490} = 14{,}75 \text{ м.}$$

Принимаем ширину блокового целика равной 15 м.

4.2. Расчет параметров очистных выработок с крепью

4.2.1. Анкерная крепь

К факторам, оказывающим влияние на степень увеличения несущей способности пород кровли, скрепленных замковыми анкерами, относятся сетка размещения анкеров, их длина, прочность закрепления замков и величина первоначального натяжения. Прочность закрепления замков зависит от их конструкции и физико-механических свойств породы, в которой закрепляется замок. Величина натяжения зависит от способа установки анкеров.

Глубина анкерования при расчете паспорта крепления определяется из расчета необходимой толщины заанкерованных пород кровли. Толщина анкеруемых пород кровли определяется из выражения

$$h_{ан} = \sqrt{\frac{h_1 L^2 \gamma K_з}{2\sigma_{из}}},$$

где h_1 – мощность пород кровли, непосредственно влияющая на деформации заанкерованной кровли, см;

L – ширина камеры, см;

γ – средняя плотность пород, равная 00025 кг/см^3;

$K_з$ – коэффициент запаса, равный 4-6;

$\sigma_{из}$ – напряжение породы нижнего слоя на изгиб, равное 3-9 кгс/см^2.

Расчетная величина толщи анкеруемых пород проверяется по наличию породных слоев кровли, имеющих достаточную прочность для закрепления замка ($\sigma_{сж} \geqslant 300$ кгс/см^2). В случае отсутствия такого слоя породы на расчетной глубине общая толщина анкерования увеличивается.

Следовательно, при применении анкерной крепи в камерах для правильного выбора глубины анкерования и составления паспортов крепления нужно знать геологическое строение кровли. Необходимы также сведения о степени влажности, льдистости мерзлых пород кровли и их характеристики сопротивления сжатию и разрыву. Анкерная крепь наиболее надежно работает при минимальной льдистости пород ($W \leqslant 4$-5%).

Общая длина анкера определяется суммой следующих величин:

$$\ell_a = \ell_1 + \ell_2 + \ell_3 + \ell_4 + \ell_5 ,$$

где ℓ_a – общая длина анкера, см;

ℓ_1 – расчетная толща анкеруемых пород или глубина залегания крепкого слоя породы, см;

ℓ_2 – длина верхнего замка анкера (I5-25 см);

ℓ_3 – толщина верхняка (подхвата) (5-8 см);

ℓ_4 – толщина шайбы (0,6-I,0 см);

ℓ_5 – размер нижнего замка (5-8 см).

Расстояние между анкерами определяется с учетом несущей способности нижнего слоя кровли, изгиб которого вызывается весом объема пород, скрепленных анкерами.

Следовательно, расстояние между анкерами должно определяться из выражения

$$\ell = h_{н.сл.} \sqrt{\frac{2\,\sigma_{max}}{\gamma h K}} .$$

Однако мерзлые породы обладают явно выраженными реологическими свойствами, они способны изменять во времени напряженно-деформированное состояние, вызванное воздействием внешних усилий. В мерзлых породах под действием нагрузки развиваются деформации ползучести, что приводит к снижению прочности. В связи с этим нужно принимать $\sigma_р$ не максимальное, а длительное, тогда выражение для определения расстояния между анкерами с учетом темпера-

турного коэффициента примет следующий вид:

$$\ell = h_{н.сл}\sqrt{\frac{2\sigma_р^{дл} C}{K \gamma h_к}},$$

где ℓ – расстояние между анкерами, см;

$h_{н.сл}$ – мощность нижнего слоя породы непосредственной кровли, см;

$\sigma_р^{дл}$ – длительное сопротивление нижнего слоя породы кровли растяжению, кгс/см^2;

C – коэффициент, учитывающий температурное состояние пород непосредственной кровли (1,05–1,3); большее значение коэффициента соответствует более низкой температуре пород;

K – коэффициент запаса прочности заанкерованной кровли (4–6), зависит от степени трещиноватости пород;

γ – плотность породы нижнего слоя кровли, кг/см^3;

$h_к$ – толщина заанкерованных пород, см.

Примеры расчета.

I. По геологическим материалам установлено, что ближайший слой породы с $W < 5\%$ и $\sigma_{сж} \approx 300$ кг/см^2 залегает на глубине 155–160 см. Толщина нижнего слоя кровли 30 см (аргиллит), $\sigma_р^{дл}$ = = 12,5 кг/см^2. Температура пород в месте заложения камеры равна –3,9°С. Принимаем температурный коэффициент C = 1,25; породы кровли средней трещиноватости (0,05 трещины на I м кровли); коэффициент запаса прочности заанкерованной кровли K=5; объемный вес пород непосредственной кровли γ = 2,5 т/м^3 = 0,0025 кг/см^3. Общая мощность непосредственной кровли, влияющей на деформацию заанкерованной толщи, 450 см. Предельный пролет камеры 16 м. Допускаемое напряжение породы нижнего слоя на изгиб $\sigma_{из}$ = 4 кг/см^2. Толща анкеруемых пород составит

$$h_а = \sqrt{\frac{h_н L_{пр}^2 \gamma K}{2\sigma_{из}}} = \sqrt{\frac{450 \cdot 160^2 \cdot 0{,}0025 \cdot 5}{2 \cdot 4}} = \sqrt{18000} \cong 135 \text{ см}.$$

Учитывая, что ближайший слой породы с $\sigma_{сж} \geqslant 300$ кгс/см^2 находится на глубине 155–160 см, принимаем глубину анкерования 180 см с учетом расположения замка анкера в этом слое породы. Расстояние между анкерами составит

$$\ell = 30\sqrt{\frac{2 \cdot 12{,}5 \cdot 1{,}25}{5 \cdot 0{,}0025 \cdot 180}} = 30\sqrt{\frac{250}{18}} = 30\sqrt{13{,}85} = 30 \cdot 3{,}72 = 111{,}6 \text{ см}.$$

Принимаем расстояние между анкерами равным 110 см, т.е. установку по сетке 1,1 х 1,1 м.

2. По геологическим материалам установлено, что ближайший прочный слой породы ($W < 5\%$ и $\sigma_{сж} \geq 300$ кг/см^2) находится на глубине I,30-I,35 см. Толщина нижнего слоя 50 см, $\sigma_р^{вп} = 7{,}2$ кг/см^2. Температура пород кровли $-2{,}7^{\circ}$С; принимаем $C = I{,}I5$. Нижний слой породы кровли сильно трещиноватый (до 0,I трещины на I м кровли). Коэффициент прочности K принимаем равным 6. Плотность породы $\gamma =$ $= 2{,}5$ т/м^3 $= 0{,}0025$ кг/см^3.

Общая мощность непосредственной кровли, оказывающей влияние на деформацию заанкерованной кровли, 450 см. Предельный пролет камеры I6 м. Допустимый предел прочности нижнего слоя пород на изгиб $\sigma_{из} = 5$ кгс/см^2. Толща анкеруемых пород составит

$$h_a = \sqrt{\frac{480 \cdot I60^2 \cdot 0{,}0025 \cdot 6}{2 \cdot 5}} = \sqrt{I8432} = I36 \text{ см}.$$

Ближайший слой породы с $\sigma_{сж} \geq 300$ кгс/см^2 находится на глубине I30-I35 см, т.е. почти совпадает с расчетным. Следовательно, принимаем глубину анкерования I50 см.

Расстояние между анкерами составит

$$\ell = 50\sqrt{\frac{2 \cdot 7{,}2 \cdot I{,}I5}{6 \cdot 0{,}0025 \cdot I50}} = 50\sqrt{\frac{I84}{25}} = 50\sqrt{7{,}3} = 50 \cdot 2{,}7 = I35 \text{ см}.$$

Расстояние между анкерами принимаем I35 см и установку по сетке.

Применять анкерную крепь в очистных камерах при глубине расположения прочного слоя пород более 2,0 м экономически нецелесообразно.

4.2.2. Индивидуальная крепь

Поведение кровли при разработке пласта лавами и при разработке короткими забоями качественно различается. Это объясняется разными условиями поддержания основной кровли. При системах с короткими очистными забоями основная кровля опирается на угольные целики, которые не позволяют ей деформироваться и принимать деятельное участие в сдвижениях непосредственной кровли. При разработке длинными забоями над отработанным пространством приходят в движение большие массы породы.

В условиях многолетней мерзлоты из-за повышенных пластических свойств мерзлых дисперсных пород значительно возрастают

опускания кровли без разрушения ее на блоки,как это наблюдается в центральных бассейнах страны. Поэтому кровли угольных пластов, сложенные многолетнемерзлыми породами, в большинстве своем являются труднообрушаемыми (шахты "Беринговская", "Джебарики-Хая", "Сангарская", "Баренцбург", "Пирамида").

Параметры разрушения непосредственной и основной кровли зависят от прочности слагающих их пород, которая в свою очередь зависит от температуры и влажности в массиве, глубины залегания и технологии выемки угля. Непосредственная кровля, как правило, обрушается ступенчатыми консолями, которые нередко зависают позади органного ряда крепи.

Основная кровля разрушается блоками по трещинам, заполненным льдом, кальцитом, глиной и другими материалами. Длина блоков зависит от скорости подвигания забоя и интенсивности изменения напряженного состояния массива. В основном, длина блоков превышает мощность разрушающегося слоя, что вызывает образование арочной системы с собственной несущей способностью, которая периодически разрушается и создает повышенную нагрузку на крепь.

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.

При составлении паспорта крепления для определенных условий к нему предъявляется ряд общетехнических и специальных требований. Общетехнические требования известны из ПБ и ПТЭ и применяются на шахтах. Специальные требования следующие:

I. При расчете нагрузок на крепь необходимо располагать данными о мощности непосредственной кровли, прочности пород непосредственной кровли на сжатие, шаге обрушения непосредственной кровли, мощности основной кровли (по геологическим данным), прочности пород основной кровли на сжатие или разрыв, температуре и влажности массива пород, глубине работ, шаге обрушения основной кровли.

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

3. Паспорт крепления должен составляться с учетом обеспечения необходимого сопротивления крепи по всей ширине призабойного пространства. Расчет необходимо вести по максимальным нагрузкам, учитывая влияние осадок основной кровли.

4. В качестве призабойной крепи следует применять гидравлические индивидуальные стойки.

5. 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.

6. На пластах с тяжелыми кровлями не допускается вдавливание крепи в почву пласта. При наличии слабых пород почвы следует обязательно применять специальные подставки под стойки с увеличенной площадью опоры.

7. Типоразмер крепи должен выбираться с учетом колебания мощности пласта.

Выбор типоразмеров стоек нужно производить исходя из следующих зависимостей.

Призабойные стойки:

А. При металлическом верхняке

$$L_{max}=H+\Delta H-h_{в.м}-\alpha H\ell_1; \qquad L_{min}=H-\Delta H-h_{в.м}-\alpha H\ell_2-\theta,$$

где L_{max} – максимальная необходимая длина призабойной стойки, м;

L_{min} – минимальная допустимая длина призабойной стойки, м;

H – средняя мощность пласта, м;

ΔH – максимальные наблюдаемые отклонения средней мощности пласта в пределах выемочного участка, м;

$h_{в.м}$ – высота металлического верхняка, м;

α – коэффициент сближения пород кровли и почвы, 1/м;

ℓ_2 – расстояние от забоя до последнего ряда призабойной крепи (до места разгрузки и извлечения призабойных стоек), м;

θ – запас раздвижности для разгрузки призабойной стойки.

Б. При деревянном верхняке

$$L_{max}=H+\Delta H-0{,}75h_{в.д}-\alpha H\ell_1; \quad L_{min}=H+\Delta H-0{,}5h_{в.д}-\alpha H\ell_2-\theta,$$

где $h_{в.д}$ – высота (толщина) деревянного верхняка, м;

$0{,}75$ – коэффициент, учитывающий деформацию деревянного верхняка при начальном распоре;

$0{,}5$ – коэффициент, учитывающий деформацию деревянного верхняка при рабочем сопротивлении стойки.

Посадочные стойки:

$$L_{max}=H+\Delta H-\alpha H\ell_3; \qquad L_{min}=H-\Delta H-\alpha H\ell_2-\theta,$$

где $\ell_з$ – расстояние от забоя до начального места установки посадочных стоек, м.

Составление паспортов крепления осуществляется на базе расчетных нагрузок на крепь. Поскольку нагрузка на крепь зависит от характера обрушения пород непосредственной и основной кровли, для условий месторождений многолетней мерзлоты может быть принято две схемы разрушения непосредственной кровли.

I. Породы мерзлой кровли обладают высокой пластичностью. В этом случае пролет кровли определяется из выражения [4.7]

$$\ell_{\infty} = \sqrt[5]{\frac{360 \cdot \eta (1+\lambda^2)}{1{,}2(1+\lambda)^2 K} \cdot \frac{H^3 h v_0}{\gamma H - 0{,}72 \frac{K}{a^2} h}} < \ell_{дл} \approx 2{,}8 \sqrt{\frac{\sigma_{сж}^{дл}}{(1+\lambda)\gamma} H},$$

где ℓ_{∞} – постоянный пролет кровли, м;

η – коэффициент пластической вязкости, т·сут/м^2;

λ – отношение длительной прочности на сжатие к длительной прочности на растяжение $\sigma_{сж}^{дл} / \sigma_{рас}^{дл}$;

H – толща мерзлых пород в кровле, м;

h – мощность отрабатываемого пласта, м;

v_0 – постоянная скорость подвигания забоя, м;

γ – плотность пород, т/м^3;

K – коэффициент жесткости крепи;

a – расстояние между стойками крепления, м;

$\ell_{дл}$ – длительный пролет, т.е. пролет, при котором не происходит обрушения, м;

$\sigma_{сж}^{дл}$ – длительное сопротивление мерзлых пород сжатию, т/м^2.

Пример расчета.

Необходимо определить критический пролет поддерживаемой непосредственной кровли для условий пласта Двойного месторождения "Бухта Угольная". Непосредственная кровля сложена алевролитами ($\sigma_{сж}^{дл}$ = 60 кг/см^2 и $\sigma_{р}^{дл}$ = I5 кг/см^2). Мощность обрушающегося слоя основной кровли равна 6 м, коэффициент пластической вязкости для алевролитов равен 4 кг·сут/см^2, мощность пласта I,6 м, скорость подвигания забоя I,89 м, коэффициент запаса принимаем равным 3, коэффициент жесткости крепи равен I, расстояние между крепью в ряду 0,8 м. Тогда

$$\ell_{пр} = \sqrt[5]{\frac{360 \cdot 4 \cdot (I + 4^2)}{I{,}2(I+4)^2 \cdot 3} \cdot \frac{6^3 \cdot I{,}6 \cdot I{,}89}{2{,}5 \cdot 6 - 0{,}72 \cdot \frac{I}{0{,}8^2} \cdot I{,}6}} =$$

$$= \sqrt[5]{272 \cdot 49{,}48} = \sqrt[5]{I3458{,}56} = 6{,}7 \text{ м}.$$

Принимаем предельный пролет равным 6,3 м, кратным ширине захвата комбайна. Ширина обрушающихся блоков, по данным практики, равна I,4 м.

2. Породы переходной и подмерзлотной зон обрушаются по обычной схеме для центральных бассейнов страны, и предельный пролет может быть определен по формуле, предложенной ВНИМИ [7]

$$l_{пр} = \frac{m\xi}{2f} \ln\left(\frac{2fh(\tau_{ср})}{N_0 m \xi \sin\alpha} + 1\right),$$

где m – мощность пласта, см;

ξ – коэффициент бокового давления, равный $\frac{\mu}{1-\mu}$;

f – угол внутреннего трения, равный $tg\varphi$;

h – мощность непосредственной кровли, см;

$\tau_{ср}$ – сопротивление породы срезу, кг/см^2, равный $I/I3\,\sigma_{сж}$;

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

α – угол наклона трещин среза, град.

Пример расчета.

для условий пласта Второго месторождения "Гора Пирамида", имеющего мощность I,5 м, коэффициент ползучести пород при изгибе для алевролитов 2,2 (от 2 до 2,5), для песчаников I,3–I,8, угол внутреннего трения $\varphi = 32^0$ ($f = tg\varphi = tg\,32^0 = 0{,}625$), мощность непосредственной кровли 4,8 м, $\tau_{ср} = I/_{I3} \cdot 720 = 55{,}4$ кг/см^2, несущая способность на кромке угольного пласта 32 кг/см^2, угол наклона трещин среза 75^0. Предельный пролет составит

$$l_{пр} = \frac{I50 \cdot 2{,}2}{2 \cdot 0{,}625} \cdot l_n \left(\frac{2 \cdot 0{,}625 \cdot 480 \cdot 55{,}4}{32 \cdot I50 \cdot 2{,}2 \cdot 0{,}966} + I\right) =$$

$$= 264 \cdot \ln 4{,}27 = 264 \cdot I{,}45 = 382{,}8.$$

Принимаем предельный пролет 383 см, т.е. кратным ширине захвата комбайна. Ширина обрушающихся блоков, по данным практики, равна I,2 м.

Нагрузка на крепь составит

$$P = P_н + P_0, \quad \text{тс/м},$$

где $P_н$ – нагрузка от непосредственной кровли, равная $\gamma_н h_н l_{пр}$ тс/м;

P_0 – нагрузка от основной кровли, тс/м.

В соответствии с расчетной методикой ВНИМИ нагрузка от основной кровли передается на крепь в пределах 30% от веса обрушающегося пролета, т.е.

$$P_0 = 0{,}3\gamma_0 h_0 L,$$

где γ_0 – плотность породы слоя основной кровли, т/м^3;

h_0 – мощность обрушающегося слоя основной кровли, м;

L – шаг обрушения слоя основной кровли, м.

На шаг обрушения 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.

Шаг обрушения основной кровли определяется из выражения

$$L_0 = h_0\sqrt{\frac{2\sigma_{раз}}{\gamma \cos^2\rho[(H-h)(1+2k)+3h_0]}},$$

где h_0 – мощность слоя основной кровли, м;

$\sigma_{раз}$ – предельное сопротивление породы разрыву в направлении напластования, т/м^2;

ρ – угол трения по верхнему контакту рассматриваемого слоя, $\rho = 90-x$, град;

γ – плотность породы, т/м^3;

H – глубина залегания пласта, м;

h – мощность непосредственной кровли, м;

k – коэффициент, учитывающий степень разгрузки над выработанным пространством.

Пример расчета.

Пласт Двойной месторождения "Бухта Угольная". Основная кровля представлена песчаником мощностью 6 м, имеющим сопротивление породы разрыву в направлении напластования 1250 т/м^2, угол трения 15^0. Пласт разрабатывается на глубине 80 м. Непосредственная кровля пласта 4,8 м. Коэффициент разгрузки принимаем 0,3.

$$L = 4{,}8\sqrt{\frac{2\cdot 1250}{2{,}5\cdot \cos^2\cdot 15[(80-4{,}8)\ (1+2\cdot 0{,}3)+3\cdot 4{,}8]}} =$$

$$= 4{,}8\sqrt{\frac{2500}{2{,}5\cdot 0{,}9312[75{,}2\cdot 1{,}6+14{,}4]}} = 4{,}8\sqrt{\frac{2500}{4033{,}51}} =$$

$$= 4{,}8\cdot\sqrt{0{,}6198} = 4{,}8\cdot 0{,}787 = 3{,}8 \text{ м}.$$

Шаг обрушения основной кровли 3,8 м, следовательно, нагрузка на крепь от основной кровли составит

$$P_o = 0{,}3\,\gamma_o h_o L = 0{,}3 \cdot 2{,}5 \cdot 6 \cdot 3{,}8 = 17{,}1 \text{ тс/м}.$$

Нагрузка на крепь от непосредственной кровли в условиях мерзлой зоны составит

$$P_н = \gamma_н h_н \ell_{бл} = 2{,}5 \cdot 4{,}8 \cdot 1{,}4 = 16{,}8 \text{ тс/м};$$

в условиях переходной и подмерзлотной зон

$$P_н = \gamma_н h_н \ell_{бл} = 2{,}5 \cdot 4{,}8 \cdot 1{,}2 = 14{,}4 \text{ тс/м}.$$

Общая нагрузка на крепь составит:

для мерзлой зоны

$$P = 17{,}1 + 16{,}8 = 33{,}9 \text{ тс/м};$$

для переходной и подмерзлотной зон

$$P = 17{,}1 + 14{,}4 = 31{,}5 \text{ тс/м}.$$

В соответствии с ГОСТ 17693-72 принимаем гидравлические стойки внешнего питания ГВ-10 с технической характеристикой: рабочее сопротивление 20 тс; начальный распор 9,5 тс при давлении в магистрали 150 кгс/см^2; скорость раздвижки стойки 20 мм/сек при давлении в магистрали 150 кгс/см^2; минимальная высота 1000 мм; раздвижность 600 мм; пределы применения по мощности пласта 1,32-1,78 м; масса (с первой насадкой) 40 кг.

Плотность призабойной крепи определяется из выражения

$$P_{п.з} = C \frac{P}{\tau}, \text{ стоек на м}^2,$$

где $P_{п.з}$ - плотность призабойной крепи, стоек на м^2;

C - коэффициент, учитывающий неисправность стоек, (1,05-1,15);

P - нагрузка на крепь, тс/м.;

τ - сопротивление стойки, тс.

$$P_{п.з} = 1{,}1 \cdot \frac{33{,}9}{20} = 1{,}86 \text{ стоек на м}^2 \text{ (для мерзлой зоны)};$$

$$P_{п.з} = 1{,}1 \cdot \frac{31{,}5}{20} = 1{,}73 \text{ стоек на м}^2 \text{ (для переходной и подмерзлотной зон).}$$

Нагрузка на посадочную крепь определится по формуле

$$P_{п.к} = P_н + P_o = \gamma_н h_н \ell_{пр} + \gamma_o h_o L;$$

$P_{п.к}$ = 2,5·4,8·67 + 2,5·6,0·3,8 = I37,4 тс/м (для мерзлой зоны);

$P_{п.к}$ = 2,5·4,8·3,83 + 2,5·6,0·3,8 = I03 тс/м (для переходной и подмерзлотной зон).

В качестве посадочной крепи принимаем стойки ОКУм-05 со следующей характеристикой:

сопротивление, тс	
начальное	40-60
рабочее	200
рабочая податливость, мм	до I40
раздвижность, мм	825
пределы применения по мощности пласта, мм	775
масса, кг	32I,4

Плотность посадочной крепи в момент посадки кровли составит

$$P_п = C_1 \frac{P_{п.к}}{\tau_1}, \text{стоек на м}^2,$$

где C_1 – коэффициент, учитывающий несинхронность работы посадочной крепи и ее неисправность (I,I – I,I5);

$P_{п.к}$ – нагрузка на посадочную крепь в момент посадки, тс/м;

τ_1 – рабочее сопротивление посадочной крепи, тс .

$$P_п = I,I5 \cdot \frac{I37,4}{200} = 0,79 \text{ стоек на м}^2 \text{(для многолетней мерзлоты);}$$

$$P_п = I,I5 \frac{I03}{200} = 0,59 \text{ стоек на м}^2 \text{ (для переходной и подмерзлотной зон).}$$

Приведенный пример расчета паспорта крепления характеризует только общий метод учета и оценки особенностей разрушения кровель пластов в различных геокриологических условиях. Паспорт может быть составлен в нескольких вариантах. Одним из основных критериев выбора варианта паспорта крепления, кроме обеспечения безопасности, является его экономичность в затратах труда на крепление и управление кровлей.

4.2.3. Механизированная крепь

Современные механизированные крепи обладают целым рядом особенностей и свойств, которые вносят существенные изменения во взаимодействия крепи и кровли по сравнению с индивидуальными крепями. Однако в настоящее время отсутствуют расчетные методы

определения нагрузок на механизированные крепи не только для районов многолетней мерзлоты, но и для бассейнов центральных районов страны. Поэтому выбор типа крепи необходимо производить в основном по характеру обрушения пород непосредственной и основной кровли.

При мелкоблочном обрушении следует принимать оградительные и оградительно-поддерживающие крепи, а при крупноблочном - поддерживающе-оградительные и поддерживающего типа.

При труднообрушаемых породах основной кровли необходимо принимать крепи повышенного сопротивления, а также применять способы предварительного ослабления пород основной кровли впереди очистного забоя[6].

Минимальная и максимальная конструктивная высота механизированной крепи определяется из следующих выражений:

$$M_{min} = H_{min} - h_з - \theta;$$
$$M_{max} = H_{max} - h_n,$$

где M_{min}, M_{max} – соответственно допустимые минимальная и максимальная конструктивная высота крепи, мм;

H_{min}, H_{max} – соответственно минимальная и максимальная мощности пласта, мм;

h_n – величина опускания кровли над передними стойками (со стороны забоя) при минимальном их расстоянии ℓ_n от забоя, мм;

$h_з$ – величина опускания кровли над задними стойками крепи (со стороны выработанного пространства) при максимальном их расстоянии $\ell_з$ от забоя, мм;

θ – запас раздвижности на разгрузку крепи от давления пород, мм.

Максимальная и минимальная мощности пласта (H_{min} и H_{max}) определяются по результатам маркшейдерских замеров этих величин в пределах выемочных полей (ярусов), отработанных смежными лавами с проектируемой для применения крепью, а также по данным разведочных скважин в пределах выемочного поля, предназначенного для обработки комплексом выбранного типоразмера.

Величины опускания кровли h_n и $h_з$ определяются на соответствующих расстояниях от забоя ℓ_n и $\ell_з$ путем измерения высоты призабойного пространства в лаве, выбранной для применения крепей, или в соседних лавах, работающих в аналогичных горногеологических условиях этого же пласта. Измерение высоты рабочего пространства

производится в середине лавы, так как в этой части зафиксировано наибольшее опускание кровли. Величина опускания кровли определяется как разность между высотой призабойного пространства, измеряемой в определенной точке по линии забоя после прохода выемочной машины, и высотой призабойного пространства, измеренной в той же точке, когда машина по мере подвигания очистного забоя окажется на расстоянии от забоя $\ell_п$ и $\ell_з$

$$\ell_п = m - m_п;$$

$$\ell_з = m - m_з,$$

где m – высота призабойного пространства на линии забоя, мм;

$m_п, m_з$ – высота призабойного пространства соответственно на расстоянии от забоя $\ell_п$ и $\ell_з$, мм.

При отсутствии действующих лав в аналогичных с вновь вводимой лавой горногеологических условиях величины опускания кровли могут быть определены аналитическим путем:

$$h_п = \alpha \cdot H_{min} \cdot \ell_п;$$

$$\ell_з = \alpha \cdot H_{max} \cdot \ell_з,$$

где α – коэффициент, учитывающий класс кровли, для пологих пластов, равный 0,05; 0,035; 0,025 соответственно для I, II и III классов кровли по классификации ДонУГИ.

Приложение I
Таблица I

Физико-механические показатели углей

Характеристики условий		Испытания на сжатие			Испытания на растяжение		
Глубина работ, м	Температура, ^0C	Схема испытаний	Разрушающая нагрузка P, кгс/см^2		Кубиковая прочность R_c^o, кгс/см^2	Пределы изменения прочности	Среднее значение $R_{p,2}^o$ кгс/см^2
			по отдельным опытам	среднее значение			
I	2	3	4	5	6	7	8
80	-2,4	При одной обнаженной плоскости	I23 82	I03	52	-	-
		При трех обнаженных плоскостях	54 48	52	52	-	-
80	-2,4	При трех обнаженных плоскостях	79 60 97	70	70	2,I-5,2 2,2-5,6	3,3 3,3
60	-I,0	При одной обнаженной плоскости	I35 I39 I3I	I23	62		
		При трех обнаженных плоскостях	87 63	63	63	2,4-6,4 0,7-2,4	4,5 I,6
30	-3,0	При одной обнаженной плоскости	6I 82 50	64	32	4,0-I0,6 I,5-4,2	6,8 3,0

продолжение табл. I

I	2	3	4	5	6	7	8
60	-2,0	При одной обнаженной плоскости	63 60 7I	65	32	3,0-6,6 2,2-2,8	4,8 2,4
90	-I,8	-"-	I2I I42 I09	I24	62	3,0-I0,2 I,9-5,7	7,2 3,4
I20	-I,4	-"-	I53 I39 I72	I55	78	7,5-II,I 3,8-5,I	I0,0 4,0
30	I,5	-"-	5,7-I9,5 9,8-I3,I	I2,4 II,3	-	6,I 5,2-7,5	-
40	-0,3	-"-	5,2-II,3	9,2	-	2,85 I7,4-39,3	II,6 7,8-I5,0
60	+0,3	-"-	7,0-22,0	I2,4	-	-	9,3 8,4-II,7
85	+2,0	-"-	5,5-2I,3	I2,6	-	I5,8 I3,5-I7,8	8,2 6,I-I0,I

Примечание. Цифры в числителе относятся к данным разрушения образцов усилием, перпендикулярным напластованию, а в знаменателе - параллельным напластованию.

Таблица 2

Физико-механические характеристики пород

Литологическая разность (в массиве)	Сопротивление пород σ, кгс/см^2			
	мерзлых		талых	
	разрыву	сжатию	разрыву	сжатию
Нижне-Аркагалинское месторождение				
Песчаник	20-100	600	5-25	300
Алевролит	12-60	600	3-15	300
Аргиллит	8-28	500	2-7	250
Уголь	-	60-140	-	30-70
Анадырское месторождение				
Песчаник	10	-	3-7	-
Алевролит	7	-	3-7	-
Аргиллит	12-28	-	3-7	-
Уголь	-	100	-	50
Месторождение "Бухта Угольная"				
Песчаник	20-60	-	5-15	-
Алевролит	20	-	5	-
Аргиллит	8-20	-	2-5	-
Уголь	-	100	-	50

Таблица 3

Физико-механические характеристики пород

Литологическая разность (в массиве)	Талые породы			Мерзлые породы			
	Влажность W, %	Сопротивление σ, кгс/см²		Влажность W, %	Температура, °С	Сопротивление σ, кгс/см²	
		сжатию	растяжению			сжатию	растяжению
Аргиллиты	2,0	265	-	2,5-4,9	-2÷ -15	310	-
	2,1	-	32,1	-	-	-	-
Алевролиты	2,0	355	-	1,7	-10	420	-
Песчаники	1,3	480	-	1,5	-8,5÷ -20	450	-
	0,1-5,2	-	28	0,1-4,5	-6÷ -18,5	-	36
Уголь	-	70	-	-	-	-	-
	-	170	-	-	-	-	-
	-	273	-	-	-	-	-
	1,2-20,0	101-270	-	-	-	-	-

Приложение 2
Таблица I

Технические характеристики индивидуальных крепей

Типоразмер	Рабочее сопротивление, тс	Начальный распор, тс	Темп раздвижки за один цикл работы насоса, мм		Минимальная высота, мм	Раздвижность, мм	Пределы применения по мощности пласта, м	Масса, кг
			при раздвижке	при распоре				
ГСУ								
4(ГСУ-М-I)	20	7-I0	25	I,0	480	I70	0,68-0,90	I9,5
5(ГСУ-М-2)	20	7-I0	25	I,0	560	250	0,77-I,05	2I,5
6(ГСУ-М-3)	20	7-I0	25	I,0	670	300	0,94-I,2I	25,I
8(ГСУ-М-4)	20	7-I0	25	I,0	800	350	I,09-I,39	28,4
9(ГСУ-М-5)	20	7-I0	25	I,0	950	420	I,27-I,7I	32,0
II(ГСУ-М-6)	20	7-I0	25	I,0	II20	500	I,47-I,96	36,8
ГСК								
ГI3	25	8,5-25	25	I,2	I350	580	I,74-2,27	53,5
ГI4	25	8,5-25	25	I,2	I630	740	2,09-2,73	6I,I
ГI5	25	8,5-25	25	I,2	I900	800	2,44-3,06	67,9
ГI6	25	8,5-25	25	I,2	2240	800	2,85-3,40	73,9
ГВ								
ГВ-4	20	9,5	20		500	2I0	0,72-0,85	23,0
ГВ-5	20	9,5	20		560	270	0,79-0,97	25,0
ГВ-6	20	9,5	20		630	320	0,88-I,09	28,0
ГВ-7	20	9,5	20		7I0	390	0,98-I,24	30,0
ГВ-8	20	9,5	20		800	450	I,08-I,43	33,0
ГВ-9	20	9,5	20		900	550	I,20-I,63	36,0
ГВ-I0	20	9,5	20		I000	600	I,32-I,78	40,0
ГВ-II	25	9,5	20		II20	680	I,48-2,00	47,0
ГВ-I2	25	9,5	20		I250	750	I,65-2,26	5I,0
ГВ-I3	25	9,5	20		I400	600	I,82-2,26	5I,9
ГВ-I4	25	9,5	20		I600	640	2,06-2,50	56,9
ГВ-I5	25	9,5	20		I800	700	2,32-2,78	63,4
ГВ-I6	25	9,5	20		2000	800	2,55-3,08	66,5
ГВ-I7	25	9,5	20		2240	800	2,84-3,4I	70,9

Таблица 2

Техническая характеристика металлических шарнирных верхняков

Типоразмеры верхняка	Длина по осям шарниров, мм	Размеры балки, мм		Допускаемый изгибающийся момент, тс.м		Масса верхняка, кг
		высота	ширина	балки	шарнирного замка	
1В-15Б	800	60	70	2,4	1,1	16,4
2В-15Б	1000					19,4
3В-15Б	1260					23,1
1В-20Б	800	80	70	3,2	1,45	19,3
2В-20Б	1000					24,6
3В-20Б	1260					27,8
М-7ТС-1	800	86	80	4,0	1,8	23,0
М-7ТС-2	1000					27,2
М-7ТС-3	1250					32,9

Примечание. Металлические верхняки В-15Б, В-20Б и М-7ТС предназначены для крепления очистных забоев в комплекте с металлическими стойками, имеющими рабочее сопротивление не более 15 тс (2В-15Б, 3В-15Б), 20 тс (1В-15Б, В-20Б) и 25 тс (М-7ТС). Верхняки В-15Б и В-20Б серийно изготавливаются Дружковским машиностроительным заводом, М-7ТС - Киселевским заводом им.И.С.Черных.

Таблица 3

Техническая характеристика посадочных стоек ОКУм

Показатели	Типоразмеры стоек						
	ОКУм-01Б	ОКУм-01	ОКУм-02	ОКУм-03	ОКУм-04	ОКУм-05	ОКУм-06
Сопротивление, тс:							
начальное	20-25	20-25	40	40	40	40-60	40-60
рабочее	100	100	150	150	150	200	200
Рабочая податливость, мм	до 40	до 40	до 80	до 80	до 80	до 140	до 140
Минимальная высота, мм	323	328	460	560	700	825	1035
Раздвижность, мм	262	317	400	490	615	775	965
Пределы применения по мощности, пласта, м	0,45-0,58	0,55-0,70	0,65-0,87	0,75-1,05	0,89-1,31	1,10-1,60	1,40-2,0
Масса, кг	95,2	144,4	163,6	188,5	212,5	321,4	363,7

Примечание. Посадочные стойки ОКУм предназначены для управления кровлей полным обрушением в лавах пологих пластов мощностью 0,65-2,0 м. Серийно выпускаются Дружковским и Киселевским машиностроительными заводами, а также объединением "Каргормаш".

Приложение 3

Таблица I

Показатели	Тонкие пласты		Пласты средней мощности												Мощные пласты	
	Донбасс	МК-97	ОМКТМ	ОКП	ЗОКП	IМК	ПМК9	IМКС	МС-97	2М-8I9	М-873	М-87ДН	М-87ДГА	М-87А	АМС	КТУ-2МК9
Высота крепи, мм минимальная	500[1] 560	500[1] 630	I750[1] 2030	I750[1] 2030	2350	I050	I350	840	500[1] 630	I625[4] 22I0	800[1] 995	880[1] I040	I040	I040	2000	2360
максимальная	940[1] II20	985[1] I330	2500[1] 3000	2500[1] 3000	3500	I750	2200	I035	985[1] I330	2420[4] 34I0	I4I2[1] I947	I490[1] I992	I990	I992	3200	-
Рабочее сопротивление, тс на I м² поддерживаемой площади	38	29,4[2] 27,3	40	54	54	40	28,I	30	-	44	37,4	37,4	36,0	36,0	40	-
на I м посадочного ряда	89	50	-	-	-	50	45,5	32,5[3] 65,0	-	64	68	68	68	68	66,5	-
Начальный распор стойки, тс	II,5	24,2	40,2	40,2	47	23м	32	24	24,2	32,2	24	24	24	24	40	-
Коэффициент затяжки кровли	0,83	0,55	0,93	0,93	0,93	0,95	0,95	0,70	0,55	0,95	0,85	0,85	0,80	0,85	0,95	-
Шаг передвижки крепи, м	0,8	0,63 0,8	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	00,65	-	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,5
Длина комплекса, м	I60-I80	I60-I80	I20-I50	I20-I50	I00	I20	I20	I80-200	I60-I80	I20-I50	I80-200	I80-200	I80-200	I80-200	60-70	60-70
Пределы применения:																
по мощности пласта, м	0,7-I,2	0,7-I,3	I,85-3,0	I,85-3,0	2,5-3,5	I,2-I,8	I,6-2,2	I,I-I,9	0,7-0,3	2,0-3,2	I,I-I,9	I,I5-I,95	I,35-I,90	I,35-I,90	6-I2	6-I2
по углу падения, град	0-20	0-I2	0-I5	0-I5	0-I5	0-I5	0-I5	0-I5	0-I2	0-I5	0-I5	0-35	0-35	0-35	0-I8	0,25
по устойчивости кровли	Не ниже средней, легкообрушаемая		Неустойчивая слабая, легкообрушаемая			Средней и выше средней устойчивости, легкообрушаемая		Не ниже средней, легкообрушаемая		Неустойчивая, слабая, легкообрушаемая	Не ниже средней, легкообрушаемая					Любая
по сопротивлению почвы вдавливанию, не менее, кгс/см²	I9,0	32,0	7,5	7,5	7,5	II,0	8	I6,5[5] 30,0	32,0	27,5	I6,5[5] 30,0	I6,5[5] 30,0	I6,5[5] 30,0	I6,5[5] 30,0	I0	I,5
По обводненности	Не выше средней															
Завод-изготовитель	Дружковский им. 50-летия Советской Украины	Каменский	Уловский им. И.И.Федуща					Дружковский им. 50-летия Советской Украины	Каменский	Киселевский им. И.С.Черных, Карагандинский	Дружковский им. 50-летия Советской Украины				Киселевский им. И.С. Черных	

Примечание. I) в числителе - первый типоразмер, в знаменателе - II типоразмер; 2) в числителе - при захвате комбайна 0,63 в знаменателе - при захвате комбайна 0,8 м; 3) в числителе - по посадочному ряду всех секций, в знаменателе - по посадочному ряду отстающих секций; 4) в числителе - без проставок, в знаменателе - с проставками; 5) в числителе - при слабой почве, в знаменателе - при крепкой почве.

Приложение 4

Таблица I

Геокриологические сведения

Месторождение	Характеристика мерзлоты	Глубина распространения мерзлоты, м	Градиент, м/град	Температура пород, °С	Толщина активного слоя мерзлоты, м	Среднегодовая температура воздуха, °С
Анадырское	Сплошная	I20-I70	26-28	-3-5,5	0,3-I,0	-7,7
Аркагалинское	Сплошная	I20-230	24-30	-5-I0	0,5-3,5	-I3,2
Баренцбург	Сплошная	I00-300	20-35	-4,6-5	0,5-6,0	-6,2
Бухта Угольная	Сплошная	73-I25	30-75	-3,7	I,0-6,0	-5,2
Галимовское	Сплошная	45-80	I2-20	-4,7-6	0,8-4,2	-II,5
Гора Пирамида	Сплошная	85-450	22-4I	-8-II	2-6	-5,7
Джебарики-Хая	Сплошная	4I0-420	42-70	-5,4-9	0,5-5,0	-II,7
Сангарское	Сплошная	60-4I0	47-80	-4,45	2,5-3,0	-I0,I
Чульмаканское	Островная	60-I30	I5-28	-3,4	I,2-6	-9,3

СОДЕРЖАНИЕ

I. Введение 3
2. Специфика условий многолетней мерзлоты 4
3. Группирование условий разработки угольных месторождений 5
4. Определение рациональных видов крепи для очистных выработок и расчет их параметров для шахт районов многолетней мерзлоты I4
4.I. Расчет параметров очистных выработок без крепи I4
4.2. Расчет параметров очистных выработок с крепью I7
4.2.I. Анкерная крепь I7
4.2.2. Индивидуальная крепь 20
4.2.3. Механизированная крепь 27
Приложения 32

ВРЕМЕННАЯ ИНСТРУКЦИЯ
ПО ВЫБОРУ КРЕПИ ДЛЯ ОЧИСТНЫХ ВЫРАБОТОК
В УСЛОВИЯХ МНОГОЛЕТНЕЙ МЕРЗЛОТЫ

Редактор Л.А.Перминова

Т-I72I9 Тираж 500 Цена 22 коп. Изд. № 8253 Заказ № 1466

Типография Института горного дела им.А.А.Скочинского
2,5 уч.-изд.л. + I вклейка Подписано к печати I8/IX I979 г.

ЛИТЕРАТУРА

I. В о й т о в с к и й К. Ф. Об учете полаучести мерзлых пород при оценке устойчивости незакрепленных выработок. - В сб. "Прочность и полаучесть мерзлых грунтов". М., АН СССР, I963.

2. Б а к а к и н В. П. Основы ведения горных работ в условиях вечной мерзлоты. М., Металлургиздат, I960.

3. Г р е ч и щ е в С. Е. Приближенный метод расчета взаимодействия мерзлых пород кровли с крепью. - В кн. "Тепловые и механические процессы при разработке полезных ископаемых. М., "Недра", I965 г., отр. I47-I57.

4 Г р е ч и щ е в С. Е. Полаучесть мерзлых грунтов при сложном напряженном состоянии. - В кн. "Прочность и ползучесть мерзлых грунтов". м., АН СССР, I963, стр. 55-I25.

5. Е л ь ч а н и н о в Е. А. Изыскание рациональных параметров систем разработки мощных пологих пластов в условиях шахт Норильского месторождения. Автореф. канд. диссертации. М., ИГД им. А.А.Скочинского, I966.

6. Х о р и н В. Н. и др. Гидрофицированная крепь очистных выработок. М., "Недра", I973.

7. Указания по особым требованиям к крепям на пластах с тяжелыми кровлями. Л., ВНИМИ, I970 г., I36 отр.

gost.e-ecolog.ru