

Бдд. 26
с 29

А.Л.СЕЛЕЗЕНЬ, А.Г.ТОМАСОВ, В.Ф.АНДРУШКО

**ПОДДЕРЖАНИЕ
ПОДГОТОВИТЕЛЬНЫХ
ВЫРАБОТОК
ПРИ РАЗРАБОТКЕ
КРУТЫХ ПЛАСТОВ**



2005

А. Л. Селезень, А. Г. Томасов, В. Ф. Андрушко

62.0.36
0.30

ПОДДЕРЖАНИЕ
ПОДГОТОВИТЕЛЬНЫХ
ВЫРАБОТОК
ПРИ РАЗРАБОТКЕ
КРУТЫХ ПЛАСТОВ



ТЕПЛОТОВАЯ
ЭНЕРГИЯ
Ш. Г.
Б. № 35364

Москва «НЕДРА» 1977

Селезень А. Л., Томасов А. Г., Андрушко В. Ф. Поддержание подготовительных выработок при разработке крутых пластов. М., «Недра», 1977, 205 с.

В книге дан анализ опыта поддержания подготовительных выработок в условиях крутых пластов. Приведены результаты исследований сдвижения толщ пород под влиянием очистной выемки и образования зон разгрузки и опорного давления в кровле и почве разрабатываемого пласта.

Рассмотрены вопросы устойчивости выработок в зависимости от расположения их относительно границ очистных работ.

На основании шахтных исследований установлено качественное и количественное влияние отдельных горно-технических факторов на состояние горных выработок при выемке одиночного пласта и свиты пластов. Изложены основные положения по выбору рациональных способов охраны и крепления подготовительных выработок и определения стоимости их поддержания. Методика расчета стоимости поддержания иллюстрируется конкретными примерами.

Книга предназначена для инженерно-технических работников угольной промышленности, научно-исследовательских и проектных институтов.

Табл. — 50, ил. — 78, список лит. — 51 назв.

ПРЕДИСЛОВИЕ

Перспективным планом развития угольной промышленности СССР предусматривается дальнейшее увеличение добычи угля и улучшение технико-экономических показателей работы шахт на основе комплексной механизации и автоматизации производственных процессов, совершенствования схем подготовки и систем разработки. Особая роль при этом отводится развитию районов, в которых добывается коксующийся уголь.

Одним из важнейших поставщиков коксующегося угля является Центральный район Донецкого бассейна, шахты которого разрабатывают тонкие и средней мощности крутые пласты (гг. Горловка, Енакиево, Дзержинск). Добыча угля в этом районе затруднена из-за сложных горно-геологических условий, характеризующихся большой нарушенностью месторождений, неустойчивыми боковыми породами, высокой газообильностью пластов. Добыча угля на крутых пластах связана с интенсивным ростом глубины горных работ. Ежегодно горные работы на шахтах, разрабатывающих крутые пласты, углубляются на 15—18 м. С увеличением глубины шахт возникают некоторые особенности в разработке угольных пластов, которые должны учитываться технологией угледобычи. Одной из таких особенностей является интенсивное проявление горного давления в капитальных и подготовительных выработках.

Знание основных закономерностей горного давления позволит находить эффективные методы решения различных производственных задач, в частности задачу поддержания выработок. Снижение трудоемкости поддержания выработок особенно важно для крутых пластов Центрального района Донбасса, где в пределах шахтных полей поддерживается разветвленная сеть откаточных и вентиляционных штреков. Вследствие одновременной разработки пластов в нескольких свитах гор-

ные выработки подвергаются неоднократной подработке и надработке.

В 1974 г. протяженность поддерживаемых выработок в Центральном районе составила 1417,1 км. Из них 68,4% приходилось на участковые откаточные и вентиляционные штреки. 92% общего объема ремонта поддерживаемых выработок относятся к участковым штрекам.

Численность рабочих, занятых на содержании и ремонте выработок, составила в 1974 г. 4,36 тыс. человек, трудоемкость поддержания — 54 чел.-смены на 1000 т суточной добычи. Частота ремонта откаточных и вентиляционных штреков в 1,6 раза выше, чем на пологих пластах.

Высокая трудоемкость и частота ремонта выработок в Центральном районе объясняются наряду со своеобразием и сложностью горно-геологических условий, недостаточной изученностью закономерностей проявления горного давления, что приводит часто к применению способов и средств поддержания, не соответствующих условиям разработки крутых пластов.

Это свидетельствует о необходимости расширять исследования по проблеме поддержания выработок крутых пластов и дальнейшего совершенствования способов и средств, обеспечивающих устойчивость выработок. При составлении книги авторы ставили перед собой задачу возможно полно представить результаты экспериментальных исследований устойчивости выработок, обобщить данные по смещению пород для разработки метода их прогноза, дать некоторые практические рекомендации по поддержанию выработок.

Несмотря на то что книга написана по результатам исследований, выполненных авторами в Центральном районе Донбасса, она может быть использована при решении вопросов поддержания выработок и в других районах, где разрабатываются крутые пласты.

Глава I.

**ГОРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ
И ГОРНТЕХНИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ
ПОДДЕРЖАНИЯ ПОДГОТОВИТЕЛЬНЫХ
ВЫРАБОТОК**

Центральный район занимает западную часть Главной антиклинали Донбасса площадью 540 км² (рис. 1).

На площади района повсеместно развиты все свиты среднего и верхнего карбона, нижнепермские отложения окаймляют район с севера и юга. Породы каменноугольного возраста представлены известняками, глинистыми и песчаными сланцами, песчаниками и углями. Продуктивный карбон в районе представлен отложениями свит $C_2^3 - C_2^7$ и C_3^1 . Литолого-фациальный состав основных продуктивных свит приведен в табл. 1.

Таблица 1

Свита	Мощность свиты, м	Литолого-фациальный состав, %				
		сланцы глинистые	сланцы песчаные	песчаники	известняки	угли и углистые породы
C_2^5	550	21,7	32,7	41,4	1,4	2,8
C_2^6	340	8	36,5	51,2	2,2	2,1
C_2^7	600	20,8	50,7	24,7	1,9	1,9

Свита C_2^7 сложена в нижней части чередующимися пачками сланцев и песчаников мощностью 10—20 м; в верхней части свиты развита мощная выдержанная пачка

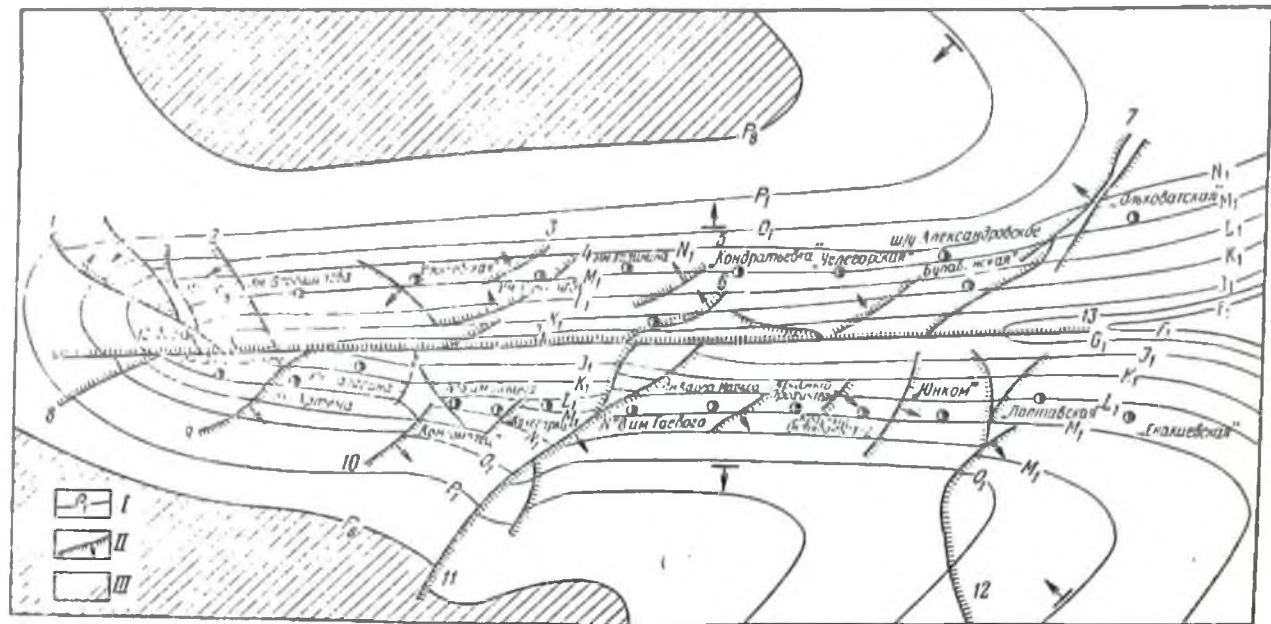


Рис. 1. Геолого-промышленная карта Центрального района Донбасса:

1 — граничные известняки, II — тектонические нарушения; III — отложения нижней перми; 1—13 — основные надвиги: 1 — Северный; 2 — Дылевский; 3, 4 — Румянцевские; 5 — Калининский; 6 — Бывракский; 7 — Булавинский; 8 — Главный; 9 — Артемовский; 10 — Чегарский; 11 — Горловский; 12 — Брунвальдский; 13 — Осевой

ка (120 м) так называемых софневских песчаников, накопление которых продолжалось и в первый период образования свиты C_2^3 , в связи с чем известняк H_1 , разграничивающий свиты C_2^3 и C_2^2 , в районе отсутствует. В основании песчаников местами встречается угольный пласт q_3 .

Свита C_2^3 в средней части разреза над софневскими песчаниками представлена алевролитовыми и глинистыми сланцами, а также мелкозернистыми песчаниками. Заканчивается разрез мощной пачкой (100—130 м) песчаников. Мощность свиты 500 м. К ней приурочены 14 угольных пластов, из них промышленное значение на отдельных участках имеют семь.

Свита C_2^4 сложена в основном глинистыми и песчаными сланцами с очень ограниченным количеством песчаников, известняков и углей. Мощность свиты 320 м. Лишь один пласт i_2 в некоторых районах достигает кондиционной мощности.

Свита C_2^5 по составу пород и угленасыщенности разделяется на три примерно равные части. Нижняя часть свиты между известняками K_1 и K_6 представлена песчаниками и песчаными сланцами и содержит большое количество известняков и углей (от k_1 до k_4). Средняя часть свиты между известняками K_6 и K_7 представлена мощными пачками песчаников и сланцев, чередующихся между собой, и угольными пластами от k_4^2 до k_6 . Известняк K_7 , имеющийся почти повсеместно на южном крыле антиклинали, на большей части северного крыла размыт. Верхняя часть свиты между известняками K_7 и L_1 также представлена мощными пачками песчаников, переслаивающихся со сланцами и угольными пластами k_7 и k_8 . На значительной части площади известняк L_1 размыт и замещен песчаником.

Свита C_2^6 обладает большей угленасыщенностью в нижней половине. Отложения ее начинаются мощной пачкой песчаников (30—50 м), залегающих в кровле известняка L_1 , над которой расположена группа пластов углей $l_1—l_4^u$ с известняком L_5 в кровле. Далее залегают мощные пачки песчаников и сланцев, вмещающих пласты l_5 и l_6 с известняком L_7 в кровле. Над ними расположена пачка сланцев мощностью 30—45 м с угольными пласта-

ми l_7 и l_8^2 . Пласт l_8^2 залегает в почве известняка M_1 , которым начинается разрез свиты C_2^7 .

В свите C_2^7 промышленная угленосность приурочена преимущественно к сланцевой толще, заключенной между известняками M_1 и M_{10} . В этой толще примерно 14 пластов достигают рабочей мощности.

Свита C_3^1 сложена главным образом песчаными сланцами, известняки представлены маломощными слоями (0,1—0,5 м) и приурочены к нижней части разреза. Промышленное значение имеет один пласт n_1^1 .

Пласты, разрабатываемые шахтами в Центральном районе Донбасса (по данным на I.IV 1974 г.), приведены в табл. 2.

Строение главной антиклинали Центрального угленосного района почти симметричное. Более круто по сравнению с южным залегает северное крыло в западной части района, а в восточной части — круче южное крыло. Пологое западное замыкание главной антиклинали от круто залегающих крыльев отделяется надвигами. Система разрывных нарушений главным образом надвигового типа. Наиболее крупные надвиги показаны на рис. 1 и приведены в табл. 3. Кроме разрывных нарушений типа надвигов в районе имеются также сбросы. Наиболее крупные из них (Алмазный, Центральный и Кондратьевский) развиты на северном крыле антиклинали.

В работе [4] предпринята попытка расчленить Центральный район по преобладанию того или иного вида нарушений на пять тектонических зон для определения газообильности и характера газодинамических явлений для шахт, расположенных в этих зонах. Такое выделение зон представляет интерес и для других видов проявления горного давления.

Поддержание выработок в указанных в [4] зонах характеризуется различным уровнем трудоемкости. Например, трудоемкость поддержания выработок шахты им. К. П. Гаевого, расположенной на южном крыле антиклинали, выше, чем на шахте им. М. П. Калинина (соответственно 67 и 54,6 чел.-смен на 1000 т суточной добычи), расположенной на северном крыле антиклинали, что объясняется большей нарушенностью поля шахты им. К. П. Гаевого.

Таблица 2

Свита	Пласт	Индекс пласта	Число шахтопластов	
			Производственное объединение «Артемуголь»	Производственное объединение «Орджоникидзеуголь»
Исаевская	Валюга	n_1^1	1	—
	Газовый	m_9^1	—	1
	Шевелёвка	m_7	1	—
	Новый	m_6^2	4	1
	Аршинка	m_6^1	1	—
Герловская	Грицынка	m_5^1	6	2
	Куцый	m_5	6	4
	Георгиевский	m_4^4	2	1
	Николаевский	m_4^3	—	1
	Клавдия	m_4^2	2	—
	Песчанка (Зайчик)	m_4^0	4	2
	Толстый	m_3	13	4
	Тонкий	m_2	8	2
Грязный	m_1	1	—	
Алмазная	София	l_8^2	2	1
	Двойник-верхний	l_8^1	3	1
	Пугачёвка-верхний	l_7	8	—
	Известнячка	l_6	8	2
	Солёный	l_5	14	4
	Девятка	l_4	7	2

Сыта	Пласт	Индекс пласта	Число шахтопластов	
			Производственное объединение «Артексуголь»	Производственное объединение «Орджоникидзеуголь»
Алмазная	Берестовский	l_3^1	—	2
	Мазурка	l_3	8	3
	Кирпичевка	l_2^1	8	2
	Кулага	l_2	3	1
	Мазур (Чегарка)	l_1	5	5
Каменная	Каменка	k_8	6	1
	Сорока	k_7^4	5	1
	Юльевский	k_7^1	3	6
	Александровский	k_7	3	3
	Анатольевский	k_6	5	—
	Пята	k_5^2	5	1
	Подпятюк	k_5^1	8	1
	Великан	k_5	5	—
	Андреевский	k_4^1	5	4
	Рудный	k_4	5	4
	Мачеха	k_3^1	3	—
	Дерезовка	k_3	7	7
	Золотарка	k_2^2	5	1
	Тонельный	k_2^1	1	—
Уманский	k_2	3	2	
Бураковка	k_1	2	1	

Свита	Пласт	Индекс пласта	Число шахтопластов	
			Производственное объединение «Артеуголь»	Производственное объединение «Орджоникидзеуголь»
Несветаевская	Лутугинский	i_2	1	1
Смоляниновская	Безымянный	h_{11}	—	2
	Бабаковский	h_{10}	1	3
	Смоляниновский	h_7	—	1
	Кашеевский	h_6	1	—
	Ремовский	h_3	3	2
	Подремовский	h_2	—	1

Таблица 3

Наименование надвига	Характеристика надвигов		
	угол падения, градус	вертикальная амплитуда, м	местонахождение надвига
Осевой	ЮЗ 72—85	40—80	Вдоль оси антиклинали
Главный	Ю 50—55	190	Крайняя западная часть южного крыла
Артемовский	Ю 60—65	200—250	Западная часть южного крыла
Чегарский	Ю 45—70	40—50	То же
Горловский	Ю 50—55	700—1000	Центральная часть южного крыла
Брунвальдский (Юнкеровский)	Ю 60—80	70—400	Восточная часть южного крыла
Северный	СВ 50—70	65	Западная часть северного крыла
Дылеевский	ЮЗ 70	до 90	То же
Румянцевский I	С 60—65	50	Центральная часть месторождения
Румянцевский II	С 60—65	40	То же
Калининский	С 65—70	170	»
Булавинский	С 70—80	50—300	Восточная часть месторождения
Байракский	С 40—45	350	Осевая часть антиклинали

Мощность пласта, м	Число					
	1970 г.			1971 г.		
	А	О	всего	А	О	всего
0,5	20	9	29	22	1	23
0,51—0,7	64	25	89	66	24	90
0,71—1,0	631	27	90	61	30	91
1,01—1,2	26	21	47	29	22	51
>1,2	25	12	37	19	13	32

Примечание. А — объединение Артемуголь, О — объединение

Аналогичный вывод получен при сравнении трудоемкости поддержания выработок по шахтам им. К. И. Гаевого и «Красный Профинтерн» (соответственно 67 и 50,8 чел.-смен на 1000 т суточной добычи).

В настоящее время в районе находится в эксплуатации 31 шахта: 20 — в объединении Артемуголь и 11 — в объединении Орджоникидзеуголь. Из них разработку на одном горизонте ведут 5 шахт (в объединении Артемуголь — 2 шахты, в объединении Орджоникидзеуголь — 3 шахты), на двух горизонтах — 19 шахт (соответственно 13 и 6 шахт), на трех горизонтах и более — 6 шахт (4 и 2 шахты). Средняя глубина разработки по объединению Артемуголь составляет 687 м, по объединению Орджоникидзеуголь — 558 м, по Центральному району Донбасса — 660 м. В районе 19 шахт ведут разработку на глубине свыше 600 м. На максимально достигнутых глубинах разработки (940—970 м) работают шахты им. К. Е. Ворошилова и «Кочегарка».

Наибольшее число действующих лав (около 70%) приходится на пласты мощностью 0,51—1 м (табл. 4).

Пласты на шахтах объединения Орджоникидзеуголь характеризуются более крутым залеганием. Из числа действующих лав в объединении 75% приходится на пласты с углом падения более 60°, в объединении Артемуголь около 17% таких лав.

Проведение пластовых выработок в основном осуществляется в породах слабых и средней крепости. Подрываемые породы в забое штреков представлены глинистыми и песчано-глинистыми сланцами (42%), песчаными сланцами (29%), песчаниками (26%), углем, углистыми сланцами и изредка известняком (3%).

Таблица 4

действующих лав

1972 г.			1973 г.			1974 г.		
А	О	всего	А	О	всего	А	О	всего
21	12	33	22	5	27	29	9	38
60	20	80	60	27	87	62	26	88
58	30	88	43	22	65	60	24	84
31	14	45	36	14	50	34	17	51
23	18	41	26	19	45	18	16	34

Орджоникидзеуголь.

Наибольший объем проводимых выработок в год (56,8%) приходится на участковые штреки. В среднем по Центральному району на 1000 т годовой добычи проводится 8,55 м откаточного и 6,2 м вентиляционного штреков. Значительная доля проводимых откаточных штреков приходится на пластовые штреки, но вместе с тем из года в год увеличивается объем проводимых полевых штреков (13,8% от общего объема в 1974 г., 10,4% — в 1970 г.). Объем проведения полевых выработок в объединении Артемуголь в 2,3 раза выше, чем в объединении Орджоникидзеуголь (табл. 5).

Таблица 5

Объединение	Система разработки, %		
	столбовая	комбинированная	сплошная
Артемуголь	14,1	36,2	49,7
Орджоникидзеуголь	23,0	14,0	63,0
Всего по району	17,0	29,4	53,6

Вентиляционные штреки примерно в 70% случаях проводят по завалу. Операции проходческого цикла в штреках, проводимых по завалу, механизированы недостаточно. Низкая скорость проведения вентиляционных штреков препятствует увеличению скорости подвигания лав, внедрению передовых систем разработок.

Годы	Закреплено									
	рамной металлической крепью						железобетон квн и желе кре			
	объедине- ние Артем- уголь		объедине- ние Орджо- нникидзе- уголь		всего по району		объедине- ние Артем- уголь		объедине- ние Орджо- нникидзе- уголь	
	всего	% от общей про- тяженности	всего	% от общей про- тяженности	всего	% от общей про- тяженности	всего	% от общей про- тяженности	всего	% от общей про- тяженности
1970	706476	77	286797	68,9	993273	74,5	18036	1,97	6589	1,58
1971	723032	78	317197	70,8	1040229	75,7	8229	0,89	7531	1,68
1972	752488	78	340676	72,1	1093164	76,0	12045	1,24	9404	2,0
1973	772602	79,8	361036	75,5	1133638	78,3	13511	1,39	11277	2,34
1974	726227	78,4	381407	77,3	1107634	78,1	13391	1,45	12208	2,48

Более чем 90% откаточных штреков проводятся сечением в свету 7,2—8,5 м². Вентиляционные штреки проводятся меньшим сечением, особенно при проведении по завалу. Примерно 70% вентиляционных штреков проводят сечением 6,4—7,2 м².

Годы	Число лав			Управление			
	объедине- ние Артем- уголь	объедине- ние Орджо- нникидзе- уголь	всего по району	полное обрушение			
				объедине- ние Артем- уголь	объедине- ние Орджо- нникидзе- уголь	всего по району	%
1970	198	94	292	165	79	244	83,5
1971	197	90	287	165	69	234	81,4
1972	193	94	287	161	70	231	80,5
1973	187	87	274	151	69	220	60,4
1974	203	92	295	174	78	252	85,4

Таблица 6

выработок, м													
ныни стой- зобстоной пью		анкерной крепью						монолитным железобетоном					
		объедине- ние Артем- уголь		объедине- ние Орджо- никвдзе- уголь		всего по райо- ну		объедине- ние Артем- уголь		объедине- ние Орд- жониквдзе- уголь		всего по району	
всего	% от общей про- тяжености	всего	% от общей про- тяжености	всего	% от общей про- тяжености	всего	% от общей про- тяжености	всего	% от общей про- тяжености	всего	% от общей про- тяжености	всего	% от общей про- тяжености
24625	1,85	—	0	—	0	—	0	40574	4,41	13921	3,35	54495	4,07
15760	1,14	—	0	—	0	—	0	75536	8,1	16205	3,61	91741	6,69
21449	1,49	1498	0,15	500	0,1	1998	0,14	73559	7,6	17654	3,73	91213	6,36
24788	1,71	1725	0,18	500	0,1	2225	0,15	74361	7,65	22942	4,8	97303	6,72
25599	1,81	1858	0,2	1410	0,3	3268	0,23	88084	9,55	45956	9,17	134040	9,5

Основной крепью является металлическая рамная крепь АП. Этой крепью в 1974 г. было закреплено по району 78,1% всех поддерживаемых выработок (табл. 6).

Наибольшая доля (95%) применения металлической рамной крепи приходится на откаточные и вентиляцион-

Таблица 7

полная закладка				частичная закладка и частичное обрушение			
объедине- ние Артем- уголь	объедине- ние Орджо- никвдзе- уголь	всего по райо- ну	%	объедине- ние Артем- уголь	объедине- ние Орджо- никвдзе- уголь	всего по райо- ну	%
14	5	19	6,5	19	10	29	10,0
24	8	32	11,2	8	13	21	7,4
27	12	39	13,6	5	12	17	5,9
32	14	46	16,8	4	4	8	2,8
24	14	38	12,9	5	—	5	1,7

ные штреки: 98% поддерживаемых откаточных и 92% поддерживаемых вентиляционных штреков закреплено этим видом крепи (в 1970 г. эти показатели были соответственно равны 94 и 89%).

Анкерная крепь в участковых штреках применяется в незначительном объеме лишь в объединении Артем-уголь (16% от общего объема применения анкерной крепи в объединении полностью относятся к полевым групповым штрекам).

Охрана пластовых откаточных штреков осуществляется угольными и искусственными целиками. Соотношение между этими средствами охраны за последние годы изменялось в сторону уменьшения объема применения угольных целиков. В 1974 г. угольными целиками охранялось 55% откаточных штреков, искусственными — 45%.

Основными способами охраны пластовых вентиляционных штреков являются: искусственный целик — бутровая полоса — 43%, угольный целик — бутровая полоса — 35%, угольный целик — 22%.

Управление кровлей в лаве осуществляется в основном полным обрушением (табл. 7).

Глава II.

ЗАКОНОМЕРНОСТИ СДВИЖЕНИЯ ПОРОД ПРИ РАЗРАБОТКЕ СВИТЫ КРУТЫХ ПЛАСТОВ

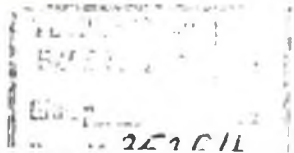
§ 1. Схема механизма сдвижения пород при выемке угольного пласта

Одним из основных вопросов при изучении сдвижения толщи горных пород является установление закономерностей этого процесса. Правильное представление о характере развития сдвижения пород способствует рациональному выбору места расположения горных выработок, способов охраны и крепления.

Исследование сдвижения толщи пород непосредственно в шахтных условиях является весьма сложной задачей, поэтому для решения вопросов, связанных с общими закономерностями смещения больших масс пород, использован метод моделирования при помощи эквивалентных материалов [23].

Отдельные параметры зон проверялись и уточнялись наблюдениями в шахте.

Для того чтобы изучить сдвижение пород в подработанной и надработанной толще при выемке одиночного и свиты крутых пластов и определить параметры и пространственное расположение зон с различным напряженным состоянием, было отработано 5 моделей. Модель представляла собой поворотный стенд диаметром 2 м и шириной 20 см, что позволяло имитировать плоское напряженно-деформированное состояние. В качестве эквивалентного материала использовались парафиновые смеси, в состав которых входили кварцевый песок, молотая слюда и парафин. Линейный масштаб моделирования — 1:100. Вертикальная высота этажа принималась 95—



Модель	Пласты	Расстояние между пластами (по нормали), м	Число разрабатываемых горизонтов	Вертикальная высота этажа, м	Породы						Способ охраны штреков		
					кровли пласта			почвы пласта			вентиляционного		откаточного
					$\sigma_{сж}$ (натурой), кгс/см ²	мощность, м		$\sigma_{сж}$, кгс/см ²	мощность, м				
№ 1	I II	60	1	100	Глинистый сланец	350	2	Глинистый сланец	350	20	Целик — бутовая полоса	Целик — массив	
					Песчаный сланец	500	50						
					Глинистый сланец	350	5	Глинистый сланец	350	5	Целик — бутовая полоса	Целик — массив	
					Песчаный сланец	500	35	Песчаник	800	25			
№ 2	I	30	1	100	Глинистый сланец	200	8	Глинистый сланец	200	5	Целик — бутовая полоса	Целик — массив	
					Песчаный сланец	300	26	Песчаный сланец	300	10			
						Глинистый сланец	200	15	Глинистый сланец	200	8	Целик — бутовая полоса	Целик — массив
	II	30				Песчаный сланец	300	10	Песчаный сланец	300	10	Целик — бутовая полоса	Целик — массив
	III	30				Глинистый сланец	200	12	Глинистый сланец	200	10		
IV	30				Глинистый сланец	200	10	Глинистый сланец	200	60	Целик — бутовая полоса	Целик — массив	

№ 3	I	30	1	100	Глинистый сланец	350	10	Глинистый сланец	350	5	Целик — бутовая полоса	Костры — массив
					Песчаный сланец	450	30	Песчаный сланец	450	10		
	II	30			Глинистый сланец	350	15	Глинистый сланец	350	15	Целик — бутовая полоса	Костры — массив
					Песчаный сланец	450	5	Песчаный сланец	450	10		
III	30	Глинистый сланец	350	10	Глинистый сланец	350	10	Целик — бутовая полоса	Костры — массив			
		Песчаный сланец	450	5	Песчаный сланец	450	10					
IV	30	Глинистый сланец	350	10	Глинистый сланец	350	50	Целик — бутовая полоса	Костры — массив			
№ 4	I	37	2	90	Глинистый сланец	350	6	Глинистый сланец	350	7	Полная закладка Полная закладка	Закладка поро- дой — массив
					Песчаный сланец	500	2	Песчаник	850	30		
					Глинистый сланец	350	10	Песчаный сланец	500	3	Целик — целик	Костры — массив
					Песчаный сланец	500	5	Глинистый сланец	350	6		
II	15	Песчаный сланец	500	2,5	Песчаный сланец	500	5	Целик — бутовая полоса	Костры — массив			
		Песчаник	850	33	Глинистый сланец	350	10					
III	9	Песчаный сланец	500	4	Песчаный сланец	500	1,5	Костры — целик	Костры — массив			
IV	9	Глинистый сланец	350	4	Песчаник	850	33					

Модель	Пласты	Расстояние между пластами (по нормали), м	Число разрабатываемых горизонтов	Вертикальная высота, этажа, м	Породы						Способ охраны штреков	
					кровли пласта			почвы пласта			вентиляционного	
					$\sigma_{сж}$ (погур), кгс/см ²	мощность, м		$\sigma_{сж}$ кгс/см ²	мощность, м			
№ 5	I	37	2	90	Глинистый сланец	200	6	Глинистый сланец	200	7	Целик — целик	Целик — массив
					Песчаный сланец	500	3	Песчаник	850	30		
	Глинистый сланец	200			10	Песчаный сланец	500	3	Закладка — закладка	Закладка — массив		
	Песчаный сланец	500			5	Глинистый сланец	200	6				
II	15	Песчаный сланец	500	2,5	Песчаный сланец	500	5	Костры — бутовая полоса	Костры — массив			
			850	33	Глинистый сланец	200	10					
III	9	Песчаный сланец	500	4	Песчаный сланец	500	1,5	Целик — бутовая полоса	Целик — массив			
IV	9	Глинистый сланец	200	4	Песчаник	850	33					

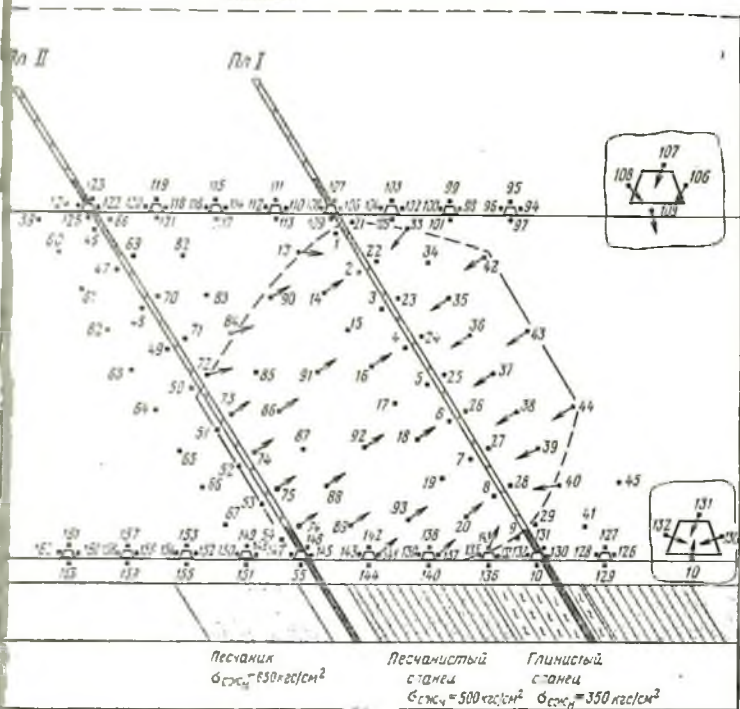


Рис. 2 Схема расположения тензометров в модели № 1 (1, 2, ..., 162 — номера реперов)

100 м. Угол падения пластов 60° , их мощность 0,7—1,5 м. Глубина откаточного горизонта 600 м (глубина имитировалась пригрузом, создаваемым стойками ГС).

Для фиксации смещений пород использовались зеркальные тензометры, давление определялось датчиками ДД-2 и ДС-2 [16]. Зеркальные тензометры позволяли фиксировать смещения с точностью до 1 мм. Характеристика моделей приведена в табл. 8. Порядок отработки пластов и горизонтов принят нисходящий.

На примере моделей № 1 и № 2 (рис. 2, 3) показано расположение тензометров, по показаниям которых определена схема сдвижения толщи пород.

По мере выемки пласта I непосредственная кровля, представленная глинистым сланцем, прогибалась и об-

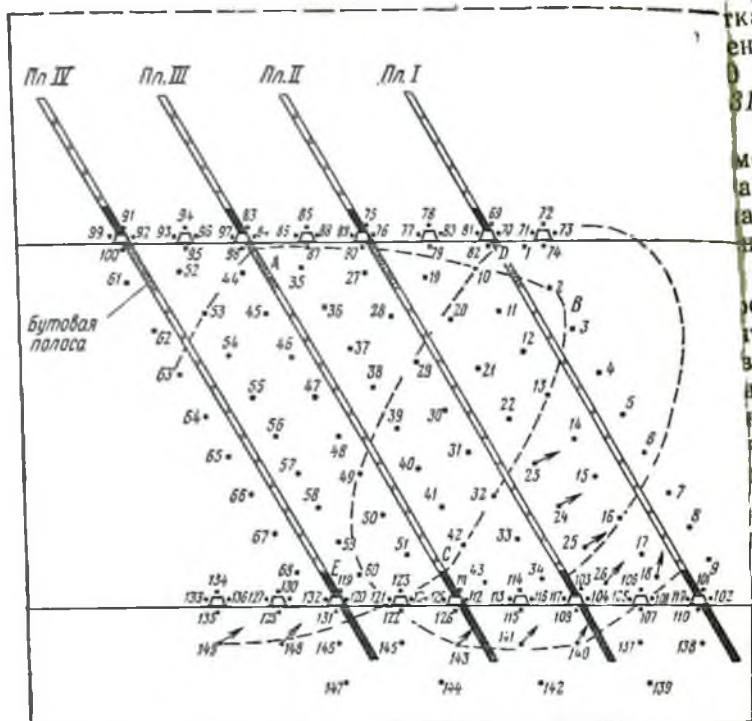


Рис. 3. Схема расположения тензометров в модели № 2 (1, 2, ..., 147 — номера реперов): ABC — свод полных сдвижений в кровле пласта III

рушалась отдельными слоями. Обрушение распространилось до основной кровли, сложенной песчаным сланцем. При обрушении непосредственной кровли отмечено ее сползание в южную часть лавы.

Деформация основной кровли носила характер расчленения и прогиба по нормали к напластованию с последующим образованием трещин, оконтуривающих сводообразную область.

Основная кровля, зависшая на целиках, оставленных у штреков, увеличила напряжения во вмещающем их массиве, вследствие чего породы по контуру выработок начали смещаться более интенсивно. Как следует

в рис. 2, смещения реперов вокруг вентиляционных и откаточных штреков отличаются по величине и направлению. Смещения реперов составили: 106—7 мм; 107—9 мм; 108—6 мм; 109—7 мм; 110—5 мм; 130—9 мм; 131—12 мм; 132—3 мм.

Для откаточных штреков преобладающими являются смещения, направленные примерно перпендикулярно к напластованию пород. Вокруг вентиляционных штреков направление смещений приближается к вертикальному, значительны смещения по напластованию пород.

Под выработанным пространством пласта I зафиксировано расслоение пород и незначительное их поднятие, что произошло главным образом вследствие упругого восстановления почвы. Направление векторов сдвига в надработанной толще совпадает с направлением нормали к плоскости напластования и только в краевых частях зоны разгрузки наблюдается незначительное отклонение векторов от нормали.

По мере удаления от пласта процесс сдвига пород в зоне разгрузки почвы затухает. В конкретных условиях модели № I сдвига достигли мощного песчаника в почве пласта II.

Область разгрузки близка к форме опрокинутого свода. Более четко зона разгрузки в почве пласта оконтурена при разработке пласта I модели № 2 (см. рис. 3), где надрабатываемая толща была сложена менее прочными породами.

На этой же модели представилось возможным более полно изучить сдвигение подработанной толщи пород и параметров характерных зон подработки.

По результатам отработки моделей разработана схема сдвига массива пород при выемке одиночного пласта, основные особенности которой следующие (рис. 4).

Развитие процесса сдвига в висячем боку происходит в пределах свода. Процесс оседания в своде развивается от слоя к слою. Слон непосредственной кровли первыми прогибаются по нормали к напластованию, а затем обрушаются отдельными блоками. Высота зоны обрушения I непосредственной кровли составляет 3—5 мощностей пласта.

С увеличением площади выработанного пространства приходит в движение основная кровля, расслаиваясь и

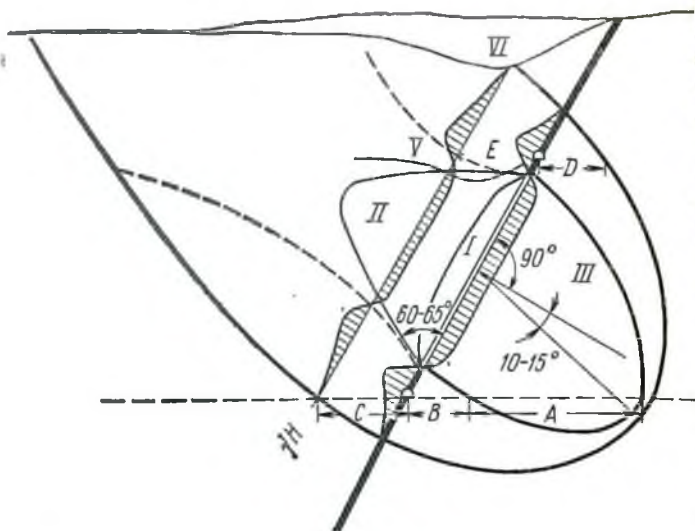


Рис. 4 Схема сдвижения пород при выемке круглого пласта

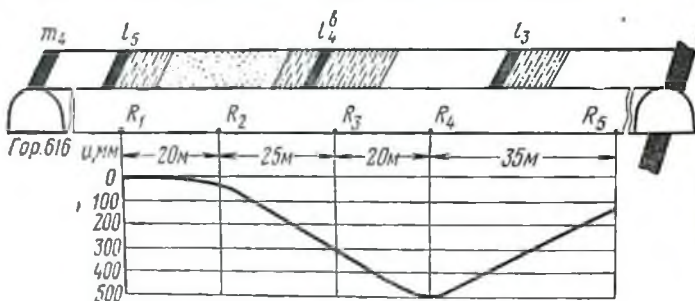


Рис. 5 Подработка квершлага пластом l_4 на шахте им. Ф. Э. Дзержинского (гор. 616 м)

оседающая на обрушенные породы непосредственной кровли. Если основная кровля сложена слабыми породами, по границам свода оседания образуются трещины разрыва, ориентированные под углом $60-65^\circ$ к напластованию. В слабых породах в пределах свода оседание основной кровли может достигнуть мощности вынимаемого пласта (свод полных оседаний II).

В результате того, что в пределах свода оседаний

породы теряют связь между отдельными слоями, наступает разгрузка от первоначального горного давления. За пределами свода вследствие зависания пород наблюдается повышенное (опорное) давление (зона IV).

На уровне вентиляционного горизонта породы оседают в форме несимметричной мульды (V). Местоположение ее максимального значения зависит от прочности подрабатываемых пород.

В модели № 1 (прочные породы) максимальные значения мульды оседаний зафиксированы на расстоянии 5—20 м от пласта; в слабых породах модели № 2 — на расстоянии 35—40 м. Эти результаты подтверждены наблюдениями в шахте при подработке квершлага (рис. 5, 6).

В зоне оседаний на уровне вентиляционного горизонта породы испытывают различные виды деформаций. Наблюдения за смещением пород в подрабатываемом квершлага между пластами k_5^2 и k_7^1 шахты им. К. А. Румянцева показали, что при приближении очистных работ к квершлагу в массиве возникают деформации сжатия, которые в период подработки и после отхода лавы переходят в деформации растяжения (рис. 7). На откаточном горизонте зона опорного давления на разрезе вкрест простирания (см. рис. 4) захватывает в кровле пласта участок С протяженностью до 35 м. Зона разгрузки в почве пласта (зона III) ограничена кривой параболической формы с некоторым смещением ее оси от нормали к напластованию в сторону падения ($10-15^\circ$). Размер зоны составляет 0,6—0,8 длины лавы. При исследуемом угле падения пород (60°) зона разгрузки распространилась ниже откаточного горизонта и захватила участок вкрест простирания А до 60 м. Размер зоны разгрузки в почве пласта зависит от способа охраны откаточного штрека. Лабораторные наблюдения показали, что при наличии угольного целика над откаточным штреком граница опорного давления проходит почти по нормали к кромке целика, при кострах она смещена по падению к границе массива (рис. 8).

Практика разработки крутых пластов в Центральном районе Донбасса подтверждает, что наибольшие деформации испытывают штреки, расположенные под целиком (участок В) при разработке пласта на полевые штреки через гезенки. При тех же параметрах заложения поле-

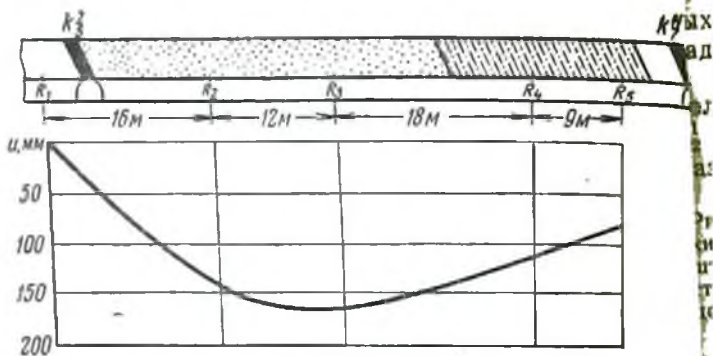


Рис. 6. Подработка квершлага пластом k_5^2 на шахте им. К. Румянцева (гор. 370 м)

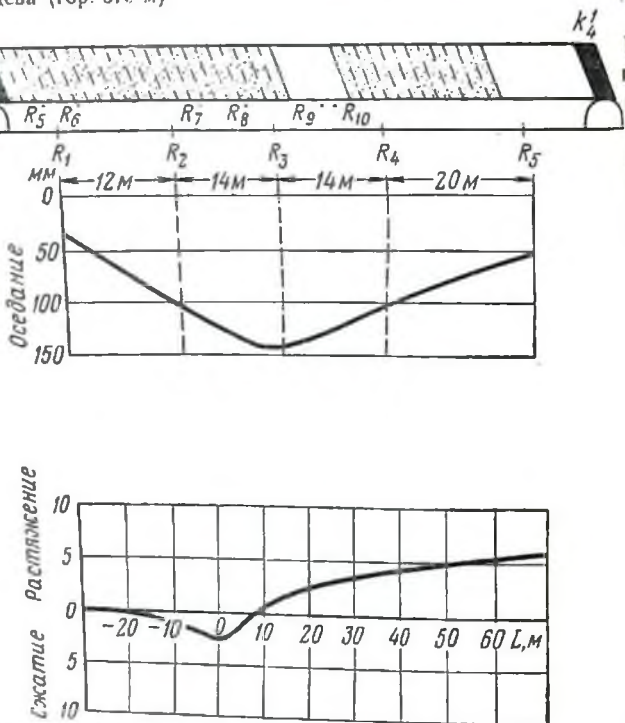


Рис. 7. Характер деформаций квершлага при подработке пластом k_4^1 (шахта им. К. А. Румянцева, гор. 370 м): R_1 — R_4 — реперы в почве квершлага; R_5 — R_{10} — реперы в стенке квершлага

к₂х штреков, но при отсутствии целика выработки по-
падают в зону разгрузки.

Специальные наблюдения в групповых штреках, рас-
положенных на различном расстоянии от почвы пласта
на шахте «Изваринская» комбината Гуковуголь, по-
казали, что в зону разгрузки под выработанным прост-

Рис. 8. Границы зоны разгруз-
ки в почве пласта при охране
штрека угольным (1) и искус-
ственным (2) целиками (мо-
дели № 2 и 3)

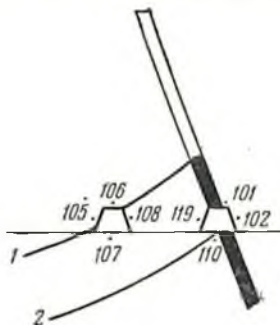
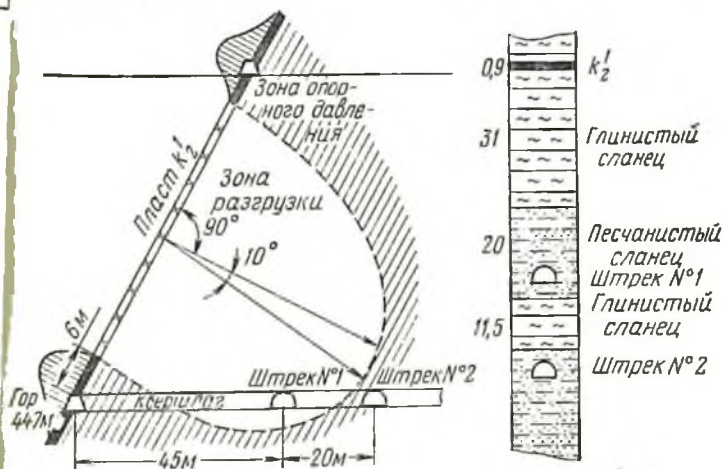


Рис. 9. Наробotka штреков
пластом k_2^1 (шахта «Изварин-
ская», гор. 447 м)



ранством попадали штреки, удаленные от пласта по го-
ризонти на 40—45 м. Деформации крепи АП отсутст-
вовали. Стоимость поддержания 1 м таких штреков со-
ставляла 8 руб. В штреке, расположенном на расстоянии
60 м, деформации крепи были значительными и стои-
мость поддержания 1 м составляла около 15 руб. [39].
Этот штрек, в соответствии с вышеизложенными пред-

ставлениями о расположении зон с различным напряженным состоянием, попал в неблагоприятные условия полого держания -- в зону опорного давления, примыкающую к зоне разгрузки (рис. 9).

Приведенные результаты исследований пространственного положения зон сдвижения и их параметров согласуются с другими работами [1, 7, 33, 42], что позволяет судить о достоверности данных и возможности практического их использования.

§ 2. Особенности сдвижения пород в условиях разработки свиты пластов

Разработка свиты пластов исследовалась на четырех моделях: в пределах одного горизонта (модели № 2, 3) и двух горизонтов (модели № 4, 5).

Изучались параметры зон при многократных подработках и надработках, а также смещения в массиве пород и на контуре штреков.

Сдвижение толщи пород при отработке свиты пластов в общем случае подчиняется тем же закономерностям, что и при отработке одиночного пласта. Наложение сводов полных сдвижений свит или зон опорного давления нарушает установившееся состояние массива. Величина сдвижения ранее подработанной толщи зависит от того, в какую из зон вновь образованного свода нижележащих пластов она попадает.

Рассмотрим на примере модели № 2 особенности сдвижения толщи пород при нисходящем порядке отработки четырех пластов в пределах одного горизонта.

Модель № 2 характерна тем, что слагающие ее породы представлены слабыми песчано-глинистыми сланцами.

Это позволило исключить влияние прочных пород-мостов на сдвижение массива, как это было в модели № 1, и исследовать более полно процесс развития зон подработки и надработки и их параметры.

Последовательная выемка пластов показала, что в подработанной и надработанной толще при выемке каждого пласта образуются своды полных сдвижений и разгрузки. При наложении сводов полных сдвижений и зон опорного давления происходит активизация сдвижений. Степень активизации сдвижения ранее подработанной

толщина зависит от того, в какую из зон вновь образованного свода нижележащих пластов она попадает.

Например, подработанные пластом *I* реперы 1, ..., 9 (см. рис. 3) при выемке пласта *II* сдвигались на различную величину. Сдвинутые реперы с 1 по 6, которые попали в свод полных сдвижений пласта *II*, оставило 60—80% его мощности, реперов 7—9, не попавших в свод, — 30%.

Подработка этих же реперов пластом *III* показала, что и в этом случае они сдвигаются на различную величину. Реперы с 1 по 3 попали в вершину свода сдвижений пласта *III* и их смещения составили 20—40% мощности пласта; реперы с 3 по 9 оказались за пределами свода и сместились всего на (0,05—0,1) *m* (*m* — мощность пласта). Смещения этих реперов при выемке пласта *IV* не зафиксировано.

Аналогичные результаты получены при подработке реперов 10—16 и 19—24 пластами *II*, *III* и *IV*.

Приведенные данные свидетельствуют, что при одинаковой мощности пластов величина смещений в одних и тех же зонах зависит от расстояния по нормали до подрабатываемого горизонта.

При увеличении этого расстояния величина смещений уменьшается.

Отработка свиты пластов *I—IV* показала, что в пределах одного горизонта не происходит увеличения сводов полных сдвижений в направлении падения и восстания; увеличивается только размер области полных сдвижений вкрест простирания. Увеличение сводов сдвижений происходит при отработке нижележащих горизонтов.

С точки зрения устойчивости выработок представляет интерес вопрос о влиянии последующих подработок и надработок на сдвигание пород на уровне вентиляционного и откаточного горизонтов.

В процессе выемки пласта *I* снизу вверх реперы 69, 70, 81 и 82, заложенные вокруг вентиляционного штрека, фиксировали следующие смещения: 69 — опускание, 82 — поднятие, 70 и 81 — сближение. После полной выемки пласта *I* в пределах горизонта зафиксировано общее опускание всех названных выше реперов.

Процесс «опускания» штрека получил дополнительный импульс при выемке пласта *II*. Если при отработке

пласта I перемещение штрека в вертикальной плоскости составила 0,2m, то при выемке пласта II — около 0,5m. Связано это с тем, что при подработке пластом II штрек попал в зону максимальных оседаний. При отработке пластов III и IV смещения этого же штрека составили 0,2m и 0,08m соответственно.

На откаточном горизонте при выемке пласта I в зону опорного давления в его почве попали штреки, расположенные под целиком или на его границе. Так, например, реперы 105—108, 110 и 119 показывали, что происходит деформация контура штреков, вокруг которых они были заложены, о чем свидетельствуют смещения указанных реперов в направлении к центру выработок. В то же время реперы 103, 104, 109, 111—117 фиксировали смещение пород в сторону выработанного пространства.

При последующей выемке пластов II—IV в почве каждого из них зарегистрированы зоны разгрузки. Следует отметить, что более интенсивно процесс упругого восстановления пород протекает в тех частях массива, где ранее он не был надработан, т. е. надработка уже разгруженной толщи почти не отражается на ее напряженном состоянии.

Откаточные штреки, расположенные в разгруженной зоне почвы верхнего пласта, при отработке пласта, по которому они пройдены, претерпевают меньшие деформации по сравнению со штреками вне зоны разгрузки.

Например, сечение откаточного штрека при выемке пласта II (реперы 103, 104, 109, 117) уменьшалось на 10%, штрека пласта I при его отработке — на 30%.

Модель № 3 отличалась от модели № 2 тем, что откаточные штреки охранялись не угольными целиками, а искусственными. Материалом искусственных целиков служил пенополиуретан, деформационные характеристики которого в линейном масштабе модели при нагружении эквивалентной нагрузкой соответствовали характеристике деревянных костров.

Отработка модели № 3 показала, что охрана штреков кострами расширила зону разгрузки на уровне откаточного горизонта (см. рис. 8). Если в модели 2 ближайший к пласту полевой штрек находится на границе зоны разгрузки, то в модели № 3 он расположен в разгруженной зоне.

Таким образом, обработка свиты пластов в пределах одного (первого) горизонта в нисходящем порядке привела к разгрузке пород, вмещающих откаточные штреки (кроме штрека верхнего пласта), и уменьшила влияние опорного давления каждого из разрабатываемых пластов на собственные выработки откаточного горизонта. Вентиляционные штреки находятся в зонах, характеризующихся сложными сдвигами.

На рис. 10 линия $EFGH$ представляет собой границу зоны разгрузки в результате обработки всех пластов верхнего горизонта. Выше линии $ABCD$ расположена область интенсивного расслоения и значительного опускания пород. Положение линии $ABCD$ зависит от способа охраны выработок: при угольных целиках она располагается выше, чем при искусственных.

По мере обработки пластов нижнего горизонта в нисходящем порядке свод полных сдвижений увеличивается, происходит наложение различных зон. Если над и под бывшими откаточными штреками угольные целики не оставлены, происходит быстрое смыкание сводов полных сдвижений верхнего и нижнего горизонтов. При оставлении целиков своды существуют длительное время обособленно, тем дольше, чем больше целики.

Давление у целиков бывших откаточных штреков пласта 1 равно первоначальному P , давление у пласта 2 в 1,2 раза больше P , а у пластов 3 и 4 составляет $0,7 P$. Ниже линии $EFGH$ давление в 1,5 раза выше первоначального.

Обработка пласта 2 на втором горизонте ведет к уменьшению давления на целики пласта 1. Давление на целик у штрека пласта 2 сохраняется. Выемка пласта 3 приводит к дальнейшему снижению давления на вентиляционные штреки пластов 1 и 2, но увеличивает почти в 3 раза давление на штреки пластов 3 и 4. После полной обработки всего второго горизонта вентиляционные штреки попадают в зону сложных сдвижений.

Характеризуя нисходящий порядок обработки пластов и горизонтов, необходимо констатировать, что с позиций механики горных пород он является благоприятным для поддержания выработок основного откаточного горизонта.

В литературе [26, 38] есть высказывания о целесообразности восходящего порядка обработки пластов в

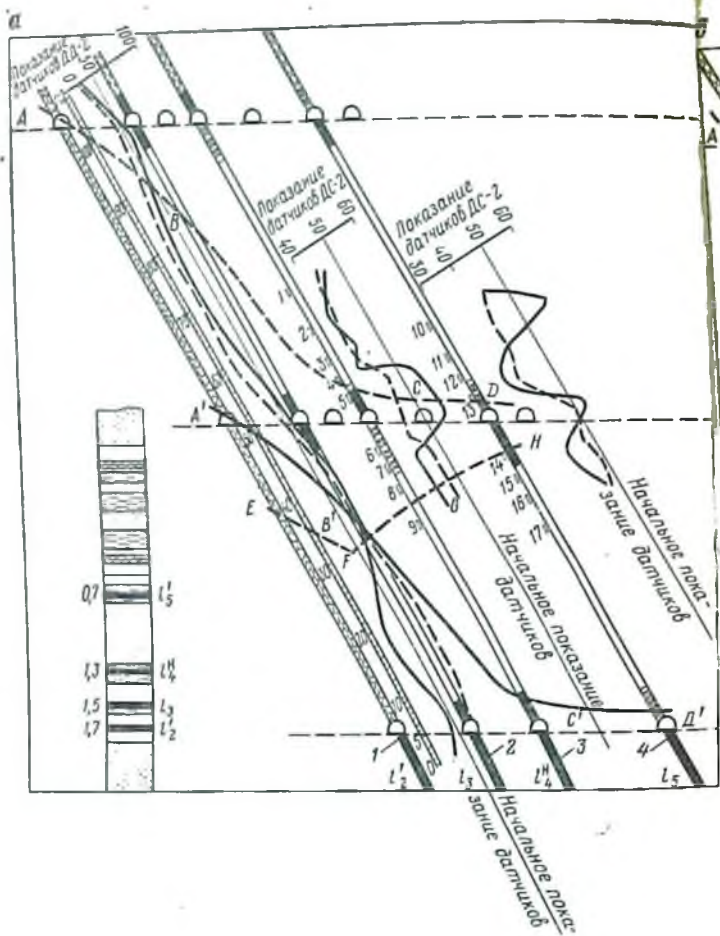
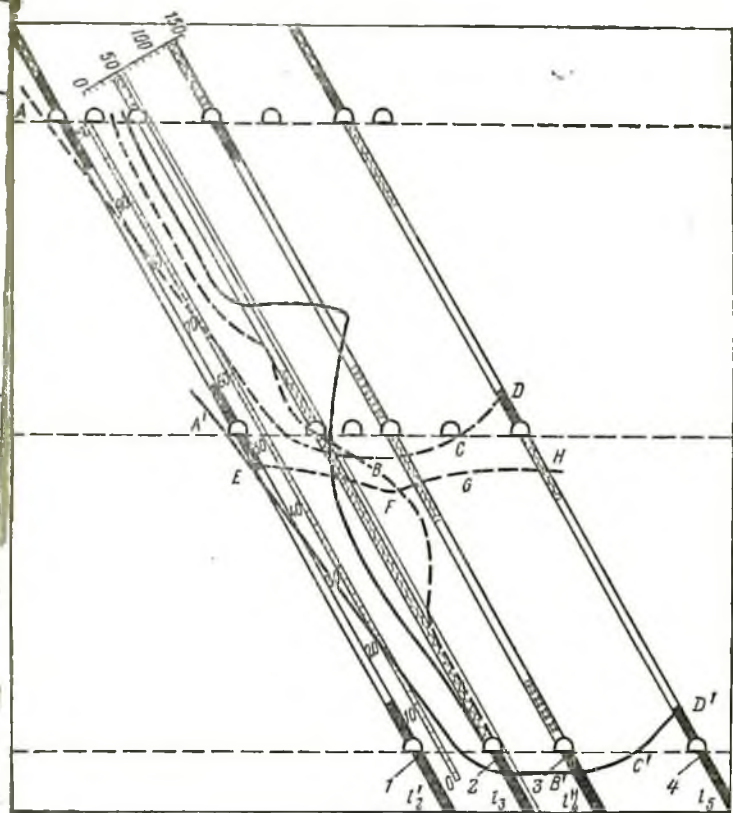


Рис. 10. Сдвигение пород и распределение давления при выемке из зоны разгрузки после отработки всех пластов верхнего горизонта (сплошной линией указаны показания датчиков при отработке)

свите и горизонтов (от нижних границ шахтных полей) как наиболее полно отвечающего условиям разгрузки и дегазации подроботанной толщи пород. Сторонники восходящего порядка отработки крутых пластов отдаю



свиты пластов [модели № 4 (а) и № 5 (б)]: $ABCD$ и $EFGH$ — гранита; $A'B'C'D'$ — граница зоны разгрузки после отработки нижнего ботке верхнего горизонта; пунктирной — нижнего горизонта)

ему предпочтение и с точки зрения поддержания выработок.

Поскольку вопросы борьбы с выбросами не являются предметом настоящих исследований, остановимся толь-

ко на оценке восходящего порядка отработки с точки зрения поддержания подготовительных выработок.

Рассматривая вариант первоначальной отработки пластов в восходящем порядке в пределах самого ниж

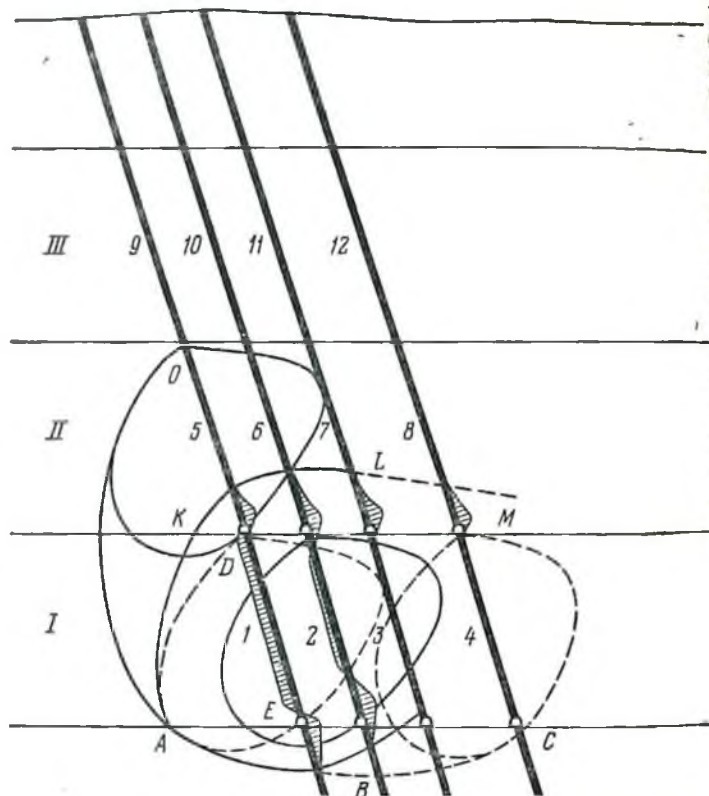


Рис. 11. Схема развития зон разгрузки и опорного давления при восходящем порядке отработки горизонтов и пластов DAE — граница зоны разгрузки в почве пласта 1; ABC — граница зоны разгрузки на откаточном горизонте при отработанных пластах 1—4; KLM — граница зоны опорного давления на вентиляционном горизонте при отработанных пластах 1—4; $OABC$ — граница зоны разгрузки в почве пласта при отработанных горизонтах I и II

него горизонта, надо отметить, что в наиболее неблагоприятные условия поддержания попадают откаточные штреки пластов 2, 3, 4 (рис. 11): они подвержены влиянию установившегося опорного давления от разработки

нижнего пласта и временного опорного давления собственного пласта.

Известно [31], что стоимость поддержания штреков в зоне установившегося давления в 1,4—1,9 раза больше по сравнению со стоимостью поддержания вне этой зоны и в 2—3 раза больше по сравнению со штреками, производимыми и поддерживаемыми в предварительно наработанной зоне.

После отработки всего нижнего горизонта погашаемые откаточные штреки находятся в разгруженной зоне, а вентиляционные, которые должны быть использованы в качестве откаточных для верхнего горизонта, — в зоне опорного давления. Если в пределах свиты отработать пласты 1 и 5, а затем последовательно 2, 6, 3, 7 и т. д., откаточные штреки верхнего горизонта при откатке груза на передний квершлаг (наиболее благоприятный случай) будут поддерживаться в подработанной зоне на границе массив — выработанное пространство. В этом случае выработки будут подвергаться влиянию опорного давления разрабатываемого пласта и смещения пород в области свода сдвижений нижнего пласта. При таком порядке отработки вентиляционные штреки классов 10—12 будут проводиться в зоне опорного давления, примыкающей к своду полных оседаний горизонтов I и II. Таким образом, чтобы исключить в определенной области подработки влияние опорного давления, возникает необходимость в последовательной выемке пластов в свите до отметки самого верхнего горизонта. Надо отметить, что разгрузка массива надработкой и подработкой имеют качественное различие. При надработке напряжения уменьшаются в результате упругого восстановления, т. е. смещения в этом случае незначительны и структура массива практически не меняется. При подработке сдвигения достигают значительных величин, породы расслаиваются, длительное время подвергаются всякого рода подвижкам, что отрицательно сказывается на устойчивости подготовительных выработок.

Область полных сдвижений при подработке является безопасной для выработок в том случае, когда процесс сдвижения горных пород в основном закончился [24, 35, 36].

При отработке одиночного пласта период затухания смещений в толще зависит от многих горно-геологиче-

ских и горнотехнических факторов и равен на пологих пластах, по данным различных исследований, 0,5–3 года.

Для крутых пластов, учитывая взаимовлияние пластов в свите и влияние самих свит, этот период больше. Влиянию активизации смещений при нисходящем порядке отработки подвержены в основном верхние (погашаемые) горизонты, при восходящем — действующие.

Таким образом, чтобы при восходящем порядке отработки горизонтов проводить и поддерживать подготовительные выработки в подработанной толще после окончания процесса сдвижения пород, потребуется большая «выдержка» во времени.

На динамику и параметры зон сдвижения пород в значительной мере влияет способ управления кровлей в очистных забоях. Наиболее интенсивно процесс сдвижения подработанной толщи развивается и протекает при полном обрушении кровли в лавах, наименее интенсивно — при полной закладке выработанного пространства. В условиях крутых пластов очень тяжело, а в ряде случаев и невозможно обеспечить планомерное обрушение кровли — она начинает обрушаться в верхней части лавы, породы смещаются в нижнюю часть, подбучивают непосредственную кровлю и препятствуют ее участию в заполнении выработанного пространства, остающиеся в верхней части пустоты создают аварийную ситуацию, что подтверждают случаи «ухода» вентиляционных штреков в выработанное пространство лав.

В нашей стране и за рубежом полную закладку выработанного пространства применяют для охраны ответственных зданий и сооружений, для отработки месторождений под водоемами, используя при этом такие ее положительные стороны, как уменьшение трещинообразования в массиве и оседаний поверхности, равномерный и упорядоченный процесс сдвижения толщи.

Специальные исследования [5] показывают, что при качественной закладке выработанного пространства уменьшаются сползания кровли и почвы на крутых пластах. Полная закладка способствует повышению устойчивости подрабатываемых горных выработок. На рис. 12 приведены графики смещений пород в полевых штреках, подработанных пластом l_1 (шахта «Красный Октябрь»),

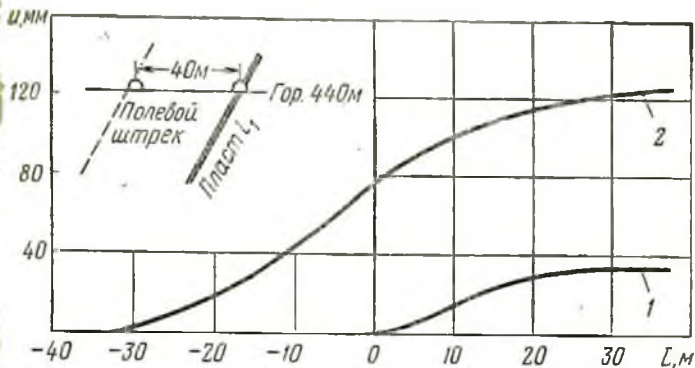


Рис. 12. Сближение пород по нормали к паппластованию в подработанном полевом штреке при управлении кровлей полным обрушением (2) и полной закладкой (1)

при закладке выработанного пространства и при обрушении кровли в лаве.

Таким образом, нейтрализовать в некоторой степени отрицательные стороны восходящего порядка отработки с точки зрения поддержания выработок можно полной закладкой выработанного пространства.

§ 3. Влияние очистных работ на устойчивость подготовительных выработок

По условиям поддержания горные выработки можно разделить на две группы:

1. Находящиеся в процессе эксплуатации на значительном расстоянии от очистных работ (или охраняемые целниками больших размеров) и практически не испытывающие влияния лав.

2. Находящиеся в зонах опорного давления или сдвижения пород в пределах выработанного пространства (откаточные и вентиляционные штреки, участковые квершлагги).

Условия поддержания выработок второй группы связаны с большими трудностями вследствие влияния перемещающегося очистного забоя.

Инструментальные наблюдения показывают, что интенсивность смещений пород на контуре подготовительных выработок зависит от расстояния подготовительной

выработки до забоя лавы. В общем случае выработки последовательно находятся в следующих зонах (рис. 13): в массиве (I), в зоне временного опорного давления (II), в зоне установившегося давления (III) и т.д.

Величины смещений пород в этих зонах различны, что влияет соответственно на устойчивость выработок (под устойчивостью выработки подразумевается способность ее сохранять необходимые по требованиям правил безопасности зазоры в течение срока эксплуатации).

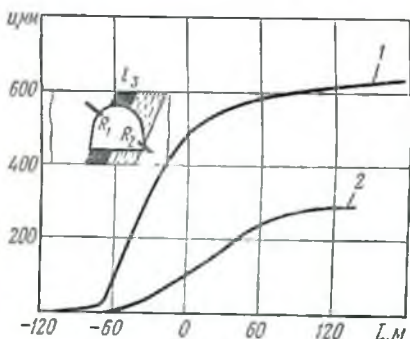
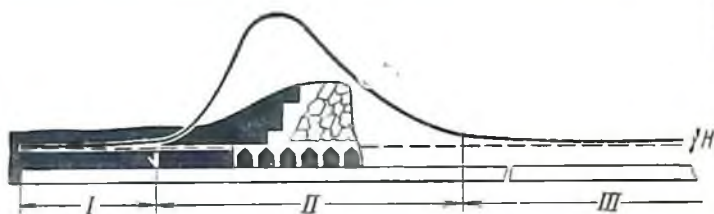


Рис. 13. Схема распределения горного давления в выработке, подверженной влиянию очистных работ

Рис. 14. Сближение стенок откаточного штрека отката l_3 на глубине 940 м (1) и 750 м (2)

Вне пределов влияния очистных работ (зона I) деформации пород на контуре выработок происходят в результате перераспределения напряжений при проведении самой выработки. При этом напряжения на ее контуре могут превзойти предел прочности пород и вызвать их разрушение в определенной зоне (неупругих деформаций). Для зоны неупругих деформаций пород характерно постепенное уменьшение степени их разрушения в направлении от контура выработки в глубь массива. Развитие зоны неупругих деформаций на крутых пластах происходит преимущественно со стороны висячего бока в направлении, перпендикулярном к напластованию. За-

меры смещений с помощью глубинных реперов показывают, что размер зоны неупругих деформаций со стороны максимальных смещений в слабых породах достигает 8 м [8, 11]. По данным различных исследований, смещения пород увеличиваются с глубиной разработки. Изменение глубины разработки с 500 до 1000 м вызывает увеличение смещений в 2—3,6 раза [2, 8, 9]. На рис. 14 приведены графики смещений пород в выработках, пройденных по пласту l_3 на различной глубине.

Из рис. 14 следует, что с ростом глубины разработки с 750 до 940 м увеличилось смещение пород в 2 раза.

Влияние прочности пород на смещение контура выработок показано на рис. 15 [8]. При этом существенную роль играет

слоистость пород: устойчивость выработок, пройденных в сплошном песчанике, выше, чем в слоистом.

В настоящее время еще недостаточно изучено количественное влияние структурных особенностей массива на степень проявления горного давления. Для оценки условий поддержания выработок используются показатели прочности пород на одноосное сжатие в образце. Для Центрального района Донбасса на основании данных шахтных исследований и геологической разведки принято деление пород на три основных класса, характеризующихся определенной прочностью на одноосное сжатие при соответствующей глубине разработки (табл. 9).

Породы, значительно ослабленные трещинами, относятся к слабым.

В тех случаях, когда в кровле или почве выработки расположены разнородные слои пород, классификация их производится по средневзвешенному значению пределов прочности на сжатие. При невозможности взятия

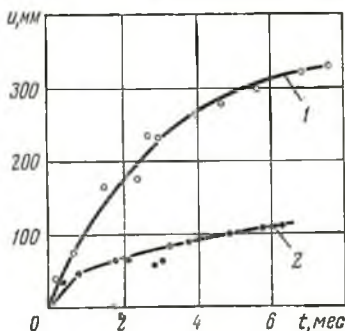


Рис. 15. График зависимости смещений пород от их прочности [8] в полевом штреке:

1 — пласта h_{11} ($\sigma_{сж} = 420$ кгс/см²);
2 — пласта l_3 ($\sigma_{сж} = 730$ кгс/см²)
(шахта им. XXII съезда КПСС, гор. 800 м)

Таблица 9

Глубина разра- ботки, м	Предел прочности на одноосное сжатие (кгс/см ²) пород		
	слабых	средней прочности	прочных
500—600	До 300	300—600	600
600—800	До 400	400—800	800
800—1000	До 500	500—1000	1000

проб из всех слоев расчет должен вестись по наиболее слабому слою. Глубина отбора проб в пластовых штреках должна составлять: для пород кровли — не менее десятикратной мощности пласта, почвы — не менее шестикратной; в полевых штреках: для пород кровли — 5 м, почвы — 3 м. В указанных зонах происходит интенсивное расслоение пород при смещении их в выработку.

Основным видом деформаций пород в зоне I является расслоение по контактам напластований и незначительный прогиб всячего бока. По абсолютной величине смещения в этой зоне для пластов Центрального района Донбасса составляют 70—350 мм и 60—70% их реализуется в течение 1,5—2 мес.

Исключение составляют выработки, пройденные в слабых обводненных породах, в зонах геологических нарушений, где смещения могут быть большими, чем указанные выше.

С помощью нивелирования и метода засечек по реперам, заложенным в полевом штреке, определен характер смещения его контура в массиве (рис. 16).

Из рис. 16 следует, что в штреке смещались только слоистые песчаные сланцы преимущественно со стороны всячего бока. Мощный песчаник в лежащем боку штрека не претерпевал заметных деформаций.

В зоне опорного давления, вызванного очистными работами, напряжения в породах в 3—8 раз [6, 12, 45] превышают первоначальные (γH). В связи с этим и смещения значительно больше в этой зоне, чем в первой, и составляют 70—80% от суммарных.

Общий характер изменения эпюры опорного давления в зависимости от пролета показан на рис. 17 [44]: чем больше пролет l , тем больше максимальное значение

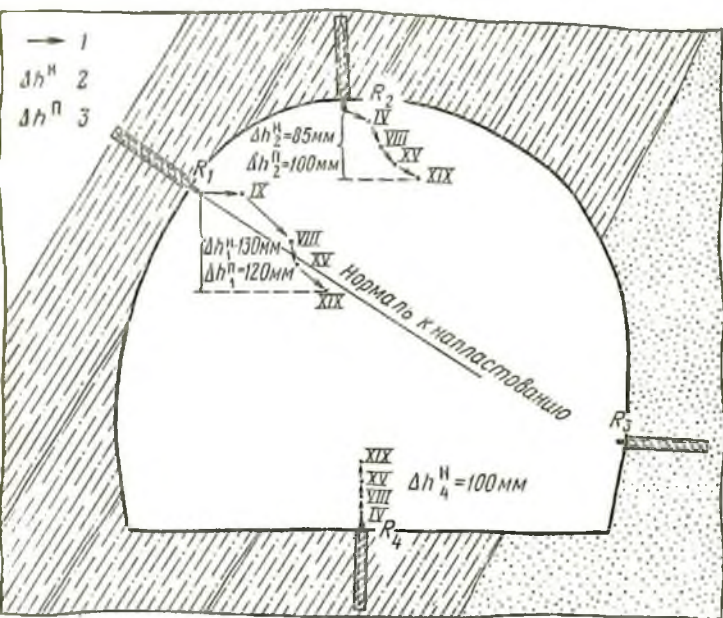


Рис. 16. Характер смещения контура полевого штрека шахты им. М. И. Калинина (гор. 630 м) вне зоны влияния лавы (римскими цифрами обозначены номера замеров):

1 — направление смещения реперов; 2 — оседание репера, определенное инвентаризацией; 3 — оседание репера, определенное графически (методом засечек)

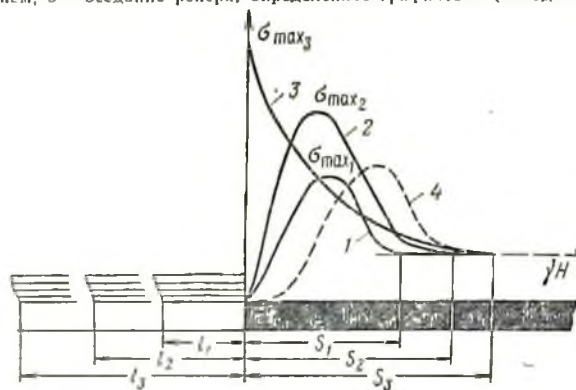


Рис. 17. График зависимости эпюры опорного давления впереди лавы от пролета зависающей кровли l

опорного давления σ и размер зоны его распространения s . По мере раздавливания краевой зоны угля происходит перемещение эпюры опорного давления в направлении от забоя.

Опорное давление распространяется не только в плоскости пласта, но и в его кровлю и почву, о чем свидетельствует ухудшение состояния подрабатываемых и надрабатываемых выработок по мере приближения к ним забоя влияющей лавы.

Таблица 10

Глубина разработки, м	Размеры зоны опорного давления (м) при мощности пласта, м		
	0,5	1	2
200	18	27	37
400	25	35	52
600	30	42	60
1000	33	48	70

Размеры зоны опорного давления для очистных забоев весьма заметно зависят от глубины залегания и мощности пласта [3] (табл. 10).

По результатам инструментальных наблюдений в откаточных и вентиляционных штреках определены размеры зоны II (см. рис. 13) для конкретных шахтопластов при средней глубине разработки 700 м (табл. 11).

В пределах зон, указанных в табл. 11, происходит существенное изменение состояния пород и выработок: пучение почвы, сближение боков, деформация крепи, затяжек и рельсового пути. Позади лавы — за зоной временного опорного давления — смещения происходят с малой интенсивностью и имеют, как правило, затухающий характер. По данным инструментальных наблюдений, для большинства пластов Центрального района Донбасса смещения пород в этой зоне происходят со скоростью 0,2—0,4 мм/сут и, если нет влияния очистных работ соседних пластов, на расстоянии 400—500 м за лавой практически прекращаются.

Основными факторами, определяющими состояние штреков в зоне III, (см. рис. 13), является глубина разработки, время их поддержания и способ охраны.

Для определения величины смещений пород в подготовительных выработках были проведены инструментальные наблюдения с помощью контурных и глубинных реперов.

Таблица 11

Наименование и индекс пласта	Зоны влияния опорного давления, м			
	впереди лапы	за лапой	впереди лапы	за лапой
	Остаточные штреки		Вентиляционные штреки	
Золотарка, k_2^2	30	50	10	50
Гоненький, k_1^1	20	60	40	60
Рудный, k_4	50	60	—	—
Андреевский, k_4^1	50	40	—	—
Великан, k_5	40	60	5	100
Пята, k_5^2	50	80	—	—
Юльевский, k_7^1	60	80	—	—
Александровский, k_7	40	80	15	40
Кирпичевка, l_2^1	25	40	—	—
Мазурка, l_3	30	80	20	70
Соленый, l_5	40	70	15	40
Известнячка, l_6	70	30	—	—
Тонкий, m_2	25	15	15	20
Толстый, m_3	40	60	35	60
Грицынка, m_5^1	25	15	—	—
Куций, m_5	50	80	30	70

Условия заложения наблюдательных станций можно охарактеризовать следующими основными данными: средняя глубина заложения откаточных штреков 740 м, вентиляционных — 630 м; мощность пластов 0,4—1,5 м; вмещающие породы — глинистые сланцы, песчаные сланцы, песчаники.

Всего инструментальными наблюдениями охвачено 26 наиболее разрабатываемых пластов Центрального района Донбасса (76% от всех разрабатываемых шахтопластов).

На каждом участке (выработке) устанавливались замерные станции, что позволило исследовать параметры смещения пород на большом экспериментальном материале.

По данным сближения контурных реперов строились

графики в координатах «смещения — расстояние до забоя лавы» (на графиках смещений знак «—» обозначает замеры впереди лавы, знак «+» — позади).

Состояние выработок оценивалось параметром u_0 , представляющим собой отношение максимальных величин сближения контурных реперов u к начальному расстоянию между реперами a и мощности пласта m .

Значение u_0 определено по данным замерных станций на участке 100 м: для откаточных штреков в диапазоне —50 ÷ +50 м от лавы; для вентиляционных штреков поддерживаемых за лавой, —10 ÷ +90 м от лавы; для вентиляционных штреков, поддерживаемых впереди лавы, —90 ÷ +10 м. Рассматриваемые участки откаточных и вентиляционных штреков являются наиболее представительными с точки зрения как интенсивности проявления горного давления, так и необходимости обеспечения безопасных условий труда в зоне наиболее активных технологических операций. Для откаточных штреков рассматриваемом диапазоне отмечается 50—70% смещений от конечных за весь срок службы; для вентиляционных штреков — 50—70% смещений при поддержании их за лавой и 60—80% смещений при поддержании их впереди лавы.

Поскольку на данном этапе учесть свойства слоистых вмещающих пород одним каким-либо параметром (например, средневзвешенной прочностью на одноосное сжатие) не представилось возможным, устойчивость выработок анализировалась по группам пород, характеризующимся определенными смещениями.

По величинам $u_0 = \frac{u_a}{m}$ (где $u_a = \frac{u}{a}$) экспериментальные участки разбиты на три группы: первая — $u_0 \leq 0,1$, вторая — $0,1 < u_0 \leq 0,15$, третья — $u_0 > 0,15$.

Состояние выработок первой группы может быть охарактеризовано как устойчивое, второй группы — средней устойчивости, третьей группы — неустойчивое.

Критерии разделения выработок по группам были приняты исходя из податливости крепей АП, ПАК и КПК. Для мощности пластов 0,5—1,5 м максимальные смещения в выработках первой и второй групп составляют 200—600 мм, что позволяет применением указанных крепей обеспечить безремонтное поддержание района лавы.

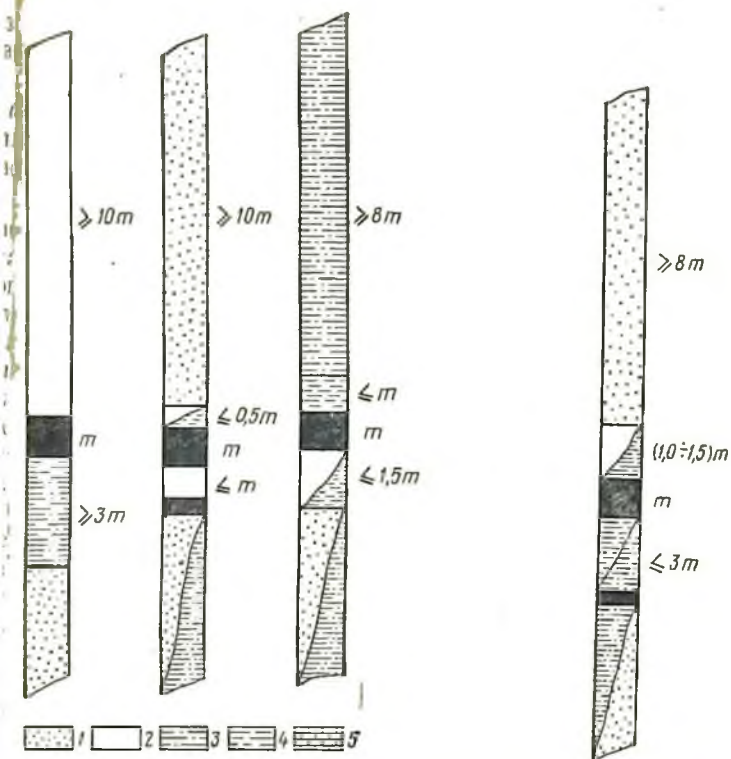


Рис. 18. Геологическая характеристика пород, вмещающих выработки I группы:

1 — песчаник; 2 — глинистый сланец; 3 — песчаный сланец; 4 — песчано-глинистый сланец; 5 — известняк

Рис. 19. Геологическая характеристика пород, вмещающих выработки II группы.

Для выработок третьей группы кроме применения крепей повышенной и направленной податливости для безремонтного поддержания необходимы специальные мероприятия по охране.

На основании анализа горно-геологических условий экспериментальных участков по каждой группе были определены литологический состав и прочность пород, характерные для этих групп (рис. 18, 19, 20).

При анализе рассматривалась толща пород кровли мощностью $10m$, почвы — $6m$.

К группе I отнесены пласты, кровля которых представлена однородными породами средней прочности или прочными мощностью $(8 \div 10)m$. При этом возможно наличие в непосредственной кровле пласта более слабых пород, чем в основной кровле, мощностью не более $0,5m$.

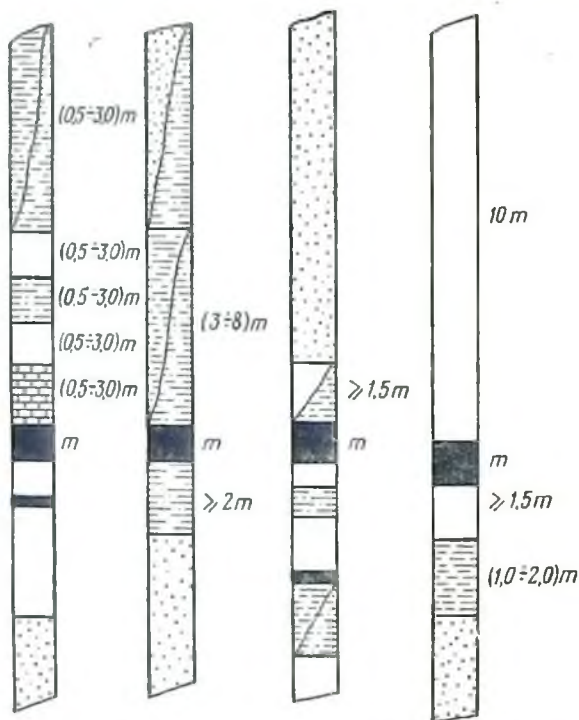


Рис. 20. Геологическая характеристика пород, вмещающих выработки III группы

Почва пласта может быть представлена разнородными мощными породами. При наличии в кровле прочных пород в непосредственной почве могут быть более слабые породы, чем в кровле, мощностью $(1,0 \div 1,5)m$. Если вмещающие пласт породы трещиноваты или обводнены, выработки должны быть отнесены к группе II.

Как видно из рис. 18, к группе I отнесены и те выработки, кровля которых представлена мощным слоем

глинистого сланца, а непосредственная почва — более прочными породами мощностью 3 м.

К группе II отнесены выработки, проведенные по пластам, у которых непосредственная кровля представлена породами средней прочности или слабыми мощностью (1,0÷1,5) м, а почва — разнородными породами средней прочности. Часто в почве имеется прослойка угля или углистого сланца.

К группе III отнесены выработки, проведенные по пластам, у которых кровля и почва представлены перемежающимися слоями разнородных пород или залегают в кровле и почве пласта слабые породы.

В основу прогноза смещения пород в зоне II (см. рис. 13) положены результаты инструментальных наблюдений в 49 откаточных и в 31 вентиляционном штреках.

В общем виде зависимость между смещениями пород и основными влияющими факторами можно записать следующим образом:

$$\frac{u}{a} = a_0 + a_1 f_1(L) + a_2 f_2(m), \quad (1)$$

где $\frac{u}{a}$ — относительное смещение пород (u — абсолютное максимальное смещение пород, мм; a — линейный размер в направлении замера смещения, мм); a_0 — свободный член уравнения; $f_1(L)$ — функция, показывающая изменение первого фактора; L — расстояние до забоя лавы, м; $f_2(m)$ — функция, показывающая изменение второго фактора; m — мощность пласта, м.

Обработка данных смещений пород методами математической статистики производилась на вычислительной машине «Минск-22». Полученные уравнения множественной корреляции для вентиляционных штреков приведены в табл. 12, для откаточных штреков — в табл. 13.

Из табл. 12 видно, что коэффициент множественной корреляции $R=0,89\div 0,97$, что свидетельствует о довольно высокой зависимости функции (смещений) от изменения выбранных аргументов (расстояние от выработки до забоя лавы L и мощности пласта m).

В табл. 14 приведены относительные смещения пород в вентиляционных штреках при различной мощности пласта (величины смещений взяты как конечные

Таблица 1

Расстояние до забоя лава, м	Группа выработок	Уравнение	Коэффициент регрессии	Критерий Стьюдента	Коэффициент множественной корреляции R	Отношение дисперсий F ₂
-100 ÷ +100	I	$u_0 = a_0 + a_1L + a_2M + a_3L^2$	(2) a ₁ = 0,00237 a ₂ = 0,0146 a ₃ = 0,0000144 a ₀ = 0,0519	12,4 10,01 7,17	0,97 123,91	
	II		a ₁ = 0,00126 a ₂ = 0,033 a ₃ = 0,00000601 a ₀ = 0,0308	11,16 9,2 5,06	0,96 143,17	
-10 ÷ +100	I	$u_0 = a_0a_1L + a_2M + a_3L^2$	(3) a ₁ = 0,00136 a ₂ = 0,03178 a ₃ = -0,000007134 a ₀ = -0,01418	15,01 9,997 -7,5	0,95 192,83	
	II		a ₁ = 0,00188 a ₂ = 0,08589 a ₃ = -0,00000656 a ₀ = -0,06385	10,1 13,0 -3,35	0,93 162,45	
-10 ÷ +100	III	$u_0 = a_0 + a_1L + a_2M + a_3L^2$	(4) a ₁ = 0,00317 a ₂ = 0,07321 a ₃ = -0,0000165 a ₀ = -0,04023	14,56 6,22 -7,20	0,9169, 01	

Таблица 13

Расстояние до забоя лава, м	Группа выработок	Уравнение	Коэффициент регрессии	Критерий Стьюдента	Коэффициент множественной корреляции R	Отношение дисперсий F ₂
-100 ÷ -50	I	$u_0 = a_0 + a_1 \frac{1}{L} + a_2M$	(5) a ₁ = -0,8068 a ₂ = 0,003528 a ₀ = -0,01011	-8,44 3,06	0,73 27,2	
	II		a ₁ = 0,00437 a ₂ = 0,01156 a ₃ = 0,00002247 a ₀ = 0,20146	4,122 0,57 3,19	0,9 27,53	
-50 ÷ +50	I	$u_0 = a_0 + a_1L + a_2M + a_3L^2 + a_4L^3$	(7) a ₁ = 0,000646 a ₂ = 0,02603 a ₃ = -0,000000197 a ₄ = -0,0000000298 a ₀ = -0,001933	4,96 3,33 -1,09 0,7 -0,44	30,17	
	II		a ₁ = 0,00162 a ₂ = 0,1119 a ₃ = -0,000000444 a ₄ = -0,000000013 a ₀ = -0,04112	6,16 5,96 0,8 -0,12 -0,95	44,76	
-50 ÷ +50	III	$u_0 = a_0 + a_1L + a_2M + a_3L^2 + a_4L^3$	(8) a ₁ = 0,00308 a ₂ = 0,1769 a ₃ = -0,000000904 a ₄ = -0,000000033 a ₀ = -0,3385	12,76 13,19 0,82 -0,27 -2,68	177,4	

Расстояние до забоя лавы, м	Группа выработок	Уравнение	Коэффициент регрессии	Критерий Стьюдента	Коэффициент множественной корреляции R	Отношение дисперсий F ₂
+50 ÷ +100	I	$u_a = a_0 + a_1 \frac{1}{L} + a_2 m$ (9)	$a_1 = -2,527$ $a_2 = -0,0082$ $a_0 = 0,0387$	-9,27 2,0	0,7?	30,3
	II		$a_1 = -2,208$ $a_2 = 0,0246$ $a_0 = 0,0314$	-5,94 2,53	0,7	14,18
	III		$a_1 = -3,773$ $a_2 = 0,000404$ $a_0 = 0,0736$	-7,47 0,05	0,52	18,73

Таблица 14

Расстояние от выработки до забоя лавы, м	Группа выработок	Относительные смещения пород $\left(u_a = \frac{u}{a} \right)$ в зависимости от мощности пласта, м					
		0,5	0,7	0,9	1,1	1,3	1,5
-100 ÷ +10	I	0,061	0,067	0,074	0,080	0,087	0,094
	II	0,1	0,11	0,119	0,128	0,137	0,147
	III	0,121	0,132	0,144	0,155	0,166	0,177
-10 ÷ +100	I	0,067	0,073	0,079	0,085	0,092	0,099
	II	0,102	0,119	0,136	0,154	0,171	0,188
	III	0,129	0,153	0,176	0,199	0,223	0,246

для рассматриваемых диапазонов расстояния до лавы). Влияние мощности пласта, как следует из табл. 14, больше сказывается для выработок группы III, чем II или I.

Таблица 15

Расстояние от выработки до забоя лавы, м	Группа выработок	Относительное смещение пород $\left(u_a = \frac{u}{a}\right)$ в зависимости от мощности пласта, м				
		0,5	0,7	0,9	1,1	1,3
-100 ÷ -50	I	0,01	0,011	0,0116	0,0123	0,013
	II	0,044	0,047	0,049	0,051	0,054
	III	0,04	0,048	0,055	0,063	0,07
-50 ÷ +50	I	0,039	0,044	0,0496	0,055	0,06
	II	0,078	0,1	0,123	0,146	0,168
	III	0,164	0,1995	0,235	0,27	0,305
+50 ÷ +100	I	0,018	0,019	0,021	0,022	0,024
	II	0,016	0,021	0,026	0,03	0,035
	III	0,0361	0,0362	0,0363	0,0363	0,0364

Таблица 16

Пласт и участок шахты им. М. И. Калинина	Мощность пласта, м	Группа выработок	Относительное смещение пород в зависимости от расстояния до лавы в вентиляционных штреках, м					
			(-100) ÷ (+10)			(-10) ÷ (+100)		
			факт.	расч.	%	факт.	расч.	%
m ₃ , восточный	1,03	III	—	—	—	0,167	0,189	+11,3
m ₃ , восточный	1,15	III	0,181	0,157	-14	—	—	—

Для рассматриваемых диапазонов расстояния до лавы влияние мощности пласта больше для выработок, поддерживаемых за лавой, чем отрабатываемых на передний квершлаг.

Коэффициент множественной корреляции для уравнений, служащих для прогноза смещений пород в откаточных штреках (табл. 13), в среднем более 0,7. Меньшие значения R отмечаются для расстояний более 50 м за лавой, где, естественно, влияние принятых аргументов не настолько значимо, как в районе более активного влияния лавы.

Значения относительных смещений пород в откаточных штреках в зависимости от мощности пласта приведены в табл. 15.

Пласт, участок (шахта)	Мощность пласта, м	Группа выработка
k_{2}^{2} , восточный («Комсомолец»)	1,01	II
l_{3} , западный (им. Ворошилова)	1,2	II
k_{5}^{2} , западный (им. Румянцева)	0,7	II
l_{6} , западный (им. Румянцева)	0,84	II
l_{8} , западный (им. Румянцева)	0,64	III
m_{5} , западный (ш/у «Александр-запад»)	0,9	III
k_{2}^{1} , восточный («Кочегарка»)	0,55	III
m_{3} , восточный (им. М. И. Калинина)	1,1	III

Таблица 17

Относительное смещение пород в зависимости от расстояния до лавы в откаточных штреках, м

-100 ÷ -50			-50 ÷ +50			+50 ÷ +100.		
факт.	расч.	%	факт.	расч.	%	факт.	расч.	%
—	—	—	0,19	0,135	-29,0	0,024	0,028	+11,5
—	—	—	0,146	0,157	+ 7,0	0,037	0,032	-14,0
—	—	—	0,12	0,1	-16,5	0,025	0,021	-16,0
—	—	—	0,183	0,227	+12,4	0,0327	0,0363	+11,0
—	—	—	0,206	0,19	- 8,0	—	—	—
0,066	0,055	-17,0	0,2	0,235	+11,7	0,0513	0,0363	-29,0
0,030	0,042	+29,0	0,111	0,17	+15,2	0,029	0,036	+19,0
—	—	—	0,265	0,27	+ 5,0	—	—	—

Данные табл. 15 показывают, что и для откаточных штреков влияние мощности пласта больше в выработках, характеризующихся как неустойчивые.

Для проверки полученных уравнений сравнивались расчетные и фактические величины смещений пород (табл. 16 и 17). Фактические величины смещений взяты по данным замерных станций, которые не были использованы для составления уравнений.

Анализ табл. 16 и 17 показывает, что среднее отклонение от фактических смещений составляет $+13\% \div -18\%$, а максимальное отклонение — $\pm 29\%$.

Уравнения (2) — (9) позволяют определить смещения в зоне наиболее активного влияния лавы — в зоне II (табл. 12, 13).

Смещения пород за весь срок службы выработки

$$u_t = u_I + u_{II} + u_{III} \quad (10)$$

где u_I , u_{II} , u_{III} — смещения в соответствующих зонах (рис. 13).

В табл. 18 даны смещения в зонах I и III (см. рис. 13) для наиболее часто встречающихся условий отработки пластов: опережение штрека 250—300 м, поддержание за лавой — выше 100 м.

Таблица 18

Группа выработок	Смещение, мм	
	u_I	u_{III}
I	70	90
II	200	135
III	350	180

Выше отмечалось, что прогноз смещений пород дан для откаточных выработок с глубиной заложения 740 м, для вентиляционных — 630 м. Влияние глубины разработки на смещение пород может быть учтено коэффициентом k_H .

Глубина разработки H , м	640	740	840	940	1040
k_H	0,85	1,0	1,1	1,15	1,2

Значение коэффициента k_H получено на основании анализа смещений пород и затрат на поддержание выработок при различных глубинах разработки.

Тогда смещения на глубинах, отличающихся от 740 м, могут быть определены по формуле

$$u_H = u_I k_H.$$

§ 4. Сползание пород в подготовительных выработках

Смещения пород наиболее интенсивно протекают в зоне максимального влияния опорного давления лавы. На этом участке имеют место завалы штреков, вызванные сползанием пород кровли или почвы пласта.

Анализ 97 случаев завалов штреков (табл. 19) свидетельствует о том, что наибольшее число завалов (61%) происходит в районе сопряжения штрека с очистным забоем.

Таблица 19

Сползание	Число завалов			
	всего	впереди лавы (более 25 м)	в районе сопряжения с лавой (-20 ÷ 30 м)	позади лавы (более 30 м)
Кровли	60 (100)*	10 (16)	34 (57)	16 (27)
Почвы	37 (100)	6 (17)	25 (66)	6 (17)
Итого. . .	97 (100)	16 (17)	59 (71)	22 (22)

* В скобках приведены цифры в %.

Довольно высокий процент составляют завалы позади лавы. Это в основном завалы, связанные с ремонтом выработок.

Размеры завалов по простиранию колеблются от 6 до 80 м, однако наиболее часто завалы штреков под лавой происходят на участке 15—40 м.

Анализ завалов штреков в зависимости от способов охраны (табл. 20) показал, что наибольшее их число происходит при охране искусственными целиками.

Случаи завалов при охране угольными целиками относятся к целикам малых размеров и сравнительно мягким углям, т. е. к условиям, когда происходит раздавливание и высыпание целиков.

Сползание почвы или кровли пласта при охране штреков угольными целиками происходит главным образом в створе с лавой или позади нее, в отличие от искусственных целиков, где большой процент завалов относится

участкам штреков в районе опережающей печи. Это можно объяснить тем, что проведение передовых печей значительно ослабляет устойчивость пород на сопряжении штрека с очистным забоем и замена угольных целиков искусственными лишает породы естественного подпора и происходит значительное их расслоение. Не случайно, что в 70% анализируемых случаев высота сползания слоя была равна или близка высоте печи.

Из анализа следует, что в 80% случаев сползание пород произошло по плоскостям ослабления на контакте слоев: «по кучерявичику», углестому сланцу или обводненному сланцу. Наличие слабого слоя внутри пород непосредственной кровли или почвы является в большинстве случаев обязательным для формирования условий сползания. Сползание наиболее вероятно тогда, когда этот слой подсечен при проведении выработки (74% завалов, связанных со сползанием почвы, и 84% завалов от сползания кровли произошли при подрывке таких пород).

Мощность сползающего слоя пород изменяется от 0,5 до 2,5 м. Основным технологическим фактором, обуславливающим сползание, является подрезка кровли при проведении штреков, склонных к сползанию пород, на величину более 25% их мощности.

Сползание пород кровли может произойти и без подрывки ее при проведении. Деформация пород всякого бока ведет нередко к тому, что перемятые породы выдавливаются, а иногда и высыпаются в штрек и происходит как бы самоподрывка пород кровли над крепью. Если закрепное пространство при такой самоподрывке плохо забучено (или вообще не забучено), может произойти сползание кровли. В любом случае тщательная забучка не позволяет сползающим породам динамически воздействовать на крепь штрека и устраняет тем самым внезапность завала.

Таблица 20

Способ охраны штрека	Число завалов	
	всего	%
Угольные целики	11	11,3
Искусственные целики	65	67
Завалы, не связанные со способом охраны штреков	21	21,7
Итого	97	100

Сползанию, связанному с отрывом некоторой толщ породы от остального массива, предшествует их расслоение. Исследование смещения пород с помощью глубинных реперов показывает, что процесс расслоения начнется впереди лавы.

Данные о расслоении массива вокруг откаточного штрека представлены на рис. 21—26. Смещение массива вблизи выработок представлено на графиках как разность между смещениями контура сечения штрека и точкой массива, где закреплен глубинный репер. Точка

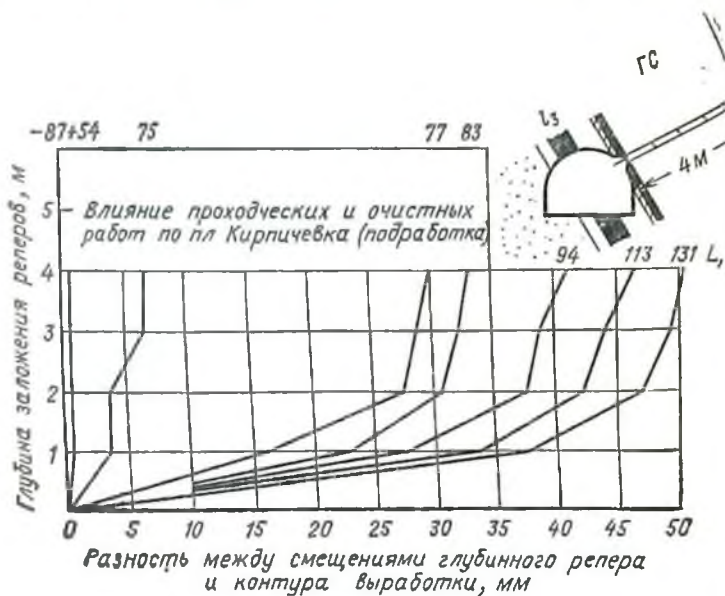


Рис. 21. Смещение глубинных реперов в откаточном штреке пласта L_3 (гор. 816 м, шахта им. Ф. Э. Дзержинского)

перегибов на графиках смещений глубинных реперов соответствуют границе зоны развития расслоения пород.

Глубинные реперы в откаточном штреке пласта L_3 шахты им. Ф. Э. Дзержинского были заложены в однородных породах, представленных глинистыми сланцами средней крепости и устойчивости (рис. 21). Охрана штрека осуществлялась угольными целиками $4,5 \times 6$ м. Мощность пласта 0,9 м.

Максимальное сближение контурных реперов (в направлении, перпендикулярном к напластованию пород) за период наблюдения от -87 м до $+54$ м от лавы составило 38 мм. Четырехметровая толща пород смещалась почти без расслоения. Увеличение расслоения пород связано главным образом с влиянием проходческих и очистных работ по пласту l_2^1 , лежащего в почве пласта l_3 на расстоянии 14 м. На конец наблюдения расстояние от замерной станции до проходческого забоя по пласту l_2^1 составило $+115$ м, а до очистных работ -24 м. Сближение контурных реперов составило 112 мм, а расслоение четырехметровой толщи — 51 мм; наибольшая величина расслоения (38 мм) приходится на прилегающую к выработке метровую толщу пород.

Примерно в аналогичных горно-геологических условиях были установлены глубинные реперы в откаточном штреке пласта m_3 шахты им. М. И. Калинина (рис. 22).

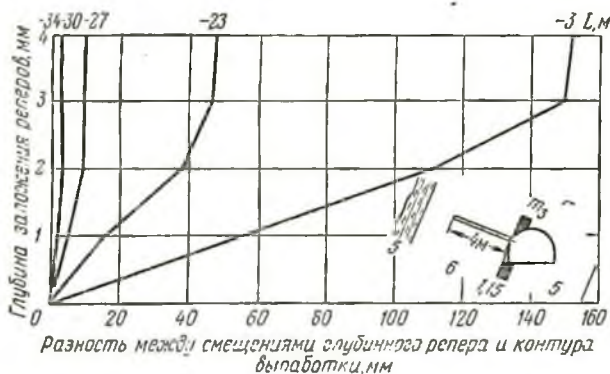


Рис. 22. Смещение глубинных реперов в откаточном штреке пласта m_3 (гор. 740 м, шахта им. М. И. Калинина)

Из существенных различий можно отметить большую мощность пласта ($1,5$ м) и охрану откаточного штрека искусственными целиками.

В -27 м от лавы максимальное сближение контурных реперов составило 600 мм, незначительное расслоение (около 10 мм) отмечается только в двухметровой толще пород. Увеличение сдвижения массива отмечается в -23 м от лавы, что связано с наличием опережающей

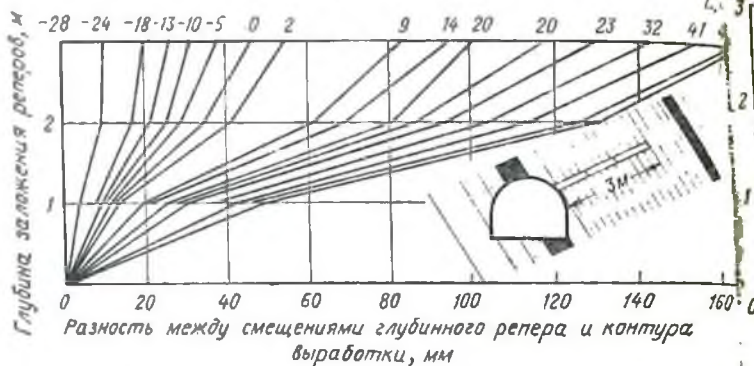


Рис. 23. Смещение глубинных реперов в откаточном штреке пласта k_4^1 (гор. 716 м, шахта «Юнком»)

печи длиной 19 м. На расстоянии от лавы —3 м сближение контурных реперов составило 340 мм. Интенсивному расслоению пород (150 мм) подвергалась трехметровая толща массива; дальнейшие наблюдения за смещением глубинных реперов были прекращены, так как скважина была пережата.

Тяжелые условия поддержания откаточного штрека пласта k_4^1 шахты «Юнком» заставили иметь опережение забоя штрека не более 50 м и перейти на безмеханическую выемку пласта. Глубинные реперы на этом участке были заложены в однородных песчаных сланцах. Охрана откаточного штрека осуществлялась искусственными целиками. Как видно из рис. 23, отсутствие опережающей печи благоприятно отразилось на характере смещения пород: впереди лавы отмечался равномерный процесс расслоения пород по мере приближения очистных работ. На участке —28 м максимальное сближение контурных реперов составило 292 мм, расслоение трехметровой толщи —45 мм. Сближение контурных реперов в 58 м за лавой составило 797 мм, расслоение трехметровой толщи —165 мм. Наиболее нарушенным участком оказался слой массива между реперами 1 и 2.

Замерные станции в откаточном штреке пласта k_4^1 шахты им. М. И. Калинина были установлены в неоднородных породах (рис. 24). Охрана штрека осуществ-

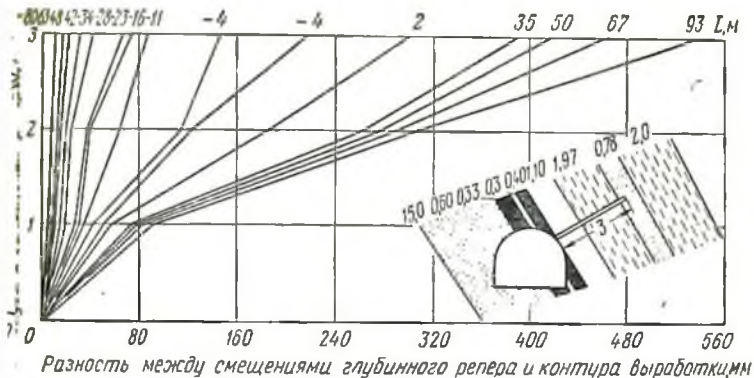


Рис. 24. Смещение глубинных реперов в откаточном штреке пласта τ_5 (гор. 740 м, шахта им. М. И. Калинина)

лялась искусственными целиками. Мощность пласта 1,03 м. Интенсивное смещение зафиксировано в районе опережающей печи и после прохождения лавы. Сближение контурных реперов в -23 м от лавы составило 85 мм, расслоение трехметровой толщи — 67 мм. В 93 м от лавы сближение достигло 810 мм, расслоение — 530 мм. Значительное расслоение (220 мм) произошло на контактах между слоями на глубине 2 и 3 м.

В неоднородных породах были установлены также глубинные реперы в откаточном штреке пласта k_3^H шахты им. Ф. Э. Дзержинского. Увеличение смещения и расслоения пород в районе лавы происходило без скачков (рис. 25), что объясняется охраной штрека угольными целиками (размер целика $4,5 \times 8$ м; мощность пласта 0,75 м).

На участке $-62 \div -18$ м от лавы максимальное сближение контурных реперов составило 200 мм. Разница в смещениях между контуром выработки и репером на глубине 5 м составила 133 мм. Дальнейшее подвигание лавы (с -18 до -2 м) вызвало дополнительное сближение контурных реперов на 150 мм и дополнительную разницу в смещениях для пятиметровой толщи массива в 54 мм; при подвигании лавы с -2 м до $+26$ м — соответственно 140 мм и 53 мм. Наибольшее расслоение отмечено в толще массива между реперами на глубине 1

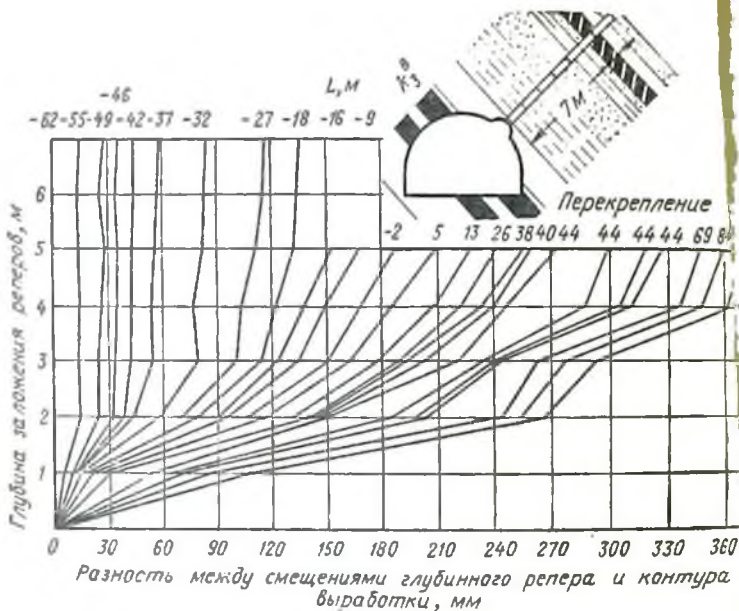


Рис. 25. Смещение глубинных реперов в откаточном штреке пласт. — k_3^H (гор. 816 м, шахта им. Ф. Э. Дзержинского)

и 2 м, а наименьшее — между реперами на глубине 4 и 5 м.

Подвигание лавы относительно замерной станции на 18 м (+26 ÷ +44 м) вызвало сближение контурных реперов на 150 мм, а разницу в смещениях между контуром выработки и репером на глубине 5 м увеличило на 32 мм. После перекрепления сближение контурных реперов увеличилось на 160 мм, а расслоение — на 53 мм. Наибольшая величина расслоения в этот период отмечается в массиве между реперами на глубине 1 и 2 м.

При опережении лавы замерной станции на 69 м сближение контурных реперов увеличилось на 100 мм, а разница в смещениях между контуром выработки и репером на глубине 5 м — на 19 мм.

Наблюдения были прекращены, когда лава находилась от замерной станции на расстоянии 104 м. За 235 сут сближение контурных реперов достигло 1000 мм, а разница в смещениях между контуром выработки и репером на глубине 5 м — 372 мм.

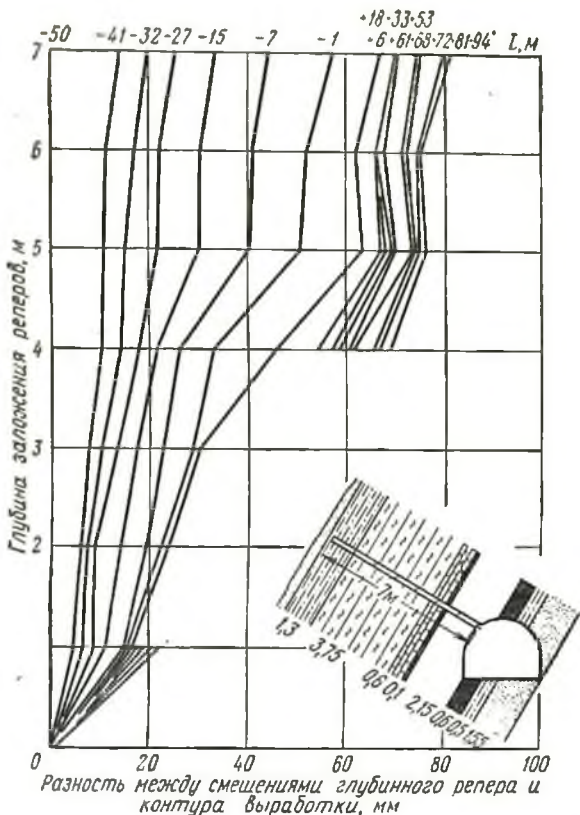
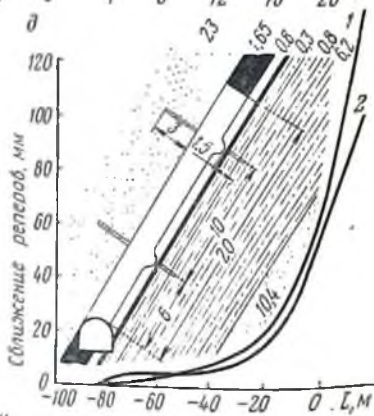
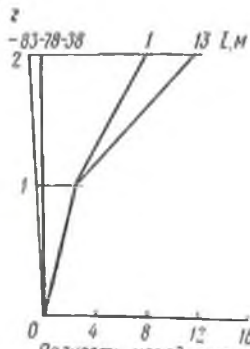
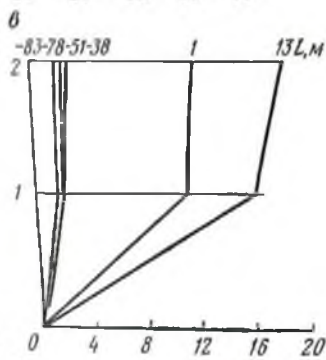
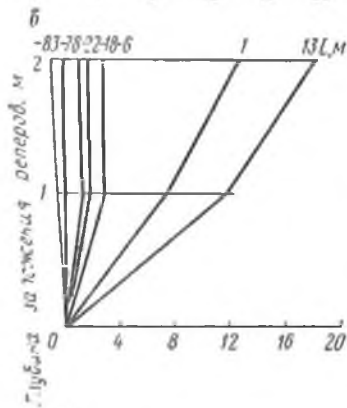
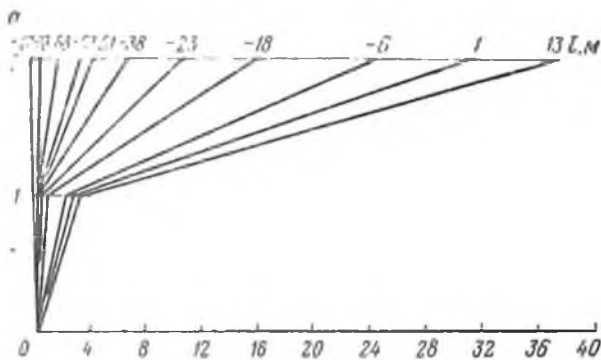


Рис. 26. Смещение глубинных реперов в откаточном штреке пласта k_2^1 (гор. 860 м, шахта «Кочегарка»)

Наблюдения за смещением пород при глубине заложения реперов 7 м были проведены в откаточном штреке пласта k_2^1 шахты «Кочегарка» (рис. 26). Охрана штрека осуществлялась искусственными целиками. Мощность пласта 0,65 м.

Максимальное сближение контурных реперов за весь период наблюдений достигло 440 мм, а разница в смещениях между контуром выработки и репером на глубине 7 м — 82 мм. Впереди лавы сближение контурных реперов составило 98 мм. Наибольшее расслоение (око-



Разность между смещениями
контура выработки и глубин-
ного репера, мм

ло 11 мм) отмечается в метровой толще, в глинистых сланцах, в массиве между четвертым и пятым глубинными реперами и в песчано-глинистых сланцах.

В районе активного влияния лавы $(-15) \div (+6 \text{ м})$ дополнительное сближение контурных реперов составило 132 мм. Значительное расслоение (около 30 мм) отмечается в толще песчано-глинистых сланцев. В дальнейшем смещение и расслоение пород стали затухать. За 80 сут наблюдений $(+6 \div +94 \text{ м от лавы})$ сближение контурных реперов составило 210 мм. Наибольшее расслоение отмечается в пятиметровой толще массива.

Наблюдения с помощью глубинных реперов, установленных в штреке, позволили изучить процесс смещения и расслоения толщи массива до 7 м. Смещение пород в приштрековой зоне на больших глубинах изучалось в специальных гезенках.

На шахте им. К. А. Румянцева гезенк был пройден по пласту k_7 на гор. 730 м. Глубинные реперы в гезенке устанавливались на расстоянии по восстанью 6 и 16 м от штрека. В этих же местах производились замеры сближения кровли и почвы по контурным реперам. Данные замеров в зависимости от расстояния до лавы приведены на рис. 27.

Опережение нижней печи составляло 20 м, высота печи — 10 м. В печи оставлялись угольные целики размером $6 \times 3,6 \text{ м}$.

Сближение контурных реперов в гезенке на линии забоя опережающей печи составило: на расстоянии 6 м от штрека — 20 мм, на расстоянии 16 м от штрека — 22 мм. Сближение контурных реперов в штреке перпендикулярно напластованию за этот же период составило около 10 мм.

Наибольшее расслоение пород отмечается между реперами на глубине 1 и 2 м, заложенными в кровле пласта на расстоянии 6 м от штрека. Сближение контурных и глубинных реперов кровли и почвы составило соответственно 20, 19 и 5 мм. Это говорит о том, что активный процесс смещения пород охватывает трехметровую толщу массива.

Рис. 27. Смещение глубинных реперов в породах откаточного штрека пласта k_7 (гор. 730 м, шахта им. К. А. Румянцева):

a — в кровле и b — в почве в 6 м от штрека; v — в кровле и z — в почве в 16 м от штрека; d — сближение контурных реперов: 1 — в 6 м от штрека и 2 — в 16 м от штрека

Величины сближения реперов на расстоянии 16 м от шторка составили соответственно 22, 17 и 16 мм. Очевидно, что смещения тут охватывают большую, хотя и менее расслоившуюся, толщу массива.

На уровне забоя лавы процесс расслоения увеличивается, особенно в кровле гезенка. На расстоянии 6 м от шторка двухметровая толща пород кровли расслоилась в 2,8 раза, а почвы — в 1,55 раза больше, чем в верхней части гезенка.

Сближение реперов в нижней части гезенка составило: контурных — 70 мм, заложенных на глубине 1 м — 60 мм, на глубине 2 м — 26 мм; в верхней — соответственно 60, 47 и 41 мм. Активный процесс смещения распространялся в глубь массива.

Смещение контурных реперов в шторке перпендикулярно напластованию за этот же период составило 20 мм. Меньшие значения сближения реперов в шторке, чем в гезенке, объясняются характером смещения пород относительно контура шторка; максимальное сближение реперов отмечается по напластованию пород в почве пласта (70 мм) и связано со сползанием слоя глинистых и песчано-глинистых пород почвы.

Экспериментальный гезенк на шахте им. М. И. Калининна был оборудован в откаточном шторке пласта k_2^5 на гор. 740 м. Охрана откаточного шторка осуществлялась искусственными целиками из костровой крепи. Размеры нижней печи составляли 20 м по простиранию и 8 м по восставанию.

Инструментальные наблюдения в гезенке были начаты на расстоянии 30 м впереди лавы.

Расслоение пород в нижней и верхней частях гезенка оказалось примерно равным (рис. 28). Сближение реперов на расстоянии 6 м от шторка составило: контурных — 32 мм, глубиной 2 м — 29 мм, глубиной 3 м — 28 мм; на расстоянии 16 м от шторка: контурных — 15 мм, глубиной 1 м — 13 мм, глубиной 2 м — 12 мм, глубиной 3 м — 12 мм. В гезенке пласта k_5^2 в отличие от экспериментального участка в откаточном шторке пласта k_7 , где охрана осуществлялась угольными целиками, активный процесс смещения охватывает большую по глубине зону в нижней части гезенка. За лавой более интенсивное сближение кровли и почвы в гезенке имело место в верхней его части.

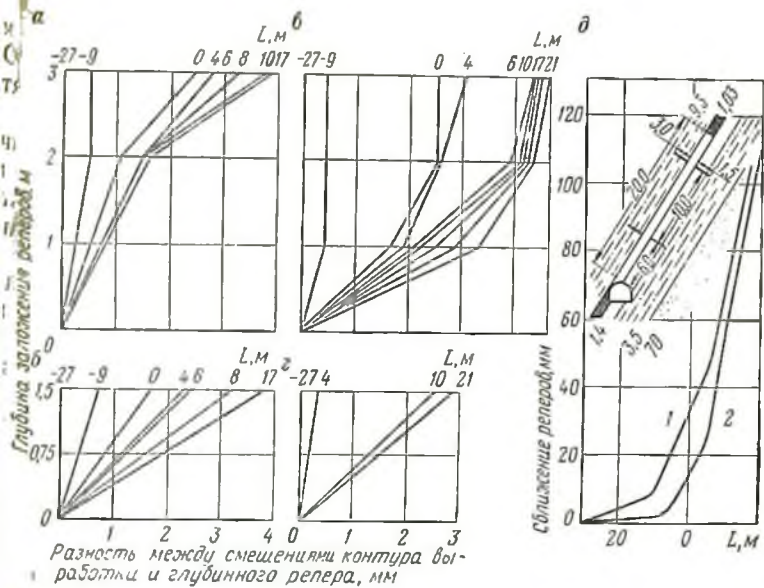
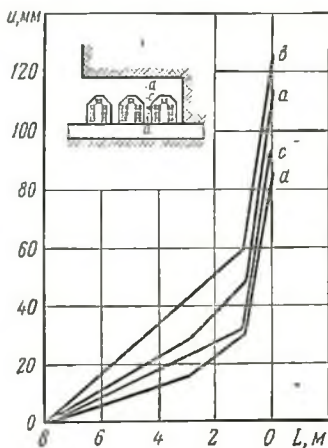


Рис. 28. Смещение глубинных реперов пород откаточного штрека пласта $k \frac{2}{5}$ (гор. 740 м, шахта им. М. И. Калинина): а — в кровле и б — в почве в 6 м от штрека; в — в кровле и г — в почве в 16 м от штрека; д — сближение контурных реперов; 1 — в 6 м от штрека и 2 — в 16 м от штрека

Рис. 29. Сближение кровли с почвой в нижней печи пласта $z \frac{1}{7}$ гор. 730 м при охране откаточного штрека искусственными целиками (шахта им. К. А. Румянцева)



Наблюдения за смещением пород в приштрековой зоне включали замеры сближения кровли и почвы в нижней печи в зависимости от расстояния выработки до забоя лавы (рис. 29 и 30). Результаты наблюдений по-

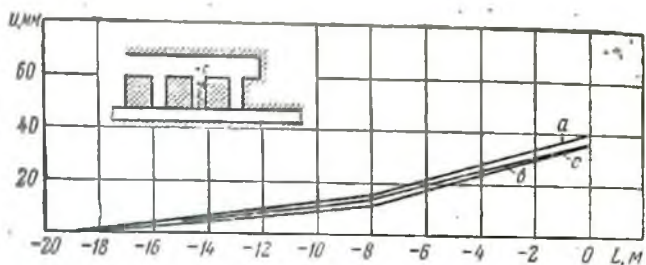


Рис. 30 Сближение кровли с почвой в нижней печи пласта k_7 г. 730 м при охране откаточного штрека угольными целиками (шахта им. К. А. Румянцева)

казали, что величины сближения кровли и почвы в печи уменьшаются по мере удаления от штрека и наиболее интенсивно нарастают в зоне очистных работ. При охране штрека угольными целиками отмечаются меньшие величины смещений на уровне забоя лавы.

На основании анализа фактического материала и инструментальных наблюдений процесс формирования условий сползаний пород может быть представлен следующим образом.

Впереди зоны опорного давления лавы происходит незначительное расслоение пород, связанное с проведением штрека. В зоне опорного давления расслоение увеличивается и в опережающую печь породы попадают с нарушенной природной структурой, где происходит значительная интенсификация смещений пород. При этом смещения у границ печи меньше, чем в самой печи, вследствие чего на кромке массива формируется зона с большими растягивающими напряжениями.

Когда эти напряжения превосходят предел прочности пород на разрыв, возможно образование трещин (линии разрыва пород). Образуется своеобразная плита (блок) покоящаяся на крепи печи и частично на крепи штрека. Если масса такого блока больше, чем несущая способность крепи, он может сползти и вызвать завал выработки. С учетом динамического воздействия сползающих пород на крепь несущая способность крепи значительно уменьшается, при этом даже небольшие по массе отслоившиеся породы могут привести к завалу. Объем сползающих пород зависит от величины подрывки при проведении штрека и наличия плоскости ослабления между слоями, по которой возможен обрыв пород.

§ 5. Надрработка и подработка штреков

Подготовительные выработки поддерживаются в большинстве случаев в условиях влияния разработки соседних пластов.

Состояние выработок зависит от расположения их по отношению к границам очистных работ надрбатываемых пластов. Это особенно четко прослеживается в групповых штреках, пройденных по пустым породам или нерабочим пластам и расположенных на различном удалении от почвы надрбатываемого пласта. Чтобы исследовать устойчивость выработок при надрботке, в различных горно-геологических условиях были проведены наблюдения за смещением пород (табл. 21).

Ниже приведены результаты исследований по некоторым из наблюдательных станций.

На шахте им. К. Е. Ворошилова пласт m_3 отработывался через гезенки на полевой штрек, расположенный на расстоянии 14 м от пласта (рис. 31).

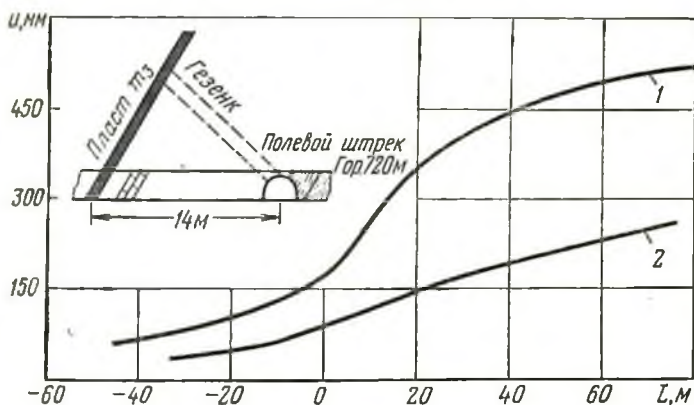


Рис. 31. Смещение пород в полевом штреке гор. 720 м при надрботке пластом m_3 (шахта им. К. Е. Ворошилова): 1 — сближение стенок по нормали к напластованию; 2 — пучение почвы

При приближении очистных работ к замерным пунктам в первую очередь проявляются пучение почвы и сближение боков штрека. На расстоянии 30 м от лавы сближение боков штрека достигло 80 мм, пучение почвы — 60 мм. Скорость сближений в этот период была около 4 мм/сут.

Выработка	Глубина расположения выработки, м	Индекс наработки валящего пласта	Мощность пласта, м	Расстояние по нормали от пласта до выработки, м	Состав пород междупластья	Сближение стенок выработок в 40 м за сроком наработки валящего пласта, мм
Западный групповой откаточный штрек шахты «Юнком»	645	l_2	1,0	16	глинистые сланцы (57%), песчанистые сланцы (43%)	220
Западный групповой откаточный штрек шахты им. М. И. Калинина	630	m_5	1,1	36	песчанистый сланец (70%), глинистый сланец (30%)	242 147
Восточный групповой откаточный штрек шахты им. К. Е. Ворошилова	630	m_0	0,8	36		
Западный полевой штрек восточный полевой штрек шахты им. Артема	720	m_3 m_3	1,4	9	глинистые сланцы	420 400
	720		1,3	9		
Шахта им. Артема западный полевой штрек восточный полевой штрек	740 740	m_4 m_4	0,6 0,6	20 20	песчаник (50%), песчанистый сланец (50%)	330 208

Продолжение табл. 21

	Глубина расположения выработки, м	Индекс наработки валящего пласта	Мощность пласта, м	Расстояние по нормали от пласта до выработки, м	Состав пород междупластья	Сближение стенок выработок в 40 м за сроком наработки валящего пласта, мм
западный полевой штрек восточный полевой штрек	740 740	l_3 l_3	1,1 1,2	16 12	глинистый сланец (50%), песчанистый сланец (50%)	410 490
восточный полевой штрек	740	l_1^0	1,0	4	глинистый сланец	850
Западный штрек по l_1^0 шахты им. Ф. Э. Дзержинского	740	l_2^1	0,9	22	глинистый сланец (40%), песчанистый сланец (60%)	140
Восточный групповой штрек шахты им. Ф. Э. Дзержинского	716	l_2	1,0	18	глинистый сланец (30%), песчанистый сланец (70%)	110
Западный групповой штрек шахты «Красный Профинтерн»	716	l_3	0,7	32	глинистый сланец (40%), песчанистый сланец (60%)	100
Западный групповой штрек шахты им. Карла Маркса	645	l_3	1,2	18	песчанистый сланец (40%), песчаник (60%)	100
Западный групповой штрек шахты им. Карла Маркса	625	l_3	1,4	16	песчаник	80

В 60—70 м позади лавы сближение боков штрека достигло 470 мм. Крепь была деформирована.

Опускание пород кровли штрека происходило с некоторым запозданием от сдвижений висячего бока. Максимальная скорость опускания кровли проявляется на расстоянии 40 м от конца лавы, т. е. там, где разрушившиеся породы висячего бока не препятствуют сползанию кровли штрека.

Наблюдения показали, что на расстоянии 70 м позади лавы интенсивность смещения пород уменьшается. После перекрепления сечение штрека продолжает уменьшаться вследствие деформации крепи; в местах подрывки почва снова пучит. Причина такого явления заключается в следующем. Полевой штрек попадает не только в зону временного опорного давления, но подвержен также влиянию целика, под кромкой которого он расположен. Обработка поикетных данных, характеризующих затраты на ремонт западного и восточного полевого штрека, показала, что стоимость поддержания 1 м выработки составляет 70 руб.

В западном групповом штреке шахты «Юнком» смещение реперов началось в 80 м от лавы. На расстоянии 40 м впереди лавы скорость сближения боков штрека составляла около 0,6 мм/сут. В момент, когда забой надрабатывающей лавы и наблюдаемые реперы находились в одной вертикальной плоскости, скорость сближения достигала 4 мм/сут. На расстоянии 80 м за лавой скорость сближения боков штрека составляла 0,2—0,3 мм/сут. За время наблюдений (6 мес) максимальная величина сближения кровли штрека с почвой достигла 180 мм, сближение боков — 230 мм.

Смещение пород по контуру штрека было неравномерным: сближение стенок штрека происходило за счет выдавливания глинистого сланца со стороны висячего бока. С этой же стороны деформировалась крепь. Песчанник, находящийся в лежащем боку штрека, и крепь, примыкающая к нему, не деформировались.

Интенсивность сближения пород стенок штрека и смещение кровли были различными. В начальной стадии процесса смещения висячий бок деформировался интенсивнее, кровля почти не двигалась. После того как породы висячего бока разрушились, пришла в движение кровля. Скорость смещения кровли штрека (до 10 мм/сут)

была в 2 раза больше, чем скорость смещения пород висячего бока. До разрушения и частичного высыпания пород висячего бока слои кровли были как бы защемлены лежащим и висячим боком. В момент, когда породы висячего бока переходят в стадию разрушения, происходит сползание кровли, причем это явление носит часто внезапный характер. Свидетельством этому являются завалы в групповом штреке в зоне влияния очных работ пласта l_1 . Ремонт группового штрека вызван в основном временным опорным давлением, развивающимся под влиянием разработки пласта. После перекрепления (под выработанным пространством) состояние группового штрека удовлетворительное. На гор. 740 м шахты им. Артема отработку пласта k_7^{1-H} осуществляли через промежуточные квершлагги и полевой штрек.

Такой порядок отработки пласта вызван тем, что пластовый штрек сильно деформируется под влиянием опорного давления и поддержание его сопряжено с большими трудностями. В пластовом откаточном штреке пучение почвы достигает 1 м, сближение боков — 0,9 м. Сечение штрека на расстоянии 20—30 м впереди лавы уменьшается на 50—60%. Инструментальные наблюдения за сдвижением пород проводились в западном и восточном полевых штреках.

Условия наработки штреков отличались лишь скоростью подвигания лав по пласту k_7^{1-H} : на западе она составляла 15—20 м/мес, на востоке 35—40 м/мес.

Это внесло некоторое различие в смещения пород в этих штреках. Инструментальные наблюдения показали, что в течение первых трех месяцев наблюдений контур штрека деформировался незначительно.

Пучение почвы за это время составило всего 50 мм, опускание кровли — 40 мм, сближение боков штрека по нормали к напластованию — 100 мм. Характерным в это время было то, что приращение смещений на всех замерных пунктах было почти одинаковым. На рис. 32 приведены графики смещений и их скорости.

Как видим, на отрезке $(-120) \div (-62)$ м скорость смещений почти постоянна и составляет 0,8—1 мм/сут.

По мере приближения лавы скорость смещений пород на контуре штреков увеличивается и достигает своего максимального значения: на западном крыле — на расстоянии 18—20 м впереди лавы, на восточном — на

уровне лавы. Сравнение графиков 1 и 2 показывает, что при большей скорости продвижения очистного забоя его влияние сказалось ближе к линии забоя и максимум скоростей смещений в надрабатываемом штреке проявлялся на уровне лавы. При большей скорости продвижения смещения на контуре штрека были меньше.

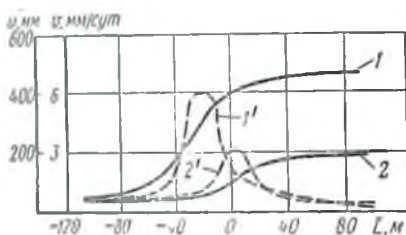


Рис 32 Смещение пород в зависимости от скорости продвижения надрабатывающей лавы:

1 — сближение стенок штрека при скорости продвижения лавы 15–20 м/мес. 2 — то же при скорости 35–40 м/мес. 1', 2' — скорость сближения стенок штрека соответственно при скорости продвижения лавы 15–20 и 35–40 м/мес

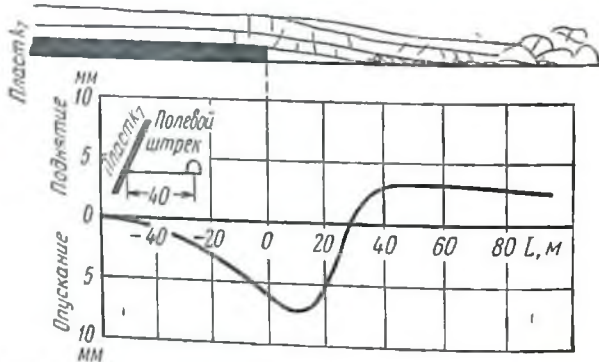


Рис 33 Смещение кровли полевого штрека при надработке пластом k_7 (шахта им. М. И. Калинина, гор. 630 м)

Как показали инструментальные наблюдения, групповой откаточный штрек гор. 630 м шахты им. М. И. Калинина при надработке пластом k_7 в зоне временного опорного давления значительно деформируется: сближение стенок штрека по нормали к напластованию составляет 550 мм, пучение почвы — 700 мм. На рис. 33 пред-

ставлены результаты нивелирования реперов, заложенных в кровле штрека, свидетельствующие о том, что под выработанным пространством надрабатывающей лавы произошло упругое восстановление (разгрузка) пород почвы пласта.

Часть штрека за лавой, которая была перекреплена и в последующем располагалась под выработанным пространством, находилась в хорошем состоянии в течение всего срока службы.

Приведенные выше примеры показывают, что в зависимости от охраны откаточного штрека надрабатывающего пласта полевые выработки могут оказаться в условиях полностью надработанного массива либо в зоне влияния остаточного опорного давления.

В первом случае на надрабатываемую выработку влияет только временное опорное давление. Его влияние прекращается на расстоянии 20—80 м (в зависимости от горно-геологических условий) за лавой и дальше выработки попадают в зону разгрузки.

Во втором случае надрабатываемые выработки подвергаются влиянию не только временного опорного давления, но и давления на оставленный выше выемочного штрека целик.

Инструментальные наблюдения в групповом откаточном штреке пласта m_4^5 шахты им. М. И. Калинина, показали, что на смещение пород в штреке оказала влияние разработка пластов m_3^1 и m_5 , находящихся в кровле пласта m_4^4 на расстоянии 58 и 50 м соответственно. На рис. 34 показано изменение скорости смещения пород в зависимости от расстояния до очистных работ. Влияние очистных работ пласта m_3^1 было отмечено в 55 м впереди лавы, а максимальная скорость смещения пород (4,8 мм/сут) — в диапазоне —1 ÷ +15 м от лавы. В 55 м за лавой скорость смещения снизилась до 0,7 мм/сут. Вторично влияние надработки штрек испытал при подходе очистных работ пласта m_5 . В 85 м впереди лавы скорость смещения пород стала заметно расти и достигла своего максимального значения на расстоянии 30—20 м впереди лавы (5,2 мм/сут). На расстоянии 40 м за лавой скорость снизилась до 0,4 мм/сут.

Дополнительные смещения от влияния пласта m_5 составили 160 мм, а от влияния пласта m_3^1 — 225 мм, не-

смотря на то, что пласт m_5 расположен ближе к надрабатываемому штреку. Это объясняется положительным влиянием предварительной подработки группового штрека пластом m_5^1 .

Инструментальные наблюдения были проведены в этой группе пластов и на вентиляционном горизонте. Влияние разработки пластов на состоянии группового штрека оказалось в этом случае меньшим (рис. 35). Максимальная скорость при влиянии очистных работ

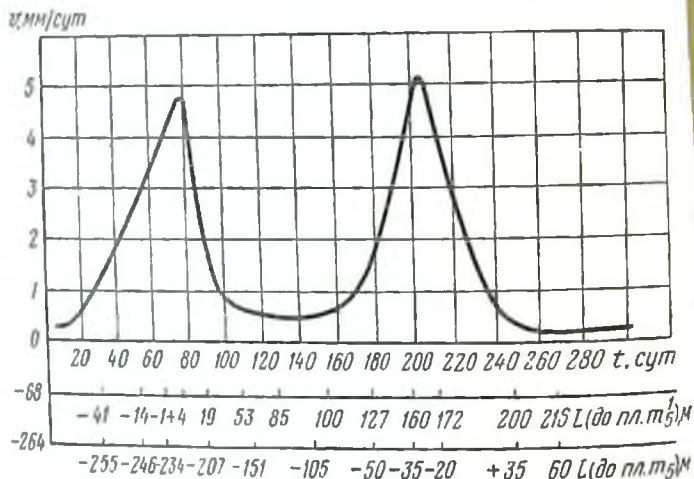


Рис. 34. Скорость смещения пород в групповом полевом откаточном штреке пласта m_4^1 при надработке пластами m_5 и m_5^1 (шахта им. М. И. Калинина, гор. 740 м)

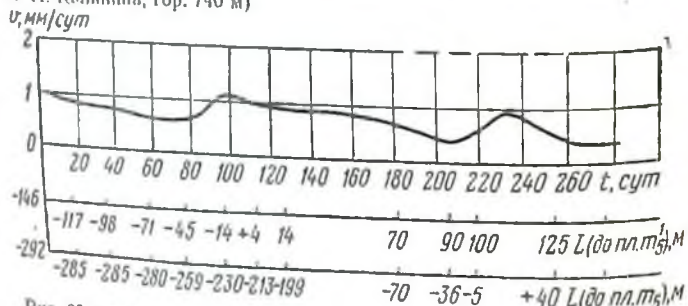


Рис. 35. Скорость смещения пород в групповом полевом вентиляционном штреке при подработке пластами m_4^1 , m_5 и m_5^1 (шахта им. М. И. Калинина, гор. 630 м)

пласта m_5^1 равна 1,1 мм/сут на расстоянии $(-16) \div (-12)$ м от лавы. В зоне влияния пласта m_5 максимальная скорость равна 0,9—1 мм/сут на расстоянии $0 \div 10$ м от лавы.

Наблюдения за состоянием откаточного штрека пласта l_2^1 , поддерживаемого под выработанным пространством пласта l_3 (шахта им. Ф. Э. Дзержинского, гор. 816 м), показали (рис. 36), что смещения в этом слу

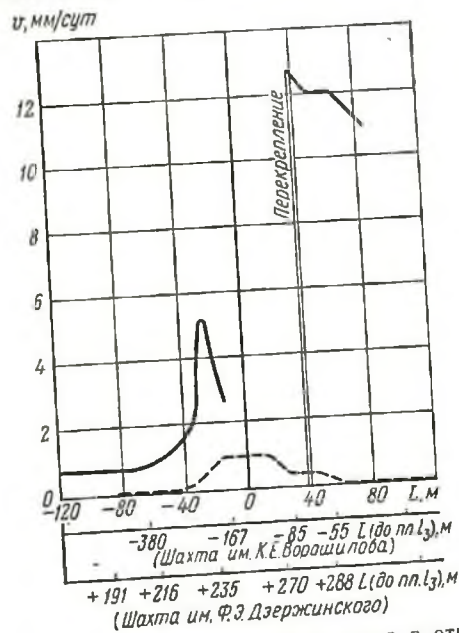


Рис. 36. Скорость смещения пород в откаточных штреках пласта l_2^1 шахты им. К. Е. Ворошилова, гор. 940 м (сплошная линия) и шахты им. Ф. Э. Дзержинского, гор. 816 м (пунктирная линия)

были значительно меньше, чем при проведении штрека с опережением очистных работ пласта l_3 (шахта им. К. Е. Ворошилова, гор. 940 м). Расположение штрека в незгруженной зоне привело к его ремонту в 12 м впереди лавы пласта l_2^1 и повторному ремонту в зоне влияния опорного давления пласта l_3 .

Смещение пород на контуре штреков в зависимости от расстояния до забоя надрабатывающей лавы имеет общие закономерности: скорость смещений сначала возрастает до некоторого максимального значения, а затем постепенно уменьшается, асимптотически приближаясь к оси абсцисс. Интегральная кривая скорости — величина смещений также имеет предел, характеризующий собой условия среды и параметры заложения выработки.

Сближение стенок надрабатываемых штреков по нормали к напластованию, как наиболее характерный вид деформации, определено через относительный коэффициент ϵ , равный отношению сближения на данном расстоянии от забоя лавы к сближению на расстоянии 40 м за лавой.

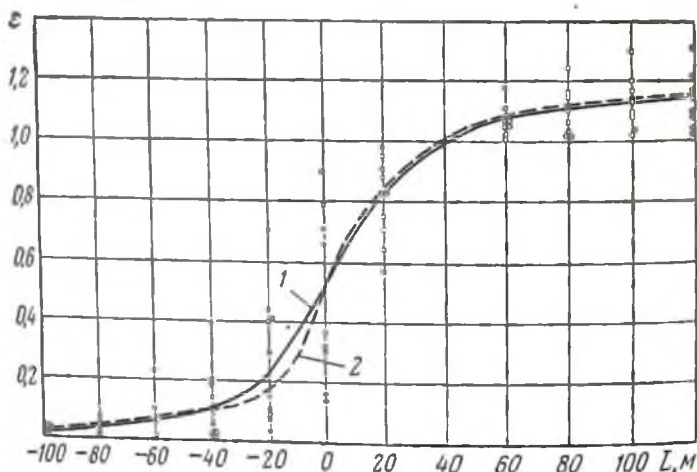


Рис. 37. Поле корреляции ϵ по L и его эмпирическая (1) и теоретическая (2) линия регрессии

На рис. 37 приведено поле корреляции, где по оси абсцисс нанесены значения аргумента L , а по оси ординат — значения функции ϵ .

Зависимость между ϵ и L была найдена в виде двух сопряженных гипербол:

$$\epsilon_1 = \frac{a_1}{b_1 + L} \quad (L < 0); \quad (11)$$

$$\epsilon_2 = a_2 + \frac{b_2 L}{L + c} \quad (L \geq 0). \quad (12)$$

Зависимость между ϵ и L позволяет определить максимальные смещения:

$$u_{\max} = \frac{u_3}{\varphi(\epsilon_{\infty})} \quad (13)$$

В окончательном виде эта зависимость выражается следующей функцией:

$$u_{\max} = \frac{u_3 (24 + L_3)}{19,25 + L_3}$$

где u_3 — замеренная позади лавы величина сближения стенок штрека;

L_3 — расстояние, на котором определено u_3 .

Обработка шахтных наблюдений по приведенной выше методике позволила получить сопоставимые относительно расстояния до забоя лавы величины смещений, которые ниже анализируются с точки зрения влияния мощности надрабатывающего пласта и расстояния от штрека до пласта.

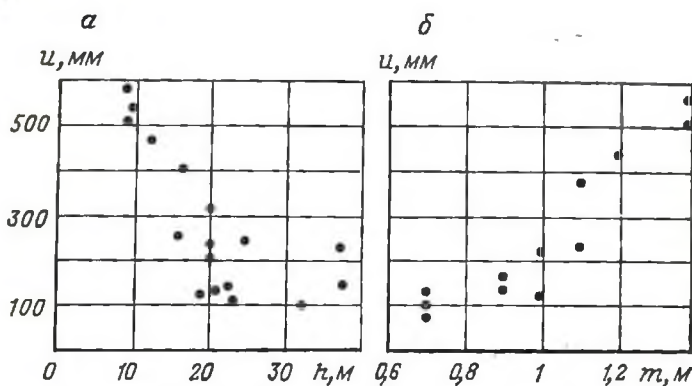


Рис. 38. Влияние расстояния по нормали от надрабатывающей лавы до полевого штрека (а) и мощности надрабатывающего пласта (б) на смещение пород

На рис. 38 представлены корреляционные поля, характеризующие смещения в штреках от расстояния до пласта по нормали (h) и его мощности (m). Из рис. 38 следует, что в расположении точек поля прослеживается следующая закономерность: с увеличением h смещения уменьшаются, с увеличением m они возрастают. За па-

параметр, определяющий устойчивость надрабатываемых штреков в зоне временного опорного давления, целесообразно принять кратность надработки $\frac{h}{m}$.

Величина максимальных смещений стенок штрека в зависимости от кратности надработки (k_n) может быть определена из выражения:

$$u_n = 125 + \frac{2440}{k_n} (4 \leq k_n \leq 45). \quad (15)$$

Эта зависимость справедлива для условий, когда породы междупластья и породы, по которым пройдены штреки, представлены песчано-глинистыми сланцами.

Вопрос количественного влияния состава пород междупластья исследован недостаточно, однако по результатам шахтных наблюдений установлено, что наличие прочных пород в междупластье уменьшает степень влияния надработки.

Расчеты смещений по формуле (15) дают хорошую сходимость для условий, когда рассматривается участок штрека за лавой на расстоянии более 40 м. В зоне, непосредственно примыкающей к лаве, т. е. в зоне интенсивных смещений, расхождения между замеренными и вычисленными по этой формуле величинами смещений весьма существенны (до 40%).

Для решения ряда практических задач требуется знание величины смещений в надрабатываемых штреках в конкретный период влияния забоя лавы. Кривая среднесуточных скоростей смещений в зоне влияния очистных работ с достаточной степенью точности может быть представлена функцией

$$f(x) = \frac{a}{b + x^2}, \quad (16)$$

где a , b — коэффициенты, характеризующие крутизну кривой и ее максимальное значение; x — расстояние до забоя лавы или время.

Для того, чтобы кривая правильно отражала развитие смещений, ее максимальное значение необходимо сместить вдоль оси абсцисс на величину $L_{\text{заб}}$. Приняв за начало координат точку, характеризующую собой начало влияния забоя лавы, величина $L_{\text{заб}}$ будет представлять собой участок, на котором сдвигения возрастают от

нуля до максимальных значений. Тогда

$$v = \frac{a}{b + (x - L_{зав})^2} \quad (17)$$

Если кривая скорости построена в зависимости от времени, в уравнение вместо $L_{зав}$ подставляется время в сутках, прошедшее с начала влияния лавы до момента максимальной скорости.

Время t_0 для надрабатываемых полевых штрехов становлено по зоне влияния очистных работ и скорости подвигания лавы (такой подход вполне правомочен, так как скорость подвигания лав на экспериментальных участках была примерно одинаковой — 40 м/мес — и стабильной).

Следовательно, скорость смещений в любой момент времени

$$v = \frac{a}{b + \left(x - \frac{L_{зав}}{v_{зав}}\right)^2} \quad (18)$$

Интегрированием уравнения (18) по времени можно получить величину смещений в интересующий момент:

$$u = \frac{a}{\sqrt{b}} \left[\arctg \frac{x - t_0}{\sqrt{b}} + \frac{\pi}{2} \right] \quad (19)$$

Используя данные шахтных наблюдений, определены коэффициенты a и b для различных кратностей надработки при $t_0=40$ сут для пород, представленных песчаниками, глинистыми и песчано-глинистыми сланцами (табл. 22).

Таблица 22

$k_{н)}$	10	20	30	40	50
a	2460	1540	1100	1050	800
b	246	200	205	260	400

Для условий, отличающихся от вышеуказанных, коэффициенты a и b могут быть получены кратковременными наблюдениями. Для этого в штреке впереди лавы вне зоны ее влияния (примерно 70 м) оборудуются один-два замерных пункта из контурных реперов и определяются скорость смещений. По двум значениям (скорости

и времени их замера) составляются два уравнения и их решением определяются коэффициенты a и b .

В качестве примера и оценки точности приведем расчет кривой сближения стенок западного группового полевого штрека шахты им. Артема. На рис. 39 представ-

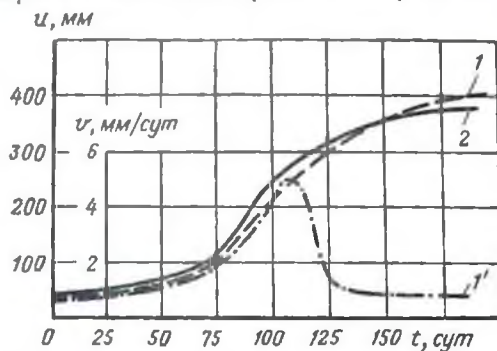


Рис. 39. Расчетный (1) и экспериментальный (2) графики смещений пород в полевом откаточном штреке шахты им. Артема (гор. 740 м)

лена кривая скорости смещений, построенная по результатам замеров в шахте. Для описания этой кривой уравнением вида $\frac{a}{b + (x - t_0)^2}$ выберем на кривой две точки (50 и 105 сут) с соответствующими им значениями скорости (1 и 5 мм/сут) и составим два уравнения:

$$\left. \begin{aligned} 1 &= \frac{a}{b + (50 - 105)^2}; \\ 5 &= \frac{a}{b}. \end{aligned} \right\} \quad (20)$$

Решив совместно эти уравнения, получим

$$v = \frac{3780}{758 + (x - 105)^2}, \text{ мм/сут.}$$

Величина смещений за 175 сут составит

$$u_{175} = \frac{3780}{\sqrt{758}} \left[\operatorname{arctg} \frac{(175 - 105)}{\sqrt{758}} + \frac{\pi}{2} \right] = 380 \text{ мм.}$$

Сопоставление вычисленной и экспериментальной кривой смещений показывает, что расхождение между ними не превышает $\pm 12\%$ в пределах зоны интенсивных

смещений (± 50 м по отношению к забою лавы). За пределами интенсивных смещений (при расстоянии более 50 м за лавой) расхождения увеличиваются.

Таким образом, для предварительного расчета смещений в зависимости от кратности надработки в зоне установившегося давления может быть использована формула (15), в зоне опорного давления — формула (19).

Важнейшими факторами, определяющими устойчивость подрабатываемых выработок, являются: кратность подработки $\frac{h}{m}$, способ управления кровлей в подрабатываемой лаве, прочность пород междупластья.

В качестве иллюстрации к сказанному выше, приведем примеры наблюдений за подработкой выработок.

Наблюдения за сдвижением пород проводились в групповых вентиляционных штреках и квершлагах (табл. 23).

На шахте 1—2 «Красный Октябрь» групповой вентиляционный штрек гор. 440 м подрабатывался пластом l_1 . Мощность пласта l_1 на восточном крыле составляла 2,4 м, на западном — 1,4 м.

В лаве западного крыла применялся способ управления кровлей полным обрушением, восточного — полной закладкой рядовой породой. Мощность междупластья 50 м. Скорость подвигания забоя восточной и западной лав составляла соответственно 15 и 40 м/мес.

На рис. 12 представлены графики смещений пород в штреках. В восточном групповом штреке процесс смещений протекал с малой интенсивностью: максимальные скорости не превышали 1 мм/сут. Влияние подработки начало сказываться позади лавы. В западном групповом штреке смещения выше зафиксированы, в 30 м впереди лавы. Максимальные скорости вертикальных смещений составили 2,5 мм/сут, а сближение стенок штрека — 2,7 мм/сут.

Несмотря на меньшую кратность подработки, малое подвигание лавы и деревянную крепь в восточном штреке, состояние его в зоне влияния пласта l_1 лучше, чем западного штрека.

В данном случае причиной большей устойчивости восточного штрека является закладка выработанного пространства, препятствующая развитию деформаций подработанной толщи.

Шахта, выработка	Глубина расположения выработки, м	Надвес поправа - тывающего пласта	Мощность пласта, м	Расстояние по нормали от пласта выработки, м	Состав пород междупласть	Сближение стенок выработки в 20 м за забоем породы, базирующей на пласте, мм
Им. К. А. Румянцев: вентиляционный штрек пласта l_3	370	l_2^1	0,6	20	Песчаник (40%), песчано-глинистый сланец (60%)	220
вентиляционный штрек по пласту l_4^H	370	l_3	0,7	25	Песчаник (40%), глинистый сланец (60%)	110
вентиляционный штрек пласта k_5	370	k_4^1	0,9	50	Песчано-глинистый сланец	350
вентиляционный штрек пласта k_7	370	k_5^2	0,7	60	Песчаник (70%), глинистый сланец (30%)	40
групповой вентиляционный штрек по пласту l_6	370	l_5	0,8	40	Песчаник (40%), глинистый сланец (30%)	70
Им. К. И. Гаевого: вентиляционный штрек по пласту l_5	440	l_4^H	1,1	46	Песчаник	90
вентиляционный штрек по пласту m_3	440	m_2	0,7	27	Песчано-глинистый сланец	200
групповой штрек по пласту k_5	440	l_8	0,8	32	Песчано-глинистый сланец	280
групповой штрек по пласту l_2^1	440	l_1	1,4	50	Песчаник (80%), песчанистый сланец (12%), глинистый сланец (8%)	46
вентиляционный квершлаг	510	l_3	1,1	25	Глинистый сланец (60%), песчанный сланец (30%), песчаник (10%)	210
«Комсомолец»: вентиляционный штрек по пласту m_3	533	m_2	0,6	26	Песчаник (50%), известняк (30%), глинистый сланец (20%)	180
вентиляционный штрек по пласту m_7	533	m_6^2	0,8	48	Песчано-глинистый сланец (70%), песчанистый сланец (30%)	200
№ 6—7, вентиляционный штрек по пласту k_3	620	k_2^2	0,5	10	Песчано-глинистый сланец	570

Продолжение табл. 23

Шахта, выработка	Глубина расчл. ложины в разб. метр., м	Индикс подработки	Мощность пласта, м	Расстояние по ст. выработки, м	Состав пород междупластов	Среднее значение скорости выработки в 20 м с забоя по выработкам, м/мин
№ 19—20, вентиляционный штрек по пласту l_2^2	610	l_1^1	0,95	25	Песчано-глинистый сланец	480
№ 1—2 «Красный Октябрь», восточный групповой штрек по пласту l_1^1	440	l_1	2,4	50	Песчаник (80%) глинистый сланец (20%)	30
«Красный Профинтерн»: вентиляционный штрек по пласту k_2^2	537	k_2	0,6	35	Песчано-глинистый сланец	84
вентиляционный участковый квершлаг	537	k_2	0,6	35	Песчано-глинистый сланец	36
вентиляционный квершлаг	537	l_3	0,8	20	Песчаник (60%), песчанисто-глинистый сланец (40%)	40

При подработке группового вентиляционного штрека, пройденного по пласту l_6 (шахта им. К. А. Румянцева, гор. 490 м), установлено, что смещение пород на его контуре начинается в 50 м от лавы пласта l_5 . По мере приближения лавы к замерным сечениям интенсивность смещений увеличивается и достигает максимального за-

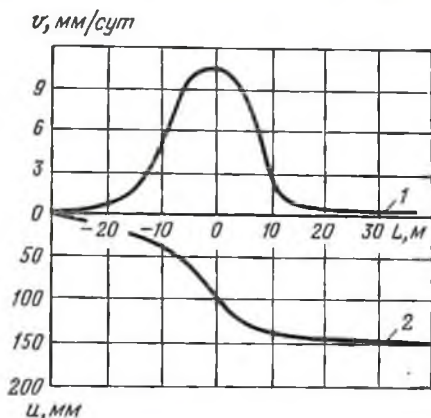


Рис. 40. Скорость (1) и величина сближения (2) стенок штрека пласта l_6 при подработке пластом l_5 (шахта им. К. А. Румянцева, гор. 490 м)

полнения на уровне лавы. По абсолютной величине сближение стенок выработки и пучение почвы были незначительными (не более 150 мм), что свидетельствует о несущественном влиянии очистных работ пласта l_5 на устойчивость подрабатываемого группового штрека по пласту l_6 . Причиной тому служат: большая кратность подработки, прочные породы междупластья (70% песчаника).

В условиях шахты № 6—7 расстояние между пластами k_2^2 и k_3 — 12 м. Породы междупластья — глинистые и песчаные сланцы. В процессе подработки очистными работами пласта k_2^2 штрека, пройденного по пласту k_3 , получены следующие данные (рис. 41, график 1). Смещение пород в штреке началось в 50 м от начала лавы. Зона максимальных смещений приурочена к участку $+20 \div -30$ м по отношению к забою лавы. Мак-

симильные скорости смещений проявлялись в 5 м позади лавы. Сближение стенок штрека составило 600 мм (преобладали деформации пород висячего бока). Участок наблюдений перекреплялся. Значительные смещения в

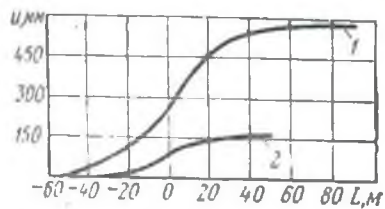


Рис. 41. Сближение стенок вентиляционных штреков пласта k_1 (1) и l_2^1 (2) при подработке соответственно пластами k_2^2 (шахта № 6—7, гор. 620 м) и l_3 (шахта «Красный Профинтерн», гор. 537 м)

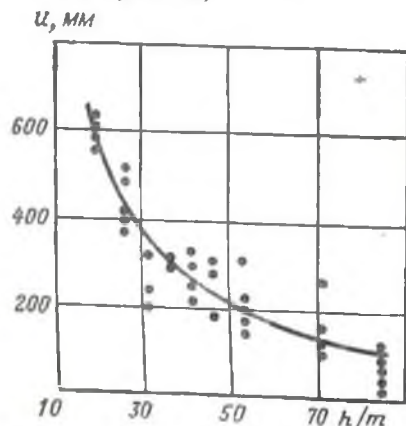


Рис. 42. График зависимости смещений (u) от кратности подработки ($\frac{h}{m}$)

Теоретическая линия регрессии удовлетворительно описывается уравнением

$$u_n = \frac{12750}{k_n} - 32 \quad (20 < k_n < 90), \quad (21)$$

где k_n — кратность подработки.

Теоретическое корреляционное отношение равно 0,854.

род на контуре подрабатываемого штрека обусловлены слабыми породами между пластью и небольшой его мощностью.

График 2 на рис. 41 отражает уровень смещений в западном вентиляционном штреке пройденном по пластку l_3^1 в период подработки пластом k_1 (шахта «Красный Профинтерн», гор. 537 м). Основной причиной незначительных смещений в данном случае следует считать наличие в кровле подрабатываемого пласта песчаника мощностью до 17 м при общем междупластье 22 м.

По результатам наблюдений в подрабатываемых штреках установлена зависимость смещений от кратности подработки (рис. 42).

Вышеприведенные примеры и зависимость (21) отражают условия подработки вентиляционных штреков только одним пластом.

В условиях отработки свиты пластов могут иметь место многократные подработки, что приводят к дополнительному смещению пород.

При нисходящем порядке отработки пластов в свите последующее влияние очистных работ может быть учтено коэффициентом активизации, установленным по результатам шахтных наблюдений и исследований на моделях из эквивалентных материалов.

Общее смещение пород в подрабатываемой выработке может быть определено из зависимости

$$u_0 = u_1 \left(1 + \sum_1^n C \right), \quad (22)$$

где u_1 — смещение пород под влиянием верхнего в свите пласта; n — число последующих подработок; C — коэффициент, учитывающий дополнительные смещения пород, и, в зависимости от k_n , равный:

k_n	10	20	30	40	50	60
C	0,85	0,55	0,40	0,28	0,18	0,1

Пример. Определить смещение пород в групповом полевом вентиляционном штреке при последовательной его подработке тремя пластами мощностью 1, 0,8 и 1,2 м. Штрек удален от первого пласта (по нормали) на 30 м, от второго — на 42 м, от третьего — на 60 м.

Смещения от подработки первым пластом определим по выражению (21):

$$u_1 = \frac{12750}{30} - 32 = 393 \text{ мм.}$$

По вышеприведенному выводу для кратностей подработки вторым и третьим пластами, составляющих соответственно 52 и 50, определяем значение C :

$$C_2 = 0,15, \quad C_3 = 0,18.$$

Тогда смещение в штреке от подработки тремя пластами составит

$$u_0 = 393 (1 + 0,15 + 0,18) = 523 \text{ мм.}$$

Распространение зоны подработки вкост простираения пород возможно проследить в подрабатываемых кварцитах. Например, на шахте им. Ф. Э. Дзержинского нивелированием кровли и почвы кварцита на гор.

Шахта, выработка	Глубина распо- ложения выра- ботки, м	Индекс подраба- тываемого пла- ста	Мощность пла- ста, м	Расстояние по нормали от пла- ста до выработки, м	Состав пород междупластья	Сближение сте- нок выработки в зоне влияния лавы ±100 м, мм
Им. В. И. Ленина: групповой штрек пласта m_5	640	k_2	1,2	102,5	Песчаник (40%), песчано-гли- нистый сланец (25%), глинистый сланец (15%)	50
групповой полевой штрек пла- ста k_4	640	k_4	0,82	5,0	Песчаный сланец (56%), изве- стняк (30%), глинистый сланец (14%)	480
вентиляционный штрек пла- ста k_5	640	k_5	1,05	10,0	Песчано-глинистый сланец (15%), песчаник (35%), песчаный сланец (17%), глинистый сланец (33%)	680
вентиляционный штрек пла- ста $l_2^{1/2}$	640	m_3	1,28	22,5	Песчаный сланец (44%), песча- ник (22%), глинистый сланец (16%), песчано-глинистый сланец (10%), известняк (8%)	330
Им. М. И. Калинина: групповой полевой вентиляци- онный штрек пласта m_4^4	630	m_3	1,03	38,9	Глинистый сланец (25%), пес- чаный сланец (75%)	50
групповой полевой вентиляци- онный штрек пласта m_4^4	630	m_5^1	0,65	46,0	Глинистый сланец (35%), пес- чаный сланец (65%)	105
полевой вентиляционный штрек пласта m_5^1	630	m_5^1	0,65	2,27	Глинистый сланец	450
вентиляционный штрек пласта $l_2^{1/2}$	830	l_3	1,2	15,4	Глинистый сланец (60%), изве- стняк (10%), песчаный сланец (30%)	255
«Красный Профинтерн»: полевой вентиляционный штрек пласта m_4	645	m_5	0,6	1,98	Глинистый сланец (60%), пес- чаный сланец (40%)	220
вентиляционный штрек пла- ста m_4^4	645	m_4^3	1,02	13,4	Глинистый сланец (40%), пес- чаный сланец (35%), песчаник (25%)	132

616 м при подработке его пластом l_3 установлено, что квершлаг претерпевает сложные деформации: общее перемещение в направлении выработанного пространства и уменьшение сечения за счет сближения кровли с почвой и боков.

Деформации пород (в основном за счет опускания кровли) зафиксированы на участке квершлага (вквост простираения) на расстоянии 78 м от пласта (см. рис. 5), максимальные — на расстоянии 14 м от пласта. После полной подработки произошел прогиб квершлага, о чем свидетельствует также скопление воды на участке между замерными пунктами. Таким образом, вредное влияние подработки (500 мм) в направлении вквост простираения распространилось до 33 м в сторону кровли и до 10 м в сторону почвы пласта l_3 .

Вопрос влияния подработки вентиляционных выработок, расположенных в почве разрабатываемого пласта, был рассмотрен на примере девяти штреков (табл. 24). По результатам инструментальных наблюдений построена кривая 2 (рис. 43).

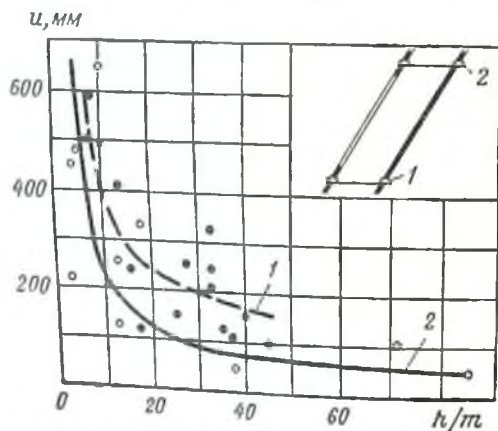


Рис. 43. График зависимости смещения пород в откаточных штреках (1) от кратности надработки и в вентиляционных штреках (2) от кратности подработки

Выше рассматривались случаи подработки выработок вентиляционного горизонта. В практике разработки крутых пластов имеют место частые случаи подработки

выработок откаточного горизонта. Эти два вида подработки качественно отличаются друг от друга. В первом случае влияние подработки выражается в изменении структуры массива, значительном расслоении, разрушении и перемещении пород в сторону выработанного пространства; во втором случае подработка не вносит существенных изменений в структуру массива, она только увеличивает напряжения в определенной области.

Расстояние вквост простираения, на которое распространяется влияние подработки на откаточном горизонте, зависит от прочностных свойств пород междупластья, глубины разработки.

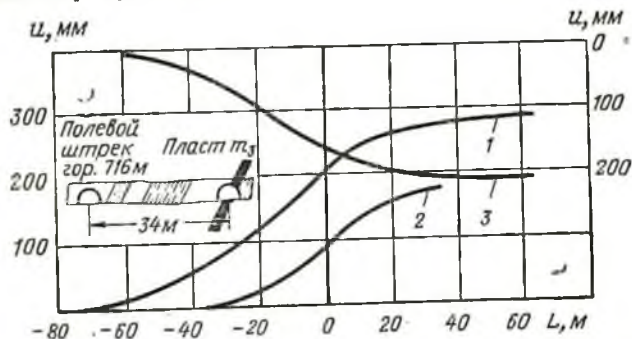


Рис. 44. Смещение пород при подработке полевого штрека на откаточном горизонте (шахта им. Ф. Э. Дзержинского, гор. 716 м): 1 — сближение стенок; 2 — пучение почвы; 3 — опускание кровли

На рис. 44 приведены результаты наблюдений за смещением пород в полевом откаточном штреке гор. 716 м шахты им. Ф. Э. Дзержинского при подработке пластом m_3 . Расстояние между штреком и пластом (по горизонтали) 34 м. Междупластье представлено в основном песчано-глинистыми сланцами. Мощность пласта m_3 1,75 м. Как следует из рис. 44, сближение кровли с почвой составило 410 мм, стенок штрека — 290 мм. Штрек не перекреплялся. Этот пример показывает, что при глубине 716 м, мощном пласте и неустойчивых породах междупластья опасное влияние опорного давления в кровле пласта на уровне откаточного горизонта не превышает 34 м.

В условиях шахты «Комсомолец» были проведены наблюдения за подработкой откаточного штрека, про-

денного по нерабочему пласту k_5^2 , очистными работами пласта k_5^1 . Штрек расположен в 14 м от пласта k_5^1 . Глубина работ 620 м. Мощность пласта k_5^1 0,7 м. Междупластье представлено песчанником. При таком сочетании горно-геологических условий подработка не отразилась на состоянии штрека, пройденного по пласту k_5^2 .

Шахтные наблюдения за состоянием подрабатываемых и надрабатываемых выработок показали, что при оценке устойчивости групповых выработок необходимо учитывать параметры их расположения относительно границ влияния очистной выемки. Влияние очистных работ смежных пластов на выемочные штреки должно учитываться дополнительными смещениями от подработки и надработки.

Глава III.

СПОСОБЫ И СРЕДСТВА ПОДДЕРЖАНИЯ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК

§ 6. Состояние выработок, виды и характер деформаций крепи

Существенную роль в устойчивости выработок играет крепь. Известно [14, 25, 30, 36], что процесс развития зоны неупругих деформаций зависит от механической характеристики крепи — ее несущей способности и податливости, а нагрузка на крепь определяется характером совместной работы системы порода—крепь. В результате того, что разрушающиеся породы вокруг выработки образуют своего рода защитную оболочку, сопротивляющуюся совместно с крепью смещениям со стороны массива, наступает равновесие в системе порода—крепь, деформация пород прекращается.

Податливая крепь при больших смещениях как-бы уходит от давления, давая возможность образоваться вокруг выработки зоне неупругих деформаций. Отпор крепи в этом случае должен быть достаточно высоким, чтобы препятствовать значительному расслоению пород в зоне неупругих деформаций.

Большую роль в работе крепи играет качество забутовки закрепного пространства. Хорошая забутовка способствует равномерному распределению нагрузок. Особенно важен этот момент на крутых пластах, где очень часто арочная крепь устанавливается под плоскую кровлю без качественной забутовки закрепного пространства, а иногда и вовсе без нее.

На шахтах Центрального района Донбасса применяется в основном металлическая арочная трехзвеньевая податливая крепь из специальных желобчатых профилей (рис. 45). Этой крепью закреплено 78,3% всех поддер-

живаемых выработок. Наибольшая доля (84%) применения крепи АП приходится на откаточные и вентиляционные штреки: 97% поддерживаемых откаточных и 91% вентиляционных штреков закреплено этой крепью.

Металлическая арочная податливая крепь из специального профиля в штреках на крутых пластах начала приме-

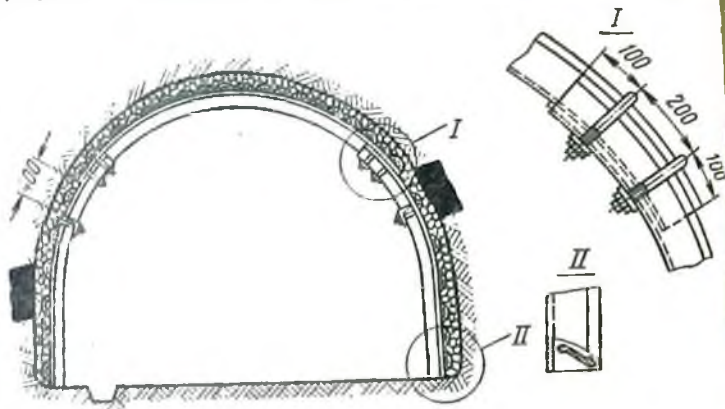


Рис. 45. Крепь АП

няться с 1950 г. Объем применения ее из года в год увеличивался, что свидетельствует о ее преимуществах перед ранее применявшимися шарнирно-арочной и деревянной крепями [43].

Несмотря на большой объем применения крепи АП в штреках крутых пластов по сравнению с пологими пластами, стоимость поддержания на крутых пластах выше, чем на пологих.

Наблюдения за состоянием выработок и смещением пород показывают, что точка приложения основной нагрузки на крепь АП в условиях крутых пластов находится со стороны висячего бока на высоте 1,5—2 м от почвы штрека, а вектор нагрузки почти совпадает с нормалью к напластованию. Известно, что эффективное применение крепи может быть достигнуто только при совпадении направления податливости и преобладающих смещений. Это основное требование на крутых пластах не выполняется. В крепи АП под действием бокового давления, даже при сравнительно небольшой величине смещения пород, происходит выполаживание

ножек со стороны кровли и перегиб верхняка арочной крепи в замке свода выработки. В условиях больших смещений пород деформации выполаживания происходят в прогиб внутрь штрека (рис. 46, 47). На тех участках, где профиль резко изгибается, происходит его разрыв и даже разрыв. Арки часто деформируются



Рис. 46. Характер деформации пород и крепи в откаточном штреке пласта m_1 (шахта им. К. И. Гаевского)

ко в плоскости сечения штрека, но и вдоль него. Хомуты при этом перекашиваются, изгибаются их скобы, планки, уменьшается степень зажатия и замковые соединения сдвигаются друг к другу или смещаются за участок нахлестки звеньев.

Состояние крепи и характер ее деформации зависят от прочности боковых пород, наличия пустот за крепью и качества закладки их породой, величины и расположения подрывки при проведении штреков, способа их охраны. Обследованьем штреков крутых пластов установлено, что форма крепи АП в зоне влияния очистных работ изменяется различно, но самая распространенная — стрельчатая.

Поэтому на крутых пластах процент выработок с неудовлетворительным сечением по зазорам (в основном по ширине) выше, чем на пологих (45 и 11% соответственно).



Рис. 47. Характер деформации пород и крепи в откаточном штреке пласта m_4 (шахта им. К. П. Гаевского)

Следует отметить, что крепь АП в условиях крутых пластов удовлетворительно работает в участковых квершлагах, полевых и пластовых штреках при незначительных смещениях.

С учетом характера смещений пород на крутых пластах в 1952 г. была разработана специальная металлическая пятисвязевая податливая крепь из спецпрофиля [19]. В 1955—1958 гг. были проведены шахтные испытания и опытная эксплуатация крепи КПК (рис. 48).

Всего при исследовании, испытании и внедрении крепью КПК на шахтах Центрального района Донбасса закреплено около 20 км выработок.

Крепь КПК предназначена для штреков, проводимых по пластам мощностью от 0,6 до 1,5 м с углом падения 55—68° с породами кровли и почвы, состоящими преимущественно из глинистых и песчаных сланцев. В зоне влияния очистных работ, где смещение пород кровли не превышает 600 мм, крепь не ремонтируется. При своевременном расширении штреков крепь КПК после исчерпания конструктивной податливости может быть использована без восстановления. В откаточном штреке пласта k_1 -восток на шахте № 1—2 «Красный Октябрь» крепь КПК использовалась повторно без восстановления шесть раз [50]. Применение крепи КПК является эффективным

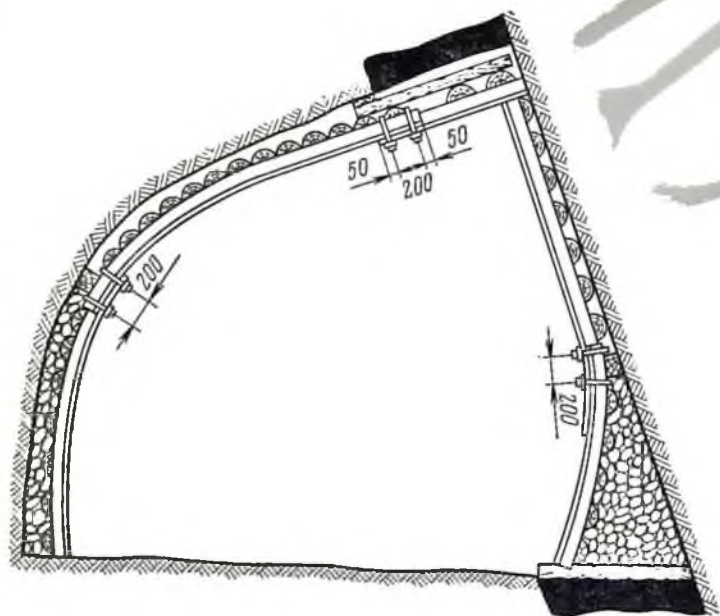


Рис. 48. Крепь КПК

ным в штреках, проводимых без подрывки пород кровли пласта.

Крепь КПК по сравнению с крепью АП в среднем снижает трудоемкость поддержания в зоне влияния очистных работ на 2 чел.-смены.

Для штреков, проводимых с подрывкой пород кровли и почвы пласта, в ДонУГИ была разработана крепь ПАК (рис. 49). Эта крепь имеет асимметричную арочную форму и состоит из четырех звеньев: нижней и верхней ножек и составного верхняка, соединенного внахлестку болтовым соединением. Верхняк крепи ПАК расположен прямым участком под углом 90° к кровле пласта.

Крепь ПАК в отличие от металлической арочной трехзвеньевой податливой крепи АП имеет податливость в направлении максимальных смещений пород — со стороны кровли пласта. Податливость крепи в этом направлении составляет 500 мм.

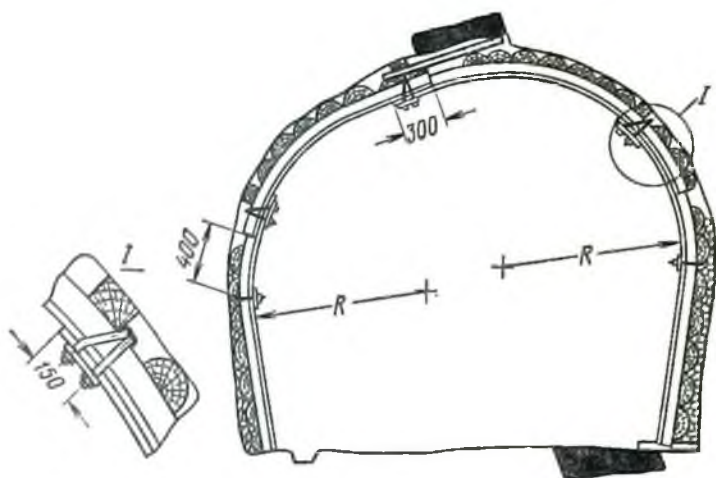


Рис. 49. Крепь ПАК

На шахтах Центрального района Донбасса крепью ПАК в процессе экспериментальных работ и внедрения закреплено 22 км горных выработок.

Применение крепи ПАК показывает, что она обеспечивает практически безремонтное поддержание штреков в зоне влияния очистных работ при преимущественном сдвигении кровли пласта не более 500 мм, в то время как при крепи АП такие сдвигения требуют ремонта.

В сложных горно-геологических условиях пласта m_4 горизонта 860 м шахты им. Артема крепь ПАК2-900 обеспечила поддержание штрека в 100 м за лавой в соответствии с требованиями ПБ, тогда как этот же штрек, но закрепленный крепью АП, перекреплялся в 30 м позади забоя лавы первый раз, а в 100 м — повторно.

Опыт применения крепи ПАК на шахтах Центрального района Донбасса свидетельствует, что эта крепь эффективней крепи АП на тех шахтопластах, где породы смещаются только со стороны кровли пласта. В условиях, где имеет место нагружение прямолинейного составного верхняка до исчерпания податливости в его замке (например, при сползании пород), крепь ПАК работает в несвойственном для нее режиме, что приводит к преждевременной ее деформации.

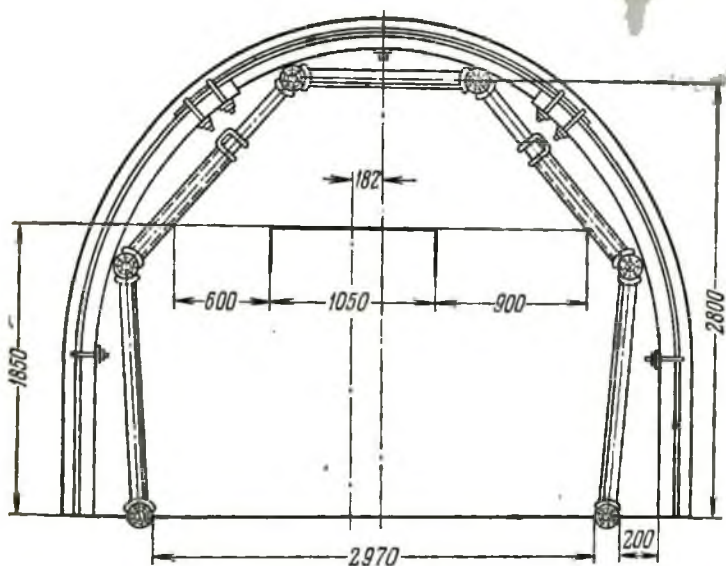


Рис. 50. Крепь усиленная

Особенности смещений пород крутых пластов учтены при разработке крепей КАНП [40], ААК-1 и ААК-2 [34], АПК-2 (конструкции ДПИ). Однако эти крепи не вышли еще из стадии опытной проверки и широкого промышленного внедрения в Центральном районе не получили.

На некоторых шахтах Горловского и Дзержинского районов в откаточных штреках в зоне влияния очистных работ применяют усиленную крепь (рис. 50). Эта крепь разработана работниками комбината Артемуголь.

Усиленная крепь состоит из двух жестких опорных элементов — ножек, жесткого верхняка, двух стоек КСТМ и деревянных прогонов.

Усиленная крепь устанавливается непосредственно под постоянную металлическую крепь секционно под прогоны по два-три комплекта с таким расчетом, чтобы все прогоны прилегали к каждой раме постоянной крепи. Усиливаются участки штрека в зоне наиболее интенсивных смещений (30—50 м впереди, 50—60 м позади забоя лавы). По мере подвигания лавы

эта крепь переносится. Основное назначение усиления— способствовать равномерному распределению горного давления на крепь АП и создать повышенный отпор смещению пород.

Применение усиленной крепи в ряде случаев обеспечивает необходимые по ПБ зазоры в откаточных штреках под лавой и не требует перекрепления, в то время как без усиления нормальная работа под погрузочными люками затруднена из-за значительных деформаций крепи АП.

§ 7. Роль способов охраны в устойчивости выработок

В зоне влияния очистных работ в горно-геологических условиях, где смещения пород достигают больших величин, поддержание выработок только одной крепью не может быть решено положительно.

Такая задача может быть решена комплексно: осуществлением специальных мер по охране выработок и применением соответствующей крепи.

Под охраной выработок понимается совокупность технических мероприятий, направленных на уменьшение смещений пород на контуре выработок, предотвращение динамических явлений в виде сползания кровли или почвы штреков.

Из способов охраны, получивших распространение на шахтах крутых пластов, можно назвать следующие: угольные целики, бутовые полосы, искусственные целики (костры, кусты, кустокостры).

На рис. 51 представлены наиболее распространенные способы охраны откаточных штреков.

Параметры указанных способов колеблются в широких пределах и выбираются, как правило, исходя из опыта отработки верхних горизонтов или соседних шахт.

Размеры угольных целиков над откаточными штреками изменяются от 4 м по простиранию до 12 м по восстанию.

На пластах, опасных по внезапным выбросам угля и газа, угольные целики ослабляются сетью дегазационных скважин, а также скважинами для нагнетания воды в пласт. Поэтому в таких случаях, а также на пластах

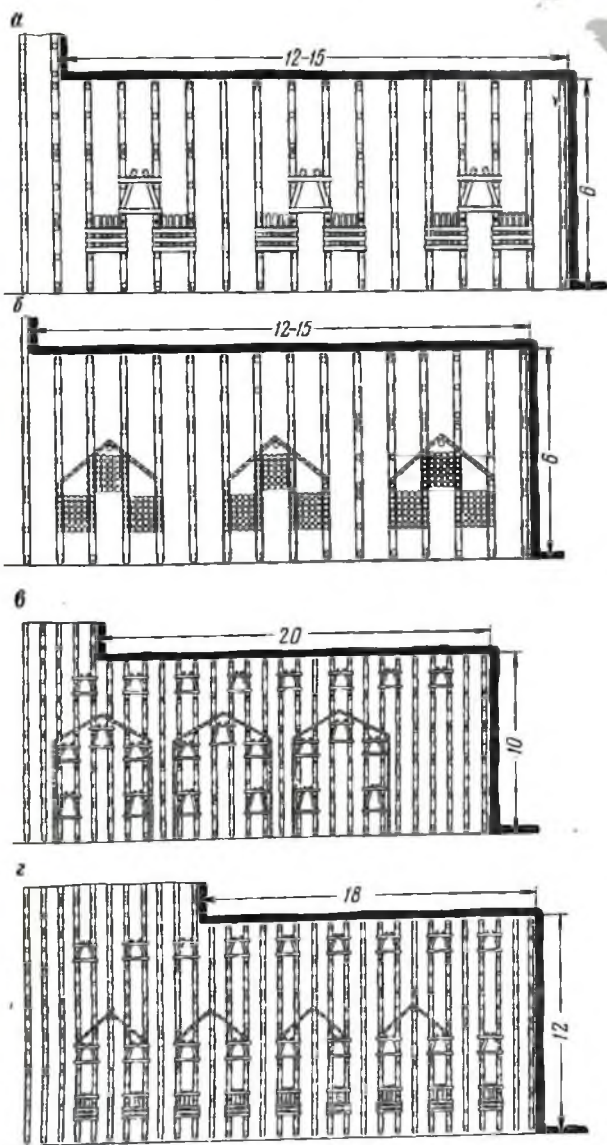


Рис. 51. Способы охраны откаточных штреков, применяемые на шахтах Центрального района Донбасса

с мягкими углями для предупреждения разрушения целиков их усиливают по периметру органной крепию.

Число костровой крепи в искусственном целике составляет 3—7. Кустовая крепь пробивается треугольной, квадратной или прямоугольной формы с числом стоек от 16 до 200. Кустовая и костровая крепи применяются как самостоятельно, так и в сочетании друг с другом.

Параметры бутовых полос под вентиляционными штреками определяются количеством породы, поступающей из его забоя при проведении (восстановлении), и необходимостью ее размещения в выработанном пространстве лавы. Размеры бутовых полос по падению 10—40 м.

Обследование состояния угольных и искусственных целиков над вентиляционными штреками показывает, что угольные целики в большинстве случаев раздавливаются, края их осыпаются но ядро целика сохраняется и совместно с обрушенными породами в приштрековой зоне они представляют угольно-породную полосу, обладающую определенной несущей способностью. Однако встречаются случаи, когда в результате частых перекреплений бывших откаточных штреков, особенно на пластах с мягкими углями, целики полностью высыпались и над действующими вентиляционными штреками оставлены пустоты, т. е. с верхней стороны штреки, по существу, не охраняются.

Деревянная костровая крепь над вентиляционными штреками смята на 50—60% своей первоначальной высоты, кустовая крепь малых размеров разрушена, а больших размеров, в зависимости от прочности пород, или обыграна кровлей, или вдавлена в почву.

Степень влияния угольных и искусственных целиков на формирование напряженного состояния пород вокруг штреков различна и обусловлена их податливостью, несущей способностью, свойствами угля и дерева.

На рис. 52 схематически показано взаимодействие угольного целика и деревянной костровой крепи с породами и их влияние на характерную для крутых пластов деформацию контура штрека.

Угольный (искусственный) целик, оставленный над откаточным штреком, подвергается воздействию двух сил:

$$N = \gamma H \cos \alpha \text{ и } T = \gamma H \sin \alpha.$$

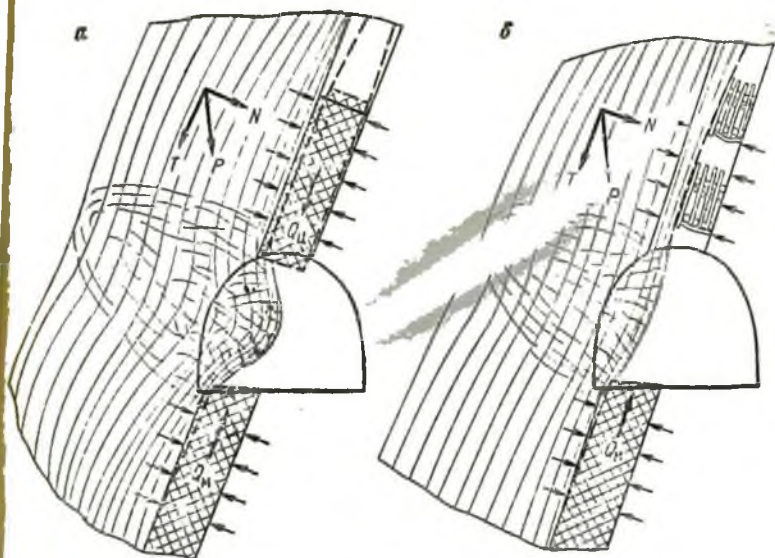


Рис. 52. Влияние угольного (а) и искусственного целика (б) на характер деформации штрека

Под влиянием силы N целик уменьшает высоту и претерпевает поперечную деформацию. Под влиянием силы T в целике возникают деформации сдвига. Действие силы T особенно опасно, когда в непосредственной кровле или почве пласта есть плоскости с ослабленными контактными связями, по которым сползают слои пород. Замеры изменения площади целика и его высоты на пласте мощностью 1,0—1,25 м показали [15], что целик размером 6×10 м в течение почти двух лет уменьшился по площади на 57% (при уборке отжатого угля), а по высоте (на контуре целика) в среднем на 14 см. Примерно такой же целик, но на пласте средней мощностью 1,49 м уменьшил свою высоту на 20,5% и не разрушился. Таким образом, целики размером 6×10 м представляют собой мало податливую опору и длительное время концентрируют на себе давление, передавая его на окружающие породы.

Составляющая массы пород T и боковые усилия, вызванные поперечной деформацией целика $Q_{ц}$ и массива $Q_{м}$ в зоне влияния очистных работ, приводят к вытесне-

нию в штрек расслоившиеся в зоне неупругих деформаций породы.

Напряженное состояние целиков зависит от их размеров, мощности пласта, глубины разработки.

Несущая способность целика тем больше, чем шше отношение его высоты к ширине.

Степень влияния целиков на устойчивость штреков зависит от свойств пород: наиболее неблагоприятным следует считать случай, когда в непосредственной кровле и почве пласта расположены глинистые или песчаные сланцы, а основные кровля и почва представлены песчаниками и известняками. В таких условиях пластические свойства глинистого и песчаного сланца способствуют выдавливанию пород длительное время, причем тем дольше, чем жестче целик. С точки зрения напряжений на контуре поддерживаемой выработки средства охраны, возводимые над откаточным или под вентиляционным штреками, должны быть податливыми, чтобы создавать разгрузку массива, но в то же время они должны иметь достаточную сопротивляемость с целью уменьшения расслоения пород.

Последнее требование особенно важно для сползающих пород.

Рабочие характеристики деревянных конструкций, применяемых в шахтах с целью охраны выработок, приведены на рис. 53.

Обычные костры в первоначальный период нагружения имеют малый отпор. Кусты работают в жестком режиме и создают большой первоначальный отпор после установки, но при сжатии на 3—5% деформируются, стойки ломаются и конструкция теряет свою устойчивость.

Работа накатного костра в первоначальный период после установки почти не отличается от работы обычного костра и лишь при сжатии на 10% несущая способность его возрастает. Это можно объяснить тем, что накатной костер трудно расклинить на всех элементах, и расклиниваются обычно только боковые замки.

В первоначальный период работы кустокостра нагрузку воспринимает кустовая крепь. При сжатии на 3—5% первоначальной высоты куст деформируется, но так как имеется боковой распор, созданный элементами костра, куст продолжает работать, уплотняясь внутри ко-

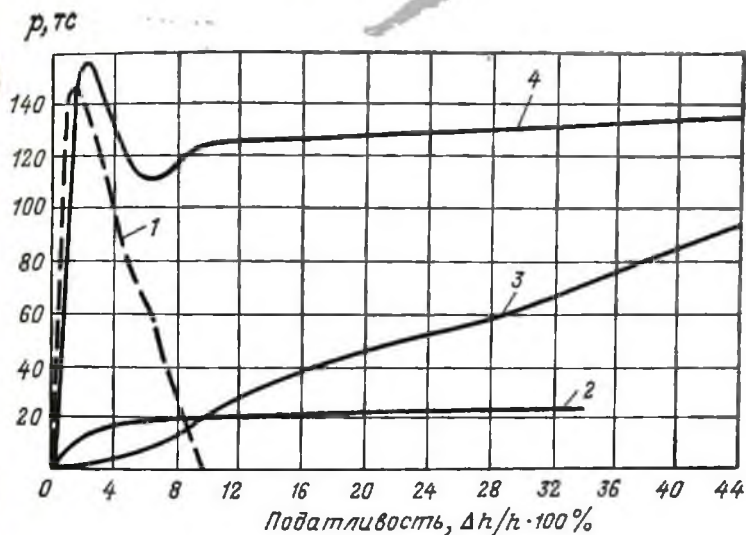


Рис. 53. Характеристика деревянных конструкций, применяемых для охраны штреков.

1 — куст из 9 стоек диаметром 12—14 см; 2 — костер; 3 — накатной костер; 4 — кустокостер из 9 стоек в кусте диаметром 14 см

стра. При сжатии на 10—15% в работу включается костровая крепь. Наличие деформированных стоек внутри костровой крепи увеличивает несущую способность конструкции в податливом режиме.

Получена эмпирическая зависимость несущей способности кустокостра от диаметра и числа стоек в кусте:

$$p = 2,2d + 0,007d^2n, \quad (23)$$

где d — диаметр леса, см; n — число стоек в кусте.

Так как число стоек в кустокостре выбирается из условия полного заполнения костра, формула (23) позволяет оценить ненужную способность конструкции и подобрать паспорт охраны нижней печи и штрека, исходя из горно-геологических условий.

Сравнение несущей способности конструкций, испытанных в лабораторных условиях, показывает, что при сжатии на 25—30% первоначальной высоты кустокостры имеют несущую способность в 5 раз больше, чем обычные, и в 2 раза больше, чем накатные костры.

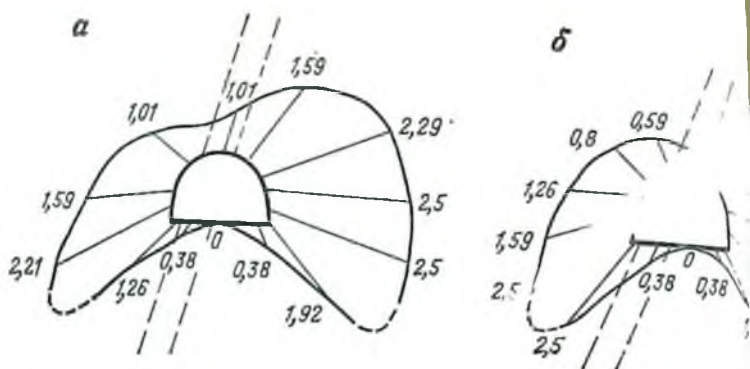


Рис. 54. Концентрация напряжений на контуре штрека при охране угольным целиком (а) и деревянным костром (б)

Большая податливость костров уменьшает коэффициент концентрации напряжений в кровле и почве пласта. На рис. 54 приведены результаты исследований на моделях из оптически активного материала (игданита) концентрации напряжений на контуре выработки при охране целиками угля и кострами в зоне установившегося давления.

Анализ эпюр напряжений показывает, что коэффициент концентрации напряжений в кровле и почве пласта при охране штрека угольным целиком больше, чем при деревянном костре. Характер деформирования пород на контуре штреков, охраняемых угольными и искусственными целиками различный (см. рис. 52). При угольных целиках происходит вытеснение пород в форме опрокинутого свода, при искусственных — преимущественно опускание кровли с незначительным прогибом. Инструментальными наблюдениями установлено, что период смещений пород при угольных целиках больше, а смещения в районе сопряжения штрека с лавой меньше, чем при деревянных кострах (рис. 55). В случае поддержания штреков за лавой длительный срок их состояние при угольных целиках хуже, чем при искусственных.

На рис. 56 приведены смещения пород при охране откаточных штреков кустокострами и кострами. Величина максимального сближения стенок штрека при использовании кустокостров составляет на расстоянии

Рис. 55. Сближение стенок штрека пласта I им. Крестовая, гор. 740 м при охране угольными целиками (2) и деревянными кострами (1)

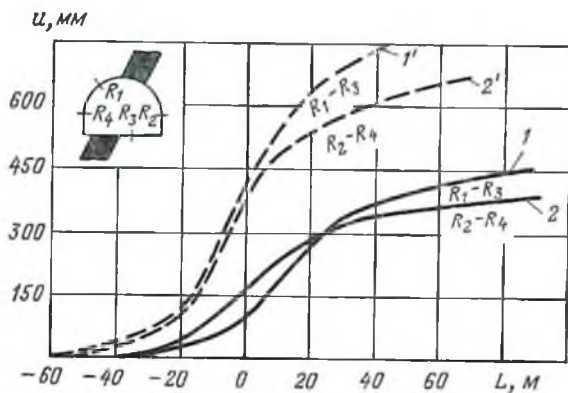
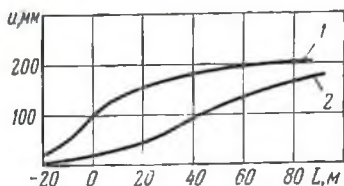


Рис. 56. Сближение стенок штрека пласта k_7 (шахта им. В. И. Ленина, гор. 750 м) при охране кострами (1', 2') и кустокострами (1, 2)

50 м за лавой 60—70% от сближения при кострах. Максимальная скорость смещений при кустокострах меньше и отмечена на большем расстоянии от забоя лавы. Это говорит о преимуществе кустокостров перед кострами, особенно при своевременном погашении штрека за лавой. В табл. 25 приведены результаты замеров сближения кровли с почвой в опережающей печи пласта шахты «Кочегарка».

Данные табл. 25 показывают, что сближение кровли с почвой меньше при кустокострах.

Средства охраны оказывают большое влияние и на смещения пород по контуру сечения штрека.

Отношение $\frac{a}{b}$ при искусственных целиках выше, чем при угольных (рис. 57). При искусственных целиках это отношение в 50 м впереди лавы примерно равно 1,4—1,5, а на уровне лавы — 1,2. В 140—150 м за лавой

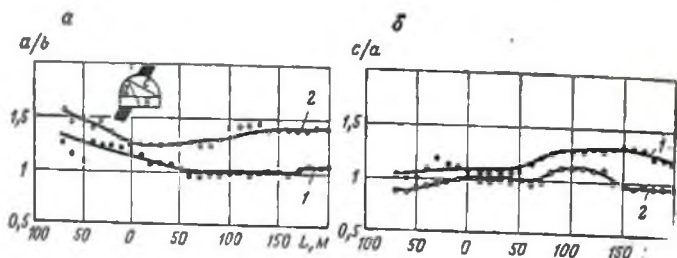


Рис. 57. Влияние средств охраны на характер смещения пород по контуру откаточного штрека:

1 — угольные целики; 2 — искусственные целики

Таблица 25

Способ охраны	Замерные станции	Расстояние от станции до штрека, м	Сближение кровли с почвой в печи (мм) при расстоянии до забоя лавы, м				
			-7	-5	-2	0	+3
Дра куста из 25 стоек и простая костровая крепь	1	2	0	60	79	87	99
	2	4	0	54	68	78	92
	3	6	0	44	56	70	88
	4	8	0	33	46	64	87
	5	10	0	22	33	57	80
Дра кустокостра и простая костровая крепь	1	2	0	10	20	29	42
	2	4	0	9	19	28	41
	3	6	0	6	14	22	36
	4	8	0	4	9	20	34
	5	10	0	2	4	11	28

это отношение увеличивается до 1,4. При угольных целиках в 50 м впереди лавы отношение $\frac{a}{b}$ равно 1,3, снижаясь до 1 в 60—70 м за лавой. В 170—200 м за лавой это отношение возрастает до 1,05.

Отношение $\frac{c}{a}$ при угольных целиках несколько выше, чем при искусственных. При угольных целиках оно примерно равно 1 в диапазоне 70—50 м от лавы, затем возрастает до 1,3 в 130—150 м за лавой и в 170—200 м вновь начинает уменьшаться. При искусственных цели-

ках отношение $\frac{c}{d}$ меньше 1 и только на участке 80—140 м за лавой оно достигает 1,1.

Таким образом, при охране штреков угольными целиками смещения в направлении, перпендикулярном напластованию пород, проявляется в большей мере, чем при искусственных.

Для пластовых вентиляционных штреков, пройденных с небольшим опережением лавы (при разработке пласта на собственный штрек или задний промквершлаг), скорость смещения пород в районе лавы достигает в среднем 32 мм/сут. Такие значительные величины скорости смещений пород обусловлены влиянием движущегося проходческого забоя и забоя лавы.

Затухание смещений пород за лавой происходит на расстоянии 50—120 м в зависимости от горно-геологических условий и способа охраны штрека.

При охране штреков по способу костры—бутовая полоса максимальные скорости смещений зафиксированы в 3—12 м за лавой, а затухание процесса смещений отмечается в 30—40 м за лавой. Величина замеренных максимальных смещений в 90 м за лавой составляет 290—815 мм.

При охране штреков по способу целик—бутовая полоса максимальная скорость смещений зафиксирована в 5—25 м за лавой, а затухание процесса смещений пород отмечается в 30—60 м за лавой. Величина максимальных смещений в 90 м за лавой составляла 375—755 мм.

При охране штреков по способу угольный целик—угольный целик максимальная скорость смещений зафиксирована в 5—35 м за лавой, а затухание процесса смещений отмечается в 50—100 м за лавой. Величина максимальных смещений в 90 м за лавой равна 320—975 мм.

Таким образом, при более податливых средствах охраны скорость смещений пород в непосредственной близости от лавы больше, но процесс смещения пород затухает на меньшем расстоянии от очистных работ.

Отношения величин смещения пород для основных направлений a , b , c в зависимости от расстояния до забоя приведены на рис. 58.

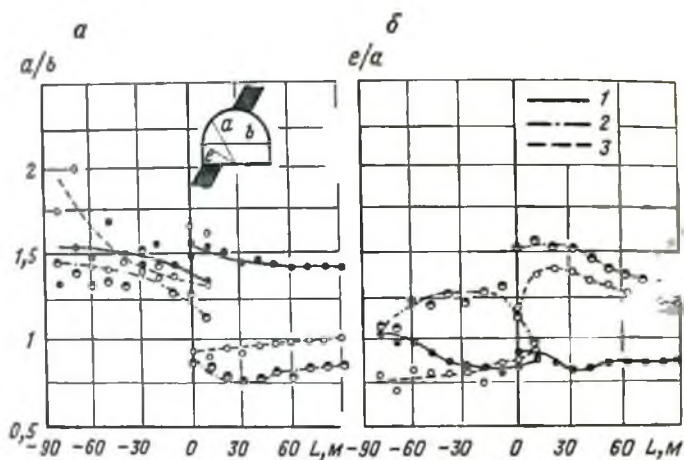


Рис. 58. Влияние средств охраны на характер смещения пород по контуру вентиляционного штрека:

1 — угольный целик—угольный целик; 2 — угольный целик—бутовая полоса; 3 — искусственный целик — бутовая полоса

Как видно из рис. 58, при охране штреков угольными целиками отношение $\frac{a}{b}$ довольно значительное ($1,4 \div 1,5$) на всем протяжении штрека. При способе охраны костры—бутовая полоса это же отношение меньше единицы. Самые большие смещения в направлении b зафиксированы при охране штреков по способу целик—бутовая полоса.

Характерным с точки зрения деформации контура сечения вентиляционных штреков является направление e . В этом направлении отмечаются в большинстве случаев максимальные смещения пород. При способе охраны костры — бутовая полоса отношение $\frac{e}{a}$ резко возрастает в районе лавы, потом несколько снижается, оставаясь больше единицы. При охране штреков сверху и снизу угольными целиками смещения в направлении e и a примерно одного порядка вблизи лавы.

При охране штреков по способу целик — бутовая полоса отношение $\frac{e}{a}$ в районе лавы намного больше единицы (1,5), а с удалением от лавы оно снижается.

Для вентиляционных штреков, пройденных с большим опережением очистных работ и погашаемых за лавой на расстоянии 10—40 м (при разработке пласта на передней промежуточный квершлаг), характерным является небольшая скорость смещения пород в районе лавы (± 5 м). Максимально отмеченная скорость в штреках пласта l_4 шахты им. В. И. Ленина составила 22 мм/сут. В среднем величина скорости смещений пород составляет 3—12 мм/сут.

Характер деформирования контура штрека в зависимости от способа охраны аналогичен описанному выше; при способе охраны костры — бутовая полоса наблюдается преимущественная деформация контура в нижней части штрека со стороны висячего бока, при угольных целиках максимальные смещения отмечаются примерно в вертикальном направлении.

Сопоставляя графики отношения $\frac{a}{b}$ и $\frac{e}{a}$ впереди и позади лавы, видно, что при способе охраны костры — бутовая полоса и угольный целик — бутовая полоса наблюдаются резкие изменения в направлении максимальных смещений пород на контуре сечения штрека, что ухудшает работу крепи.

Сравнение относительных величин максимальных смещений пород в вентиляционных штреках показывает, что наилучшие условия поддержания выработок обеспечиваются полной закладкой выработанного пространства:

Полная закладка	1,0
Целик—целик	1,5
Целик—бутовая полоса	3,5
Костры—целик	3,4
Костры—бутовая полоса	1,8

Полная закладка в большей мере уменьшает сползание пород на вентиляционном горизонте, обеспечивает равномерность деформирования контура штрека. Наибольшие деформации в вентиляционных штреках отмечаются при способах охраны целик — бутовая полоса, костры — целик, т. е. тогда, когда у штреков оставлены различные по сопротивляемости и податливости средства охраны. Это приводит к неравномерным смещениям пород на контуре штреков, образованию трещин и разломов пород, к сползанию.

Примерно одинаковые с точки зрения степени деформации выработок способы охраны вентиляционных штреков целик—целик и костры—бутовая полоса, хотя характер смещения пород при этих способах различный.

При охране вентиляционных штреков целиками преимущественно имеет место выдавливание боковых пород в форме изгиба слоев (пучения) под действием опорного давления, концентрирующегося на целиках.

При способе охраны костры — бутовая полоса происходит сближение контура сечения выработки в основном за счет опускания кровли, чему способствует податливость костров и бутовой полосы. Но так как на крутых пластах в выработанном пространстве нагрузка на целики, направленная по нормали, незначительна, масштабы выдавливания пород соизмеримы с опусканием кровли пласта при охране костры — бутовая полоса.

Трудности, связанные с восстановлением вентиляционных штреков по завалу, вынуждают в некоторых случаях проводить вентиляционные штреки ниже отметки бывшего откаточного горизонта, так называемые «минусовые» штреки.

Инструментальные наблюдения в «минусовых» вентиляционных штреках были проведены на пласте l_3 шахты им. К. Е. Ворошилова (гор. 830 м), на пластах m_4^3 и m_4^4 шахты «Красный Профинтерн» (гор. 645 м).

На рис. 59 приведены графики скоростей смещения пород в вентиляционных штреках, проведенных на минусовых отметках и по завалу. Для сравнения выбраны вентиляционные штреки, находящиеся в сходных горно-геологических условиях и имеющие одинаковые средства охраны.

Охрана вентиляционных штреков пластов m_4^4 и k_4 осуществлялась по способу угольный целик-бутовая полоса. Максимальные смещения пород были отмечены в направлении b и на участке $(-5) \div (+50)$ м от лавы составили 195 мм для минусового штрека и 214 мм для штрека, пройденного по завалу. Максимальная скорость смещения пород в штреке пласта m_4^4 составляет 12 мм/сут и отмечена в 10 м за лавой; в штреке пласта k_4 (6 мм/сут) — в 28 м за лавой (рис. 59, а). За лавой смещения пород в обоих штреках затухают, причем в

«минусовом» штреке кривая смещений пород начинает выполаживаться раньше.

Вентиляционные штреки пластов m_4^3 и k_8 сохранились угольными целиками. Размер угольного целика по паде-

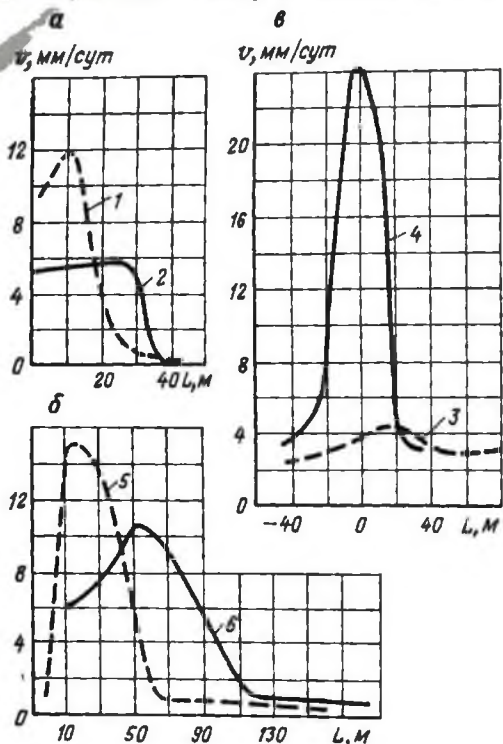


Рис. 59. Скорость смещения пород в вентиляционных штреках пласта (пунктирной линией показаны скорости в штреках с отрицательными отметками):

1 — m_4^4 (шахта «Красный Профитерн», гор. 646 м); 2 — k_8 ,

пройденного по завалу (шахта «Юнком», гор. 596 м); 3 — m_4^3

«Красный Профитерн», гор. 645 м); 4 — k_8 , пройденного по за-

валу (шахта «Красный Профитерн», гор. 645 м); 5 — l_1 , пройденного по завалу (шахта им. В. И. Ленина, гор. 640 м); 5 — l_1 (шахта

лу (шахта им. К. Е. Ворошилова, гор. 830 м)

нию для штрека пласта m_4^3 был равен 4 м, для штрека пласта k_8 — 8 м. Максимальные смещения пород были отмечены в направлении а. На участке $(-3) \div (+190)$ м от лавы они составили 460 мм для минусо-

вого штрека и 405 мм для штрека, пройденного по завалу. Несколько большая величина смещения пород в «минусовом» штреке объясняется раздавливанием угольного целика под штреком. Максимальная скорость смещения пород в штреке пласта m_3 составляет 15 мм/сут и отмечается в 10 м за лавой, в штреке пласта k_8 (10,5 мм/сут) — в 50 м за лавой (рис. 59, б). Затухание смещений пород отмечается в «минусовом» штреке раньше (в 60 м за лавой), чем в пройденном по завалу (в 120 м за лавой).

Охрана вентиляционного штрека пласта l , пройденного в одном случае по завалу, а в другом — на минусовой отметке, осуществлялась по способу угольный целик — бутовая полоса. Штреки пройдены с опережением лавы более чем на 100 м.

Максимальные смещения пород были отмечены в направлении a . На участке $-55 \div +2$ м они составили 100 мм для «минусового» штрека и 325 мм для штрека, пройденного по завалу; на участке $0 \div +40$ м за лавой — соответственно 170 мм и 545 мм. Максимальная скорость смещения пород в «минусовом» штреке составляет 4,5 мм/сут и отмечена в 20 м за лавой; в штреке, пройденном по завалу, — 24 мм/сут на линии забоя лавы (рис. 59, в). Примерно в 30 м за лавой в обоих штреках отмечается выполаживание кривой смещения пород.

Таким образом, в «минусовых» штреках, так же как и в штреках, пройденных по завалу, при проведении их с небольшим опережением очистного забоя скорости смещения пород больше, чем при проведении со значительным опережением очистных работ и погашаемых за лавой. Характерной особенностью смещения пород в «минусовых» штреках по сравнению со штреками, пройденными по завалу и охраняемыми сверху угольными целиками, является быстрое затухание смещений за лавой. В «минусовых» штреках (при размере угольного целика по восстановлению 3 м) происходило быстрое разрушение угольного целика, что способствовало своеобразной разгрузке массива.

Рассмотрим значения u при различных размерах угольного целика над «минусовыми» вентиляционными штреками:

Размеры целика, м	3	6	16	18	29
u , мм	296	667	543	451	364

Смещения пород при целиках размерами 3 и 29 м примерно одного порядка, в то же время при целике 6 м они выше, что указывает на существование такого размера целика, при котором смещения будут наибольшими.

Аналогичный характер смещения пород отмечается в вентиляционных штреках, пройденных вприсечку к выработанному пространству в условиях полого залегания.

Это связано с тем, что при целиках размером 3—4 м минусовые штреки поддерживаются впереди лавы в условиях разгрузки, связанной с разрушением целиков. Целики размером примерно 8—10 м разрушаются медленно и вызывают концентрацию напряжений вокруг штрека. При целиках размером свыше 20 м условия поддержания выработок приближаются к условиям поддержания их в массиве.

§ 8. Ремонт подготовительных выработок

Динамика ремонта выработок по своему характеру соответствует динамике проявления опорного давления.

В табл. 26 приведены усредненные данные замеров поперечных сечений в 72 откаточных штреках по трем группам устойчивости в зависимости от расстояния до забоя лавы, что позволяет судить о месте ремонта выработок.

Таблица 26

Группы выработок	Сечение штреков на различном удалении от лавы, % от первоначального			
	-50 м	0	+20 м	+50 м
I	100	94	87	85
II	99	89	80	74
III	90	65	60	50

Из табл. 26 следует, что выработки III группы в районе сопряжения с лавой требуют полного ремонта. Обследование таких выработок показывает, что для нормальной работы под погрузочными люками производится расширение штреков с заменой деформированной крепи и подрыва почвы. В 50 м за лавой сечение выработок III группы после перекрепления снова не удов-

Влияние выпуска пород при ремонте					
Откаточный штрек пласта m_4^0 шахты им. Артёма (гор. 740 м)		Откаточный штрек пласта m_2 «Комсомолец» (гор. 740 м)		Откаточный штрек пласта m_5^1 шахты «Комсомолец» (гор. 740 м)	
L, м	v , мм/сут	L, м	v , мм/сут	L, м	v , мм/сут
-45 ÷ -40	3,4	-41 ÷ -24	2,22	-51 ÷ -24	26,2
Перекрепление		-24 ÷ -10	5,25	Перекрепление	
-31 ÷ -21	11,2	-10 ÷ -1	8,8	-12 ÷ +14	31,5
-21 ÷ -16	26,2	-1 ÷ +5	9,5	Перекрепление	
-16 ÷ -2	17,5	+5 ÷ +13	14,3	+30 ÷ +36	15,0
-2 ÷ +4	6,45	+13 ÷ +21	19,4	+36 ÷ +50	14,6
Перекрепление		+21 ÷ +32	10,3	+50 ÷ +70	12,3
+9 ÷ +15	8,2	Перекрепление		+70 ÷ +112	9,5
+15 ÷ +32	6,3	+61 ÷ +81	2,52		
+32 ÷ +50	4,04	+86 ÷ +103	2,42		
		+103 ÷ +237	1,43		

на скорость смещения контура выработок							
Откаточный штрек пласта m_4^0 шахты им. Артёма (гор. 620 м)		Откаточный штрек пласта m_2 шахты им. М. И. Калинина (гор. 740 м)		Вентиляционный штрек пласта m_3 шахты им. В. И. Ленина (гор. 640 м)		Вентиляционный штрек пласта m_5^1 шахты им. В. И. Ленина (гор. 640 м)	
L, м	v , мм/сут	L, м	v , мм/сут	L, м	v , мм/сут	L, м	v , мм/сут
-51 ÷ -30	8,3	-34 ÷ -24	3,8	-15 ÷ +5	29,0	0 ÷ +6	15,0
-30 ÷ -6	13,9	-24 ÷ -3	29,6	+5 ÷ +35	15,5	+6 ÷ +11	11,0
Перекрепление		-3 ÷ +12	11,3	+35 ÷ +52	5,8	+11 ÷ +17	9,0
0 ÷ +6	20,2	+12 ÷ +34	6,0	+52 ÷ +78	5,7	+17 ÷ +26	5,4
+6 ÷ +32	7,1	Перекрепление		+78 ÷ +102	8,0	Перекрепление	
+32 ÷ +71	2,9	+57 ÷ +67	8,6	Перекрепление		+34 ÷ +51	8,7
+71 ÷ +103	1,27	+67 ÷ +85	3,5	+115 ÷ +123	13,4	+51 ÷ +75	3,6
+103 ÷ +133	1,07	+85 ÷ +104	2,1	+123 ÷ +136	2,5	+75 ÷ +95	3,1
		+104 ÷ +131	1,8	+137 ÷ +154	7,1		

летворяет требованиям эксплуатации и при откатке угля на задний квершлаг или при сплошной системе разработки выработки подлежат ремонту.

Выработки I и II группы при столбовой системе разработки практически эксплуатируются без ремонта, а в случае сплошной системы или откатки на задний квершлаг штреки II группы перекрепляются в 70—80 м за лавой. В выработках I группы производится, как правило, средний ремонт.

Ремонт выработок влияет на скорость смещения пород. Чем чаще перекрепляют выработку, тем длительнее процесс затухания смещений пород за лавой. Кроме того, работы по перекреплению, особенно в районе сопряжения штрека с лавой, способствуют условию возникновения завала. Поэтому большое значение имеет правильный выбор начального сечения выработки, а также крепь, конструктивная податливость которой совпа-

дает с направлением максимальных смещений, чтобы участок под лавой обрабатывался без перекрепления.

В табл. 27 приведены максимальные скорости смещения пород на некоторых экспериментальных участках до и после перекрепления (замерные станции после перекрепления устанавливались в том же сечении).

Перекрепление штреков позади лавы вызывает увеличение скорости смещения пород (откаточные штреки пластов m_4^0 и m_3 ш/у «Александр—Запад», вентиляционные штреки пластов m_5 и m_5^1) в 1,25—1,9 раз.

Перекрепление восточного откаточного штрека пласта m_5 производилось в районе забоя лавы II, как следствие этого, максимальная скорость смещения пород здесь была выше, чем в западном штреке, где выработка не перекреплялась.

Большая скорость смещения пород за лавой в отката-

точном штреке пласта m_5^1 шахты «Комсомолец» объясняется перекреплением штрека перед лавой и в районе забоя лавы.

Влияние ремонта на смещение пород по контуру сечения штрека сказывается и в том случае, когда производится подрывка пород или расширение части штрека.

Сохранность подготовительных выработок и частот их ремонта во многом зависят от вида, конструкции и материала крепи. На крутых пластах частота повреждения выработок, закрепленных деревом, примерно в 5 раз выше, чем закрепленных крепью АП. Несмотря на то что трудоемкость перекрепления 1 м выработок с деревянной крепью ниже, чем с металлической, задолженность рабочих на поддержание выработок, закрепленных деревянной крепью, на 60% выше по сравнению с выработками, закрепленными металлической арочной податливой крепью. Связано это с тем, что деревянная крепь применяется в штреках с небольшим сечением, поэтому она чаще ремонтируется, но с меньшим выпуском породы.

Анализ влияния величины сечения штреков на ремонт [29] показал, что увеличение сечения на 1 м² в свету снижает частоту ремонта в среднем в 1,3 раза.

С увеличением сечения штреков на 1 м² трудоемкость проведения возрастает на 4,5%, но при этом снижается трудоемкость работ по поддержанию на 27—30%.

Из изложенного следует, что проведение штреков с запасом по поперечным сечениям на величину смещений пород уменьшает затраты на поддержание в зоне влияния очистных работ, а в некоторых случаях может обеспечить безремонтное поддержание. При этом больший эффект может быть достигнут при применении крепей направленной и повышенной податливости.

За период 1965—1973 гг. в Центральном районе Доубасса численность рабочих, занятых на ремонте горных выработок, сократилась в 1,6 раза. Связано это в первую очередь, с тем, что за эти годы сечение выработок на шахтах крутых пластов увеличилось в среднем с 6,8 до 8,1 м². Из других факторов, способствовавших снижению ремонта выработок в эти годы, следует отметить группирование пластов на полевые штреки, уменьшение объема применения угольных целиков для охраны выработок. При отработке пластов на задний квершлаг

или при сплошной системе разработки выработки, охраняемые целиками, ремонтируются в 1,2—1,5 раза чаще, чем выработки, охраняемые кострами.

Эффективность рациональной планировки и своевременного погашения выработок с точки зрения уменьшения протяженности поддерживаемых выработок и объема ремонта может быть показана на примере шахты им. В. И. Ленина объединения Артемуголь (табл. 28).

Таблица 28

Годы	Протяженность поддерживаемых пластовых штреков, км	Удельный вес полевых выработок, %	Объем ремонтных работ, км	Численность рабочих на ремонте	Протяженность поддерживаемых откаточных штреков на 1000 т суточной добычи, км
1966	53,9	27,3	39,0	354	5,0
1972	40,3	39,7	15,2	201	2,56

Как отмечалось выше, характерной деформацией штреков крутых пластов является уменьшение их ширины за счет смещений пород висячего бока. Поэтому основным видом ремонта выработок шахт Центрального района Донбасса можно считать их расширение с выпуском породы из боков и в меньшей мере из кровли. Пучение почвы, а следовательно, и подрывка ее, менее характерны для шахт с крутыми пластами, чем для шахт с пологими.

Расширение выработок при перекреплении производят, как правило, отбойными молотками. Рыхление пород почвы при подрывке тоже производят отбойными молотками и вручную грузят в вагонетки. Анализ ремонта выработок, связанного с подрывкой пород почвы, показывает, что этот процесс на угольных шахтах страны не механизирован. Попытки механизировать в какой-то мере подрывку почвы заключались в применении породопогрузочных машин, проходческого комбайна или создания специального комплекса, сочетающего в себе механизм по подрывке, навалке и транспортированию породы в вагонетках. Подрывка пород почвы породопогрузочной машиной ППМ-4 осуществлялась на шахте им. Ильича в г. Кадиевке.

На шахте № 4 «Нововолынская» комбината Укрзападуголь применялся комбайн для подрывки почвы, созданный на базе электродвигателей и редуктора комбайна «Донбасс» и конвейера СКР-11.

Указанные виды механизации использовались только при столбовой системе разработки, когда подрывка почвы осуществлялась по всему штреку до начала очистных работ.

Из зарубежной практики известно применение рывочной машины «Зальцгиттер», представляющей собой погрузочную машину с исполнительным органом ковшового типа нижнего захвата. Ковш машины оснащен ударными пневматическими молотками. Проходческая машина фирмы «Гаусгерр» подрывает породу ковшем с группой ударных механизмов и перегружает ее на конвейер.

Из-за наличия большого количества выработок и разбросанности ремонта механизмы для подрывки почвы используются недостаточно производительны, особенно там, где производится интенсивная откатка груза. Поэтому решать проблему борьбы с пучением необходимо не только созданием специальных средств, механизмирующих подрывку пород, но и разработкой средств охраны, устраняющих или снижающих пучение.

Ремонт выработок производится, в зависимости от производственной ситуации, в одну или несколько смен. Численность бригады по ремонту зависит от объема и характера ремонтных работ и составляет не менее 2 человек.

Значительной трудоемкостью отличаются ремонтные работы при восстановлении вентиляционных штреков по завалу, связанные, как правило, с ручной разборкой, погрузкой и откаткой породы. Применение машины ПМЛ-5 почти не увеличивает темпы восстановления вентиляционных штреков, так как большой удельный вес в общем цикле работ приходится на ручную разборку породы, на извлечение оставленной металлической крепи, осложняющей работу погрузочной машины.

Средняя скорость восстановления выработок по завалу составляет 33 м/мес, а по некоторым выработкам не превышает 16—20 м/мес. Трудоемкость восстановления 1 м выработки — 3—5 чел-смен.

Трудоемкость восстановления зависит от характера завала (полный или частичный) и крепости обрушенных пород. Соотношение восстанавливаемых штреков в зависимости от крепости пород составляет: 42% — при $f=3 \div 4$; 41% — при $f=5 \div 6$; 17% — при $f=7 \div 10$.

Крепь от ремонта выработок, а также извлекаемую при погашении восстанавливают, как правило, в шахте на гидропрессах ПАК-150. Средняя производительность восстановления — 15—20 комплектов в смену. Обслуживают гидропресс 2 человека. Для извлечения крепи применяют переоборудованные для этой цели комбайновые лебедки ГКЛ-1Л, лебедки ЛИМ, домкраты. Трудоемкость извлечения составляет 2—4 комплекта на 1 чел.-смену.

На шахтах Центрального района Донбасса повторно используется около 70% металлической крепи. Большой процент крепи приходится на так называемые законсервированные выработки.

Протяженность таких выработок с металлической крепью по объединению Артемуголь составляет 170 км, а по объединению Орджоникидзеуголь — 90 км. Учитывая, что законсервированные выработки подвергаются воздействию очистных работ пластов свиты, они, как правило, плохо проветриваются, потери крепи в таких выработках достигают 70%.

О состоянии законсервированных выработок можно судить, например, по шахте им. К. А. Румянцева (табл. 29).

Консервация штреков не всегда целесообразна, так как значительная деформация крепи не позволяет эффективно использовать такие выработки повторно. Вопрос консервации штреков для повторного их использования должен решаться на основе изыскания технических средств, способствующих сохранности контура выработок без оставления в них крепи, например закладкой штреков породой. Задача снижения частоты ремонта и его объема должна решаться на основе рациональной планировки горных работ, расположения, охраны и крепления выработок, а в некоторых случаях и на базе механизации работ по подрывке и уборке деформированных пород. Более экономичным и технологичным является первое направление.

Таблица 29

Штреки	Общая протяженность законсервированных штреков, км	Неудовлетворительное сечение	
		км	%
Откаточные	26,7	15,9	86
Вентиляционные	35,9	30,5	
Итого	62,6	46,4	74

Поддержание выработок в удовлетворительном состоянии определяется не только горно-геологическими и горнотехническими факторами, но и организационными — временем ремонта выработок, длительностью ремонта и др.

С точки зрения контроля и организации ремонта заслуживает внимания предложение авторов [41] ввести на шахтах карты поддержания. Карты поддержания дали бы возможность соответствующим службам шахты на основании фактического материала производить оценку развития ремонтных работ, планировать эти работы и принимать обоснованные решения по поддержанию выработок.

Глава IV.

СТОИМОСТЬ ПОДДЕРЖАНИЯ ПОДГОТОВИТЕЛЬНЫХ ВЫРАБОТОК

§ 9. Методика сбора и обработки фактических данных по поддержанию штреков

Уровень затрат на поддержание горных выработок является одним из существенных факторов при решении целого ряда задач горного дела: расчете размеров шахтного поля; выборе способа вскрытия и порядка отработки; расчете расстояний между участковыми и промежуточными кваршлагами.

Необходимость знания величины затрат объясняется еще и тем, что снижение стоимости поддержания может быть достигнуто только после тщательного изучения влияния факторов, под действием которых изменяется ее величина. Важность данного вопроса подтверждается значительным количеством работ, посвященных определению затрат на поддержание выработок. Однако единого общепризнанного метода определения этих затрат нет до настоящего времени. Одним из первых методов расчета затрат на поддержание выработок является метод, в основу которого положено предположение, что стоимость поддержания единицы длины выработки в единицу времени является постоянной для данных условий. Исходя из этого предположения для расчетов были предложены две основные формулы:

для выработок постоянной длины

$$R = rlt; \quad (24)$$

для выработок переменной длины

$$R = \frac{rlt}{2}, \quad (25)$$

где R — стоимость поддержания выработки за определенный период времени; r — стоимость поддержания единицы длины выработки в единицу времени; l — длина поддерживаемой выработки; t — время, в течение которого поддерживается выработка.

Основным преимуществом данного метода является простота, однако он обладает и существенным недостатком. Как показали дальнейшие исследования, величина R является переменной по длине выработки и зависит от действия целого ряда горнотехнических и горно-геологических факторов. Изменение одного или нескольких факторов влечет за собой изменение стоимости поддержания единицы длины выработки. Анализируя обширный фактический материал по поддержанию выработок, многие исследователи пришли к более сложным зависимостям. Так, в 1929 г. С. И. Кривко [22] опубликовал работу, в которой предложил формулу для расчета стоимости поддержания выработок с учетом действия первичного горного давления:

$$R = r_1 l + \frac{r_2 l t}{2}, \quad (26)$$

где r_1 — стоимость поддержания единицы длины выработки, вызванная действием первичного давления; r_2 — то же, вызванная действием вторичного давления.

Длительный период времени предложение С. И. Кривко не использовалось для расчетов, хотя большинство исследователей признавало, что практически оно лучше других отражает влияние давления горных пород на разрушение крепи выработок.

В 1931 г. С. М. Липкович [27], рассматривая вопрос поддержания подготовительных выработок при сплошной системе разработки, отмечает, что в данном случае имеют место три характерные зоны и общую стоимость поддержания выработки необходимо определять как сумму затрат в каждой зоне:

$$R = r_1 l_1 t + r_2 l_2 t + \frac{r_3 l_3 t}{2}, \quad (27)$$

где r_1, r_2, r_3 — стоимость поддержания единицы длины выработки в единицу времени в соответствующей зоне; l_1, l_2, l_3 — длины зон поддержания; t — время, в течение которого поддерживается выработка.

Изучая характер проявления горного давления и смещение пород в докаточного штрека, испытывающего влияние очистных работ, В. Т. Давидяц [18] указывал на наличие трех зон давления (см. рис. 10). Первая зона охватывает участок выработки, находящийся впереди очистного забоя, и не испытывает его влияния. Приближение очистного забоя вызывает интенсивное смещение пород. Участок выработки длиной 10—25 м впереди забоя лавы и 40—100 м позади него испытывает наиболее интенсивное влияние очистных работ. На этом участке происходит сильное поддувание почвы, значительные поломы крепи. За второй зоной начинается третья и охватывает всю остальную часть выработки позади очистного забоя. В первых двух зонах происходит около 70—80% всех сдвижений окружающего массива и породы к началу третьей зоны несколько уплотняются. Таким образом, породы на участке зоны установившегося горного давления находятся в состоянии, близком к равновесному. По мере подвигания очистного забоя и увеличения длины штрека первая и вторая зоны перемещаются, сохраняя свою длину постоянной, а третья зона увеличивается.

Затраты на поддержание выработки в третьей зоне постепенно стабилизируются по мере удаления от второй зоны.

Ввиду того что затраты на ремонт выработок являются следствием воздействия горного давления, можно предположить, что характер их распределения по длине выработки будет аналогичен смещению горных пород.

Впервые такая задача была поставлена и решена С. Е. Розенбергом [37] методом попикетного учета затрат на поддержание выработок. Сущность данного метода заключается в следующем: каждая выработка разбивается на участки — пикеты длиной 40 м. (В настоящее время все выработки разбиваются на пикеты длиной 20 м).

Положение пикетов наносится на план горных работ. Фактические затраты на поддержание учитываются по каждому пикету отдельно. Последующая обработка данных попикетного учета затрат основана на том, что пикеты, оставаясь неподвижными в пространстве, изменяют во времени свое расстояние до очистного забоя по

мере его подвигания. Последующий по номеру пикет через некоторое время повторяет положение предыдущего по показателю «расстояние до очистного забоя». Период повторения равен частному от деления длины пикета на скорость подвигания очистного забоя. Пользуясь отмеченным свойством повторяемости, можно систематизировать пикеты по равноудаленности от очистного забоя в разные месяцы, а следовательно, и затраты на их поддержание. Сгруппированные таким образом данные наносятся на график, где по отложено расстояние пикетов (их середина от очистного забоя, по оси ординат — расходы на поддержание пикета в месяц. Допуская, что месячные затраты на поддержание пикета равномерно распределены по всей его длине, уменьшаем масштаб по оси ординат в число раз, равное длине пикета. Полученная кривая 1 (рис. 60)

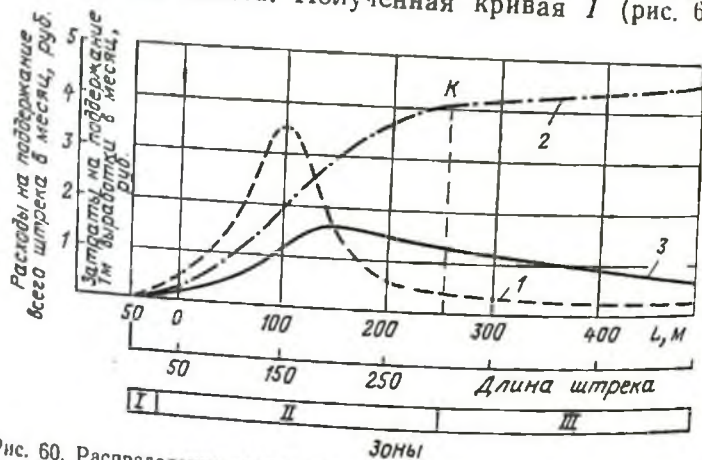


Рис. 60. Распределение затрат на поддержание по длине выработок (по С. Е. Розенбергу) (Расходы на поддержание приведены в сотнях руб.)

характеризует месячные расходы на поддержание 1 м выработки в разных точках в зависимости от расстояния до очистного забоя.

Для определения общих расходов на поддержание всей выработки С. Е. Розенберг рекомендовал проинтегрировать уравнение кривой 1 в пределах от 0 до l :

$$R = \int_0^l f(l) dl.$$

Ввиду того что определение функции $f(l)$ необходимо устанавливать для каждой выработки, автор использовал метод приближенного интегрирования, в результате чего получил кривую 2, которая характеризует месячные затраты на поддержание выработки определенной длины. Путем деления ординат кривой 2 на длину выработки получена средняя стоимость поддержания 1 м/мес (кривая 3), которая рекомендуется авторами для практических расчетов.

Необходимо отметить некоторые недостатки такого подхода к решению задачи по определению стоимости поддержания единицы длины выработок. Так как кривая 1 характеризует затраты на поддержание 1 м выработки в отдельных точках в зависимости от расстояния до очистного забоя, то она будет перемещаться вслед за подвиганием очистных работ. Следовательно, кривыми 2 и 3 можно пользоваться только в данный момент и нельзя их использовать для определения затрат на поддержание выработок вообще. Если мы имеем месячные затраты на поддержание выработки без пикетного учета, то автор рекомендует определять среднюю стоимость поддержания 1 м выработки. В дальнейших расчетах по определению влияния основных факторов на величину затрат С. Е. Розенберг полностью использовал такие данные, а это значит, что, установив определенное влияние очистных работ на стоимость поддержания выработок и доказав наличие характерных зон поддержания, автор не внес существенных изменений в методику определения стоимости поддержания горных выработок. Процесс накопления затрат на поддержание следует рассматривать при непрерывном изменении положения каждого метра выработки относительно очистного забоя в сторону выработанного пространства. Необходимость разработки единого метода определения затрат на поддержание выработок очевидна. Такой метод должен включить в себя следующие этапы:

определение общей стоимости поддержания выработок за определенный период времени, математическое выражение ее, правильно объясняющее процесс накопления затрат на ремонт;

определение стоимости поддержания единицы длины выработки в каждой зоне отдельно для выработок, ис-

пытающихся влияние очистных работ, и среднюю величину ее для выработок, не подверженных влиянию очистных работ;

установление степени влияния основных горнотехнических и горно-геологических факторов на стоимость поддержания единицы длины выработки в каждой зоне поддержания.

Применение такого метода позволит не только определить величину затрат на поддержание горных выработок, но и правильно объяснить причины, вызывающие ремонт, и, следовательно, наметить пути по уменьшению вредного влияния тех или иных факторов. Решению данного вопроса посвящена работа ДонУГИ [18], основанная на том, что при подвигании очистных работ каждый метр выработки не может длительное время находиться в одной точке, он постоянно изменяет свое положение относительно забоя лавы и, следовательно, оказывает различное ее влияние. Время, в течение которого 1 м проходит каждую точку, равно $\frac{1 \text{ м}}{v}$ (v — скорость очистных работ). За это время затраты на поддержание 1 м выработки создаются не в точке, а при перемещении на 1 м. Поэтому ординаты кривой 1 (рис. 61) затрат на

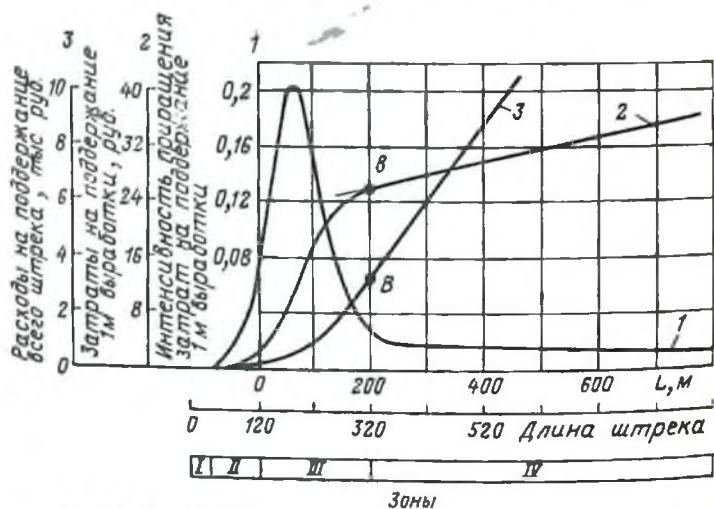


Рис. 61. Распределение затрат на поддержание по длине выработки (по ДонУГИ)

поддержание 1 м в разных точках, отражающей непрерывность процесса, должны иметь размерность в руб/м². При движении очистных работ каждый метр выработки будет испытывать все стадии ремонта и поэтому после деления значений кривой $f(l)$ (см. рис. 60) на скорость очистных работ может рассматриваться как интенсивность приращения затрат на ремонт 1 м перемещающегося в сторону выработанного пространства. Интегральная кривая интенсивности будет представлять собой затраты на ремонт 1 м выработки на данном перемещении от забоя лавы, а величина их определяется путем решения интеграла:

$$r = \int_{-l_2}^l f(l) dl, \quad (29)$$

где l_2 — участок зоны влияния очистных работ впереди лавы (зона временного опорного давления); l — длина выработки от лавы до начала штрека.

Общие затраты на поддержание всего штрека могут быть определены из выражения

$$R = \int_{-l_2}^l \int_{-l_2}^l f(l) dl dl. \quad (30)$$

Данные инструментальных наблюдений показывают, что смещение пород в пластовых штреках, испытывающих влияние очистных работ, постепенно затухая, на определенном расстоянии от лавы практически приближается к некоторому пределу или вообще прекращается. Аналогично этому и интенсивность приращения затрат на поддержание 1 м выработки постепенно затухает. Как видно (см. рис. 61) на расстоянии 200 м интенсивность приращения затрат на поддержание значительно снижается, а затем в зоне установившегося горного давления стабилизируется. Практически в этой зоне стоимость поддержания единицы длины выработки в единицу времени может быть принята величиной постоянной. Принимая во внимание такой характер распределения ремонтных работ, можно определить общую стоимость поддержания выработки за весь срок службы по выражению

$$R = \int_{-l_2}^{l_2} \int_{-l_2}^{l_2} f(l) dl dl + r_{2,3} (L - l_2) + \frac{r_4 l_4 t}{2}, \quad (31)$$

где $r_{2,3}$ — уровень затрат на поддержание 1 м выработки за время пребывания его в зоне влияния очистных работ; L — общая длина выработки за лавой в сторону выработанного пространства; l_3 — участок зоны влияния очистных работ за лавой в сторону выработанного пространства; l_4 — длина зоны установившегося горного давления; r_4 — уровень затрат на поддержание 1 м выработки в год в зоне установившегося горного давления; t — время, в течение которого поддерживается выработка.

При сплошной системе разработки пластовая выработка поддерживается во всех зонах и стоимость ее поддержания можно определить по выражению (31). Если пласт отрабатывается обратным ходом и лавы погашаются по мере подвигания лавы, стоимость ее поддержания может быть определена по тому же выражению, но с той лишь разницей, что второе слагаемое будет характеризовать затраты на поддержание выработки, находящейся впереди очистного забоя и не испытывающей влияния очистных работ (при сплошной системе это первая зона). При применении конвейерного транспорта в откаточном штреке участок выработки позади лавы может не оставлять и первое слагаемое выражения (31) будет характеризовать величину затрат на поддержание выработки во второй зоне.

Если выработка не испытывает влияния очистных работ, стоимость ее поддержания определяется третьим слагаемым выражения (31).

Таким образом, математическое выражение стоимости поддержания выработок при позонном определении ее является общим для всех систем разработки.

Для того чтобы решить выражение (31), необходимо знать стоимость поддержания единицы длины выработки в каждой зоне. В настоящее время для определения единичной стоимости, т. е. стоимости 1 м выработки, существует два метода.

Первый метод предусматривает попикетный учет данных по поддержанию выработок и является наиболее правильным, однако, учитывая длительность и трудоемкость его, не может быть успешно применен во всех случаях для расчетов стоимости поддержания.

Второй метод, предложенный ДонУГИ [18], предусматривает определение стоимости поддержания 1 м выработки в зоне влияния очистных работ по способу на-

растающего итога. Сущность данного способа состоит в следующем: из шахтной документации производится выборка данных по поддержанию выработки за каждый месяц, а затем эти данные наносятся на график. По оси абсцисс откладывается расстояние от начала выработки до очистного забоя, по оси ординат — месячная стоимость поддержания выработки. Откладываемая стоимость каждого последующего месяца включает в себя стоимость всех предыдущих. Построенный таким образом график изображен на рис. 62.

На некотором удалении от забоя лавы существует точка *A*, после которой кривая имеет близкий к прямолинейному участок.

Точка сопряжения прямолинейного и криволинейного участков соответствует моменту, когда зона влияния очистных работ уже сформировалась.

Дальнейший прирост затрат на поддержание выработки постоянный, что подтверждает прямолинейность участка кривой, и он вызван действием очистных работ.

Следовательно, если провести через точку *A* прямую, параллельную оси абсцисс, то она образует с прямолинейной частью графика угол, тангенс которого равен стоимости поддержания 1 м выработки в зоне влияния очистных работ.

Такой подход к определению затрат на поддержание выработок в зоне влияния очистных работ был бы справедлив лишь в том случае, когда к моменту окончания формирования этой зоны сдвигание горных пород, вызванное выемкой пласта, полностью прекратится. Однако в действительности этого не происходит. В зоне установившегося (стационарного) горного давления наблюдаются небольшие опускания пород кровли, поднятие почвы и величина их зависит от времени, в течение которого поддерживается выработка. В условиях крутых

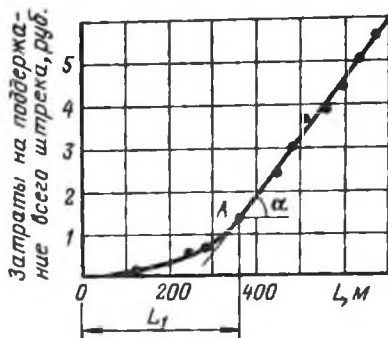


Рис. 62. Формирование затрат (тыс. руб.) на поддержание выработки определенной длины

пластов имеет место также определенная активизация смещения пород в зоне установившегося горного давления за счет выемки соседних пластов. Все это приводит к возникновению ремонтных работ и после формирования зоны влияния очистных работ. На рис. 63 пред-

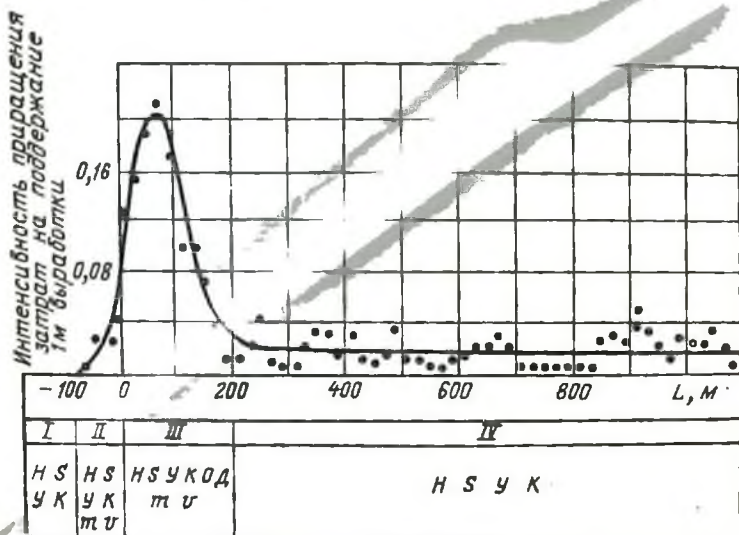


Рис. 63. Распределение факторов по зонам поддержания:

Н — глубина расположения выработки; С — площадь поперечного сечения выработки; У — устойчивость породы; К — вид крепи; о — способ охраны выработки; т — мощность угольного пласта; в — скорость движения очистного забоя; Д — способ управления кровлей

лен график приращения затрат на поддержание 1 м западного откаточного штрека пласта K_4^1 «Андреевский» шахты им. Румянцева. Как видно из рисунка, основной ремонт выработки производится в зоне влияния очистных работ, где в течение года было израсходовано более 13 тыс. руб. Очистные работы за это время переместились на 340 м по длине выработки. Однако ремонтные работы производились и в зоне установившегося давления, которая охватывает участок выработки длиной 1,8 км. Ремонтные работы на этом участке включили в себя замену поломанной затяжки, небольшую подрывку пород почвы (0,2—0,3 м), замену отдельных

деталей крепи. На поддержание этого участка выработки в течение года было израсходовано 12,4 тыс. руб. Величина затрат на поддержание 1 м в этой зоне равна 7,2 руб. в год.

Приведенные данные показывают, что необходимо определять стоимость единицы длины выработки не только в зоне влияния лавы, но и в зоне установившегося горного давления. Так как интенсивность приращения затрат в этой зоне близка к постоянной, о чем свидетельствует равномерный разброс точек на рис. 63, то для определения общей стоимости поддержания выработки в этих условиях может быть использовано выражение (25). Стоимость поддержания 1 м выработки в зоне установившегося горного давления определяется на основании данных попикетного учета затрат, а также данных шахтной документации. При этом время поддержания выработки за лавой должно быть не менее одного года. Обработав полученные данные методами математической статистики, можно определить степень влияния факторов на стоимость поддержания единицы длины выработки в единицу времени. Если от общей стоимости поддержания единицы длины выработки ($tg \alpha$, рис. 62) вычесть стоимость в зоне установившегося горного давления, то получим стоимость поддержания единицы длины выработки в зоне влияния очистных работ. Таким образом, предварительное определение затрат на поддержание выработки в зоне установившегося горного давления позволяет использовать для исследований не только данные попикетного учета, но и данные шахтной документации.

Для определения стоимости поддержания выработок в различных условиях необходимо знать, какие факторы и как влияют на ее величину.

Существующие методы определения затрат на поддержание выработок учитывают влияние горно-геологических и технических факторов, принимая его постоянным по всей длине выработки. Для анализа влияния факторов на рис. 63 приведен график интенсивности приращения затрат на поддержание 1 м выработки в четырех зонах поддержания.

Выработка в первой зоне не испытывает влияния очистных работ и находится в массиве угля и пород. Сдвигание окружающего массива происходит только за

счет проведения выработки. Затраты на ее ремонт весьма незначительны или вообще отсутствуют.

Устойчивость этого участка выработки и, следовательно, затраты на его ремонт зависят от вида крепи, площади поперечного сечения, глубины расположения и устойчивости окружающих пород.

Вторая зона поддержания так же, как и первая, находится в массиве угля и пород, однако оказывает влияние очистных работ.

Под действием опорного давления происходит вытеснение пород, иногда наблюдаются обрушения крепи и выработка требует ремонта.

На стоимость поддержания выработки в этой зоне оказывают влияние мощность пласта, скорость подвигания очистного забоя и другие факторы, которые влияют в первой зоне.

В третьей зоне под влиянием очистных работ интенсивность приращения затрат достигает своего максимального значения и величина ее зависит от изменения всего комплекса горно-геологических и горнотехнических факторов.

В четвертой зоне породы находятся в состоянии, близком к равновесному.

Стоимость поддержания здесь относительно невелика и зависит от глубины расположения выработки, вида ее крепи, площади поперечного сечения и свойств окружающих пород.

§ 10. Степень влияния основных факторов на стоимость поддержания выработок

Все факторы, оказывающие влияние на стоимость поддержания выработок, могут быть выделены в две основные группы. К первой группе относятся горно-геологические факторы: глубина разработки; мощность угольного пласта; угол падения пласта; устойчивость окружающих выработку пород.

Во вторую группу входят все горнотехнические факторы: способ проведения выработки; площадь поперечного сечения выработки; вид и тип крепи; система разработки; способ охраны выработки; длина очистного забоя; скорость подвигания очистного забоя; способ управления горным давлением в очистном пространстве;

близость очистных работ; надработка или подработка. Влияние второй группы факторов может быть ослаблено, поскольку это группа управляемых факторов.

Например, значительное сокращение затрат на поддержание подготовительных выработок может быть достигнуто путем перехода на обратный порядок отработки пластов, применения столбовых систем разработки отработкой пластов на передний промежуточный квершлаг, расположением групповых выработок вне зоны подработки (надработки) и т. д.

Рассмотрим влияние каждого фактора на стоимость поддержания выработки.

Вид крепи. Сущность влияния этого фактора состоит в том, что крепи различаются стоимостью, сроками службы, трудоемкостью возведения, возможностью повторного использования. Деревянная крепь, например, имеет значительно меньший срок службы, чем металлическая или крепь из железобетонных стоек. В выработках, подверженных влиянию очистных работ, деревянная крепь полностью выходит из строя, что приводит к значительному расходу леса и к увеличению стоимости поддержания. Применение крепи из железобетонных стоек с металлическими верхняками (в тех же условиях) также приводит к увеличению затрат на поддержание выработки, так как крепь имеет ограниченную податливость и в зоне интенсивных сдвижений деформируется. Восстановление деформированной крепи практически невозможно.

В условиях крутых пластов подготовительные выработки в основном закреплены металлической арочной податливой крепью. Анализ фактических данных свидетельствует о том, что в одинаковых условиях стоимость поддержания выработок, закрепленных деревянной крепью, больше, чем при металлической крепи, в 1,5—3 раза.

Площадь поперечного сечения выработки. С изменением сечения выработки изменяется трудоемкость ремонтных работ и их объем, причем, при прочих равных условиях, величина затрат на поддержание выработки изменяется прямо пропорционально площади поперечного сечения ее.

При определении степени влияния этого фактора необходимо учитывать два возможных варианта:

горного давления, действующего на подготовительные выработки. В определенных условиях влияние близости очистных работ настолько велико, что выработки приходится полностью перекреплять.

До настоящего времени влияние этого фактора заменялось влиянием средней длины поддержания. Это привело к тому, что влияние очистных работ как бы распределялось по всей средней длине, в то время как оно действует только на ограниченном участке впереди и позади забоя лавы.

Наиболее правильным следует считать учет влияния близости очистных работ путем определения стоимости поддержания единицы длины выработки в каждой зоне отдельно. Только путем сравнения расходов в каждой зоне может быть установлена степень влияния очистных работ.

Именно такой подход к определению расходов на поддержание выработок дает возможность правильного сравнения целесообразных систем разработки, схем расположения выработок и других вопросов планирования горных работ.

Количественное влияние основных факторов установлено на основании анализа стоимости поддержания штреков для следующих условий: крутизна — 10°, сечение в свету $S=6,5 \text{ м}^2$; породы — глинистые и песчаные сланцы.

Глубина разработки. Опыт разработки крутых угольных пластов показывает, что с увеличением глубины разработки значительно увеличивается смещение горных пород на контуре выработок и ухудшаются условия их поддержания.

Так как условия поддержания выработки в выделенных характерных зонах различны, влияние глубины расположения на стоимость поддержания установлено для каждой зоны.

Для определения степени влияния глубины расположения выработок на стоимость их поддержания в зоне временного опорного давления использованы данные по пикетных наблюдений в 22 откаточных штреках.

Мощность угольного пласта 0,9 м, скорость подвигания очистных работ 40 м/мес, протяженность зоны временного опорного давления 60 м; система разработки — сплошная.

Сгруппированные данные по стоимости поддержания 1 м откаточного штрека в зависимости от глубины его расположения приведены в табл. 30.

Таблица 30

Глубина расположения штрека, м	Число штреков, по которым определена стоимость поддержания 1 м выработки	Средняя стоимость поддержания 1 м штрека в зоне временного опорного давления, руб.
450—550	7	1,16
550—650	10	1,37
650—750	5	2,55

Большое значение при установлении корреляционных зависимостей имеет обоснованное определение достаточности исходных данных. В основу математического обоснования достаточности наблюдений положена теория вероятностей. Объем выборки определяется уравнением,

$$n = \left(\frac{t\sigma}{\epsilon} \right)^2, \quad (34)$$

где t — аргумент функции нормального распределения (применяется равным 1,65 при условии, что надежность представления выборки генеральной совокупности составляет 0,9); σ — среднее квадратическое отклонение; ϵ — отклонение средней генеральной от средней выборочной (в расчетах принято, что с вероятностью 0,9 ϵ должно быть не более 15%).

Проверяя имеющуюся выборку на достаточность исходных данных, получим, что при $\epsilon=0,3$ руб/м (15% от средней), $\sigma=0,765$ руб/м и $t=1,65$ необходимое число наблюдений составляет 18. Анализируемая выборка объединяет 22 наблюдения, что вполне достаточно для последующих расчетов.

Обработка данных методом корреляционного анализа позволила установить зависимость между стоимостью поддержания 1 м штрека (по прямой заработной плате) в зоне временного опорного давления (руб.) и глубиной разработки:

$$r_2 = 6,6 \cdot 10^{-3} H - 2,3, \quad (35)$$

где H — глубина расположения штрека, м.

Уравнение достоверно в пределах изменения глубины разработки от 400 до 800 м и характеризуется высокими коэффициентами корреляции ($r=0,87$) и надежности связи ($\mu=17,4$), свидетельствующими о значительном влиянии рассматриваемого фактора на стоимость поддержания откаточных штреков в зоне временного опорного давления.

Для определения степени влияния глубины расположения выработок на стоимость их поддержания в зоне интенсивных сдвижений горных пород на контуре выработки использованы фактические данные по 75 откаточным штрекам. Величина затрат на ремонт и поддержание приведена к мощности угольного пласта 0,8 м, скорости подвигания очистного забоя 40 м/мес. Штреки производятся с одной стороны массива, с другой — угольными целиками размером 6×6 м. Метод управления кровлей в очистном пространстве — поддержание на кострах, система разработки — комбинированная.

Сгруппированные данные о стоимости поддержания 1 м штреков в зависимости от глубины расположения приведены в табл. 31.

Таблица 31

Глубина расположения штрека, м	Число штреков, по которым определена стоимость поддержания 1 м выработки	Средняя стоимость поддержания 1 м штрека в зоне интенсивных сдвижений горных пород, руб.
350—450	9	21,7
450—550	26	20,8
550—650	27	20,1
650—750	13	24,1

Анализ имеющегося исходного материала показал, что выборка, объединяющая 75 наблюдений, вполне представительна. С гарантийной вероятностью 0,9 можно утверждать, что вычисленная выборочная средняя (21 руб/м) не будет отличаться от генеральной средней более, чем на 7,5%.

В результате обработки фактических данных получена зависимость между стоимостью поддержания 1 м штрека (по прямой заработной плате) в зоне интенсивных сдвижений горных пород и глубиной разработки:

$$C_3 = 18,15 + 5,7 \cdot 10^{-3}H. \quad (36)$$

Эта зависимость характеризуется весьма малыми коэффициентами корреляции ($r=0,07$) и надежности связи ($\mu=0,6$), свидетельствующими о незначительном влиянии рассматриваемого фактора на стоимость поддержания откаточных штреков в зоне интенсивных сдвижений горных пород.

Исследования для условий расположения откаточных штреков в устойчивых породах показали аналогичную картину.

Для определения степени влияния глубины расположения выработок на стоимость их поддержания в зоне установившегося горного давления использованы фактические данные по 57 откаточным штрекам, которые охраняются с одной стороны массивом угля, с другой — угольными целиками. Способ управления кровлей очистного пространства — удержание на кострах.

Сгруппированные данные по стоимости поддержания 1 м штреков (по прямой заработной плате) в зоне установившегося горного давления в зависимости от глубины расположения приведены в табл. 32.

Таблица 32

Глубина расположения штрека, м	Число штреков, по которым определена стоимость поддержания 1 м выработки	Средняя стоимость поддержания 1 м штрека в год в зоне установившегося горного давления, руб.
300—400	9	1,9
400—500	7	2,5
500—600	12	3,1
600—700	12	4,1
700—800	17	4,7

Представленная выборка объединяет 57 наблюдений, анализ которых показывает, что с вероятностью 0,9 вы-

борочная средняя не будет отличаться от генеральной более чем на 11,4% и, следовательно, по имеющимся данным можно устанавливать корреляционную зависимость между стоимостью поддержания 1 м выработок и глубиной их расположения.

В результате обработки данных методом корреляционного анализа получена следующая зависимость:

$$r_4 = 0,007H - 0,5, \quad (37)$$

где r_4 — стоимость поддержания 1 м штрека в год в зоне установившегося горного давления, руб.

Зависимость достоверна в пределах изменения глубины расположения штрека от 300 до 800 м и характеризуется высокими коэффициентами корреляции ($r = 0,73$) и надежности связи ($\mu = 11,5$), свидетельствующими о значительном влиянии рассматриваемого фактора на стоимость поддержания выработок.

Проведенные исследования показывают, что глубина расположения откаточных штреков в значительной степени влияет на стоимость их поддержания в различных зонах.

Наиболее интенсивный приток воздуха в штреки в зависимости от глубины его расположения наблюдается в зоне установившегося горного опорного давления. При увеличении глубины расположения штрека в этой зоне стоимость поддержания штрека в этой зоне увеличивается почти в 3 раза. В зоне установившегося горного давления при том же увеличении глубины расположения штрека стоимость его поддержания увеличивается в 1,7 раза, т. е. приблизительно пропорционально глубине. В зоне интенсивных смещений горных пород на контуре выработки за забоем влияние глубины весьма незначительно.

Влияние глубины расположения квершлаггов и полевых штреков на стоимость их поддержания. Исследования влияния глубины расположения полевых выработок (не подверженных влиянию очистных работ) на стоимость их поддержания произведено по фактическим данным о затратах на поддержание 67 выработок.

Сгруппированные данные по глубине расположения выработок приведены в табл. 33.

Как видно из табл. 33, с увеличением глубины расположения выработок существенно увеличивается стоимость их поддержания. В результате обработки данных

Глубина расположения выработки, м	Число выработок, по которым определена средняя стоимость их поддержания	Средняя стоимость поддержания 1 м выработки в год, руб.
100—200	5	8,5
200—300	11	12,7
300—400	16	14,7
400—500	15	17,6
500—600	16	20,6
600—700	14	21,9

методом корреляционного анализа получена эмпирическая зависимость

$$r = 0,443N^{0,6}, \quad (38)$$

где r — средняя стоимость поддержания 1 м полевых выработок (не подверженных влиянию очистных работ) по прямой заработной плате и материалам в год, руб.

Мощность угольного пласта. С увеличением мощности пласта в очистном пространстве происходит более интенсивное расслоение и движение отдельных слоев непосредственной кровли, в результате чего возрастают сдвиги на контуре выработки.

Проанализируем степень влияния мощности пласта на стоимость поддержания выработок в различных зонах:

1. *В зоне влияния очистных работ* (зоны временного опорного давления впереди забоя лавы и интенсивных сдвижений горных пород позади забоя лавы). Для исследования влияния мощности угольного пласта на стоимость поддержания выработок в зоне влияния очистных работ были собраны и обработаны данные о затратах на поддержание 40 откаточных штреков.

Система разработки — сплошная, скорость подвигания очистных работ 40 м/мес, глубина заложения выработок 500 м, охрана штреков производится угольными целиками, способ управления кровлей в очистном пространстве — удержание на кострах.

Сгруппированные данные по стоимости поддержания 1 м штрека в зоне влияния очистных работ в зависимо-

сти от мощности угольного пласта представлены в табл. 34.

Таблица 34

Мощность угольного пласта, м	Число штреков, по которым определена стоимость поддержания 1 м	Средняя стоимость поддержания 1 м штрека в зоне влияния очистных работ, руб.
0,41—0,6	10	13,4
0,61—0,8	10	15,4
0,81—1,0	8	22,1
1,01—1,2	12	25,4

Представленная выборка объединяет 40 штреков, анализ которых показал, что с вероятностью 0,9 выборочная средняя не будет отличаться от генеральной более чем на 9% и, следовательно, по имеющимся данным можно устанавливать корреляционную зависимость.

Обработка данных методом корреляционного анализа позволила установить зависимость между стоимостью поддержания 1 м штрека (по прямой заработной плате) в зоне влияния очистных работ и мощностью угольного пласта:

$$r_{2,3} = 0,9 + 22,3 m, \quad (39)$$

где $r_{2,3}$ — стоимость поддержания 1 м штрека (по прямой заработной плате) в зоне влияния очистных работ за время поддержания его в этой зоне, руб/м; m — мощность угольного пласта, м.

Полученное уравнение достоверно в пределах изменения m от 0,4 до 1,2 м и характеризуется высокими коэффициентами корреляции ($r=0,77$) и надежности связи ($\mu=11$), свидетельствующими о значительном влиянии мощности угольного пласта на стоимость поддержания откаточных штреков в зоне влияния очистных работ.

2. В зоне установившегося горного давления. Для определения мощности угольного пласта на стоимость поддержания выработок в зоне установившегося горного давления были проанализированы данные по 44 откаточным штрекам, которые охраняются с одной стороны угольными целиками размером 6×8 м. Система разработки — сплошная, способ управления кровлей в очист-

ном пространстве — удержание на кострах, глубина заложения штреков 550 м.

Сгруппированные данные по стоимости поддержания в зоне установившегося горного давления в зависимости от мощности угольного пласта представлены в табл. 35.

Таблица 35

Мощность угольного пласта, м	Число штреков, по которым определена стоимость поддержания 1 м выработки	Средняя стоимость поддержания 1 м штрека в зоне установившегося горного давления, руб.
0,41—0,6	12	2,90
0,61—0,8	12	2,73
0,81—1,0	8	3,16
1,01—1,2	12	2,94

Анализ исходных данных показал, что выборка, объединяющая 44 наблюдения, вполне представительна. С вероятностью 0,9 можно утверждать, что вычисленная выборочная средняя не будет отличаться от генеральной средней более чем на 7%.

Зависимость между стоимостью поддержания 1 м штрека в зоне установившегося горного давления и мощностью угольного пласта имеет вид:

$$r_4 = 2,93 + 0,095 m, \quad (40)$$

где r_4 — стоимость поддержания 1 м штрека (по прямой заработной плате) в зоне установившегося горного давления в год, руб.

Уравнение характеризуется малыми коэффициентами корреляции ($r=0,03$) и надежности связи ($\mu=0,2$), свидетельствующими о слабом влиянии мощности угольного пласта на стоимость поддержания откаточных штреков в зоне установившегося горного давления. Это объясняется тем, что по выходе из зоны влияния очистных работ (на расстоянии 200—300 м от забоя лавы в сторону выработанного пространства) обрушенные породы значительно уплотняются и в зоне установившегося горного давления находятся в состоянии, близком к равновесному.

Таким образом, исследования показали, что стоимость поддержания откаточных штреков зависит от мощности угольного пласта только в зоне влияния очистных работ. Причем изменение стоимости поддержания выработок в этой зоне происходит приблизительно пропорционально изменению мощности угольного пласта.

Скорость подвигания очистного забоя оказывает заметное влияние на поведение пород кровли в очистном пространстве. Более быстрое подвигание очистного забоя влечет за собой меньшее опускание кровли в расчете на единицу подвигания забоя. Проведенные натурные наблюдения за сдвижением пород кровли в очистном пространстве показали, что с увеличением скорости подвигания забоя уменьшается давление пород в очистном пространстве. Происходит как бы сужение зоны влияния очистных работ по длине выработки в сторону выработанного пространства. Происходит одновременное уменьшение зоны временного давления впереди забоя лавы.

Особенно важно знать величину влияния скорости подвигания очистных работ при определении затрат на поддержание выработок, погашаемых позади забоя лавы. Именно в этом случае происходит не только растяжка зоны, но и существенное уменьшение стоимости поддержания 1 м выработки, так как в результате погашения штрека эта зона, а следовательно, и величина сдвижения пород не успевают полностью сформироваться.

Для исследования влияния скорости подвигания очистных работ на стоимость поддержания выработок в зоне влияния очистных работ были собраны и обработаны данные по затратам на поддержание 45 откаточных штреков.

Мощность угольного пласта 0,9 м, глубина заложения 570 м, протяженность зоны влияния очистных работ 250 м, система разработки — сплошная, охрана штреков производится с одной стороны массивом угля, с другой — угольными целиками размером 6×8 м.

Обработка данных методом корреляционного анализа позволила установить зависимость между стоимостью поддержания 1 м штрека (по прямой заработной плате) в зоне влияния очистных работ и скоростью их подвигания:

$$r_{2,3} = 1,2 + \frac{725}{v_{оч}}, \quad (41)$$

где $v_{оч}$ — скорость подвигания очистных работ, м/мес.

Полученное уравнение достоверно в пределах изменения $v_{оч}$ от 20 до 70 м/мес и характеризуется высоким теоретическим корреляционным отношением ($\eta = 0,79$) и коэффициентом надежности связи ($\mu = 13,9$), свидетельствующими о значительном влиянии рассматриваемого фактора на стоимость поддержания откаточных штреков в зоне влияния очистных работ.

Способ охраны выработки определяет направление и величину сдвижения горных пород на ее контуре. Если выработка со стороны выработанного пространства охраняется целиком, на нем концентрируется большое опорное давление. В результате того, что целик угля является жесткой опорой, окружающие породы под действием горного давления вытесняются в выработку.

Если выработка в зоне влияния очистных работ охраняется со стороны лавы искусственными целиками, породы кровли опускаются более плавно, применяемая крепь АП деформируется в меньшей степени, чем при охране целиками.

Для определения влияния способа охраны штреков на стоимость их поддержания были проанализированы данные по 30 штрекам.

Штреки отбирались с таким расчетом, чтобы все условия поддержания, за исключением способа охраны, были одинаковы или достаточно близки. Результаты попарного сравнения данных приведены в табл. 36.

Из табл. 36 видно, что затраты на поддержание откаточных штреков, охраняемых угольными целиками размерами 6×8 м, в среднем на 30% больше, чем штреков, охраняемых деревянными кострами.

Система разработки и порядок отработки пласта определяют длину поддерживаемых выработок в массиве угля и пород, в зоне влияния очистных работ и в зоне установившегося горного давления и, следовательно, величину затрат на их поддержание.

Основными системами разработки крутых пластов Центрального района Донбасса, при которых условия поддержания пластовых выработок различны, являются следующие:

Преимущественное проявление тех или иных свойств пород (или их совместное проявление) в выработках приводит к необходимости ремонтных работ, что требует значительных денежных и трудовых затрат.

Для определения коэффициента влияния прочности окружающих пород проанализированы фактические данные о стоимости поддержания 123 подготовительных выработок, имеющих сходные условия поддержания. Коэффициент влияния прочности пород k_y для различных категорий прочности породы имеет следующие значения:

Категория прочности пород . . .	Слабые	Средней прочности	Прочные
Коэффициент влияния прочности пород k_y	1,5	1,0	

Анализ полученных результатов показывает, что в условиях крутых пластов наиболее полно проявляются свойства средней устойчивости и неустойчивые породы составляют всего количества наблюдений на долю этих пород приходится 81,8%.

По степени влияния устойчивости пород является основным фактором, определяющим величину затрат на поддержание выработок, так подверженных влиянию очистных работ, так же испытывающих этого влияния).

§ 11. Определение стоимости поддержания выработок

Рассмотрим процесс формирования затрат на поддержание выработки с начала и до конца ее существования.

Наиболее общим случаем, охватывающим все стадии ремонта поддерживаемой выработки, является сплошная система разработки с сохранением выработки на всю длину крыла шахтного поля. На рис. 64 приведена схема к определению общих расходов на поддержание выработки за время отработки запасов крыла шахтного поля.

До начала очистных работ выработку проходят на длину необходимого опережения.

При движении очистного забоя вдоль выработки происходит сдвигание горных пород. Давление на крепь

выработки повышается и в конечном итоге приводит к необходимости ремонтных работ. Естественно, что ремонтные работы будут отставать во времени от смещения горных пород. Однако для упрощения схемы будем считать, что любые смещения пород (по своей величине)

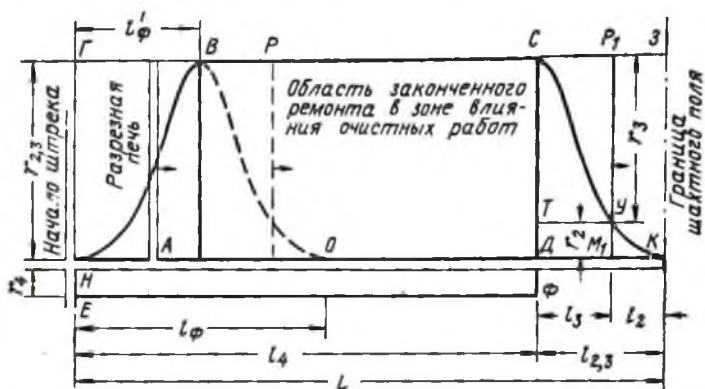


Рис. 64. Схема накопления затрат на поддержание откаточного штрэка при сплошной системе разработки

не) вызывают соответствующий ремонт. В этом случае интенсивность приращения затрат на поддержание 1 м выработки имеет характер, аналогичный характеру скорости смещения пород, а величина затрат на поддержание 1 м соответствует величине смещений пород. Таким образом, с перемещением очистного забоя затраты на поддержание 1 м штрэка постоянно растут (кривая *НВ*, рис. 64), пока не достигнут своего максимального значения. Когда очистной забой переместится с начального положения (разрезная печь), произойдет формирование зоны сложного влияния очистных работ — площадь *НВО*. Эта зона называется сложной потому, что она состоит из зоны влияния очистных работ, примыкающей к угольному целику (зона *НВА*), и такой же зоны, примыкающей к массиву угля впереди забоя лавы (зона *ОВА*). Участок выработки *НО* соответствует длине зоны формирования влияния очистных работ.

После формирования зона *ОВА* непрерывно перемещается вслед за забоем лавы и на всем протяжении выработки образуется область законченного ремонта, вызванного влиянием очистных работ (площадь *АВСД*).

Смещение пород в выработке на участке зоны *HBA* постепенно затухает во времени. Длина этой зоны в глубь целика соответствует зоне опорного давления. Общие затраты на поддержание штрека в зоне *HBA* всегда меньше или равны затратам в зоне *OBA*. Численное значение этих затрат равно площади фигуры *HBA* и может быть определено путем интегрирования уравнения кривой *HВ* по длине l_{ϕ} .

С перемещением очистных работ и под их влиянием затраты на поддержание 1 м штрека достигнут своего максимума и будут равны $r_{2,3}$. Однако (вследствие длительности срока существования) кроме этих затрат возникают также затраты на поддержание 1 м вып в зоне установившегося горного давления — $r_{1,2}$ как было показано раньше, постоянные по зоне.

При подходе очистных работ к границе временного поля на поддержание штрека будут израсходованы затраты, численное значение которых равно сумме площадей:

$$S_{HBA} + S_{ABCD} + S_{ДСК} + S_{ЕНДФ} \quad (42)$$

где S_{HBA} — затраты на поддержание выработки в зоне влияния очистных работ, примыкающей к целику угля; S_{ABCD} — затраты на поддержание выработки, возникшие в результате влияния очистных работ; $S_{ДСК}$ — затраты на поддержание выработки в зоне влияния очистных работ, примыкающей к массиву угля впереди забоя лавы; $S_{ЕНДФ}$ — затраты на поддержание выработки в зоне установившегося горного давления.

В виде функциональной зависимости затраты на поддержание выработки за весь срок ее существования при сплошной системе разработки (считая, что затраты на поддержание выработки в массиве угля и пород впереди забоя лавы вне зоны временного опорного давления отсутствуют) могут быть записаны:

$$R_{\text{общ}} = \int_0^{l_{\phi}} f(l) dl + r_{2,3} (L - l_{\phi} - l_{2,3}) + \\ + \int_0^{l_{2,3}} f(l) dl + \frac{r_{1,2} l^2}{2} \quad (43)$$

Из этого выражения видно, что явную зависимость от времени имеют только затраты на поддержание выработки в зоне установившегося горного давления. Остальные же затраты вызваны влиянием очистных работ и зависят от движения очистного забоя.

Допуская, что $l_{\phi}^1 = l_{2,3}$, будем считать равными площади фигур *HBA* и *ДСК*. Без большой погрешности площадь любой из этих фигур выразим в виде суммы площадей: прямоугольника *ДТУМ*₁; треугольников *ТСУ* и *УКМ*₁. Введем соответствующие обозначения и получим:

$$S_{ДСК} = r_2 l_3 + \frac{1}{2} r_2 l_2 + \frac{1}{2} r_3 l_3. \quad (44)$$

Принятые допущения позволяют значительно упростить общую формулу для определения затрат на поддержание выработок (откаточных штреков) при сплошной системе разработки:

$$R_{общ} = 2 \left(r_2 l_3 + \frac{1}{2} r_2 l_2 + \frac{1}{2} r_3 l_3 \right) + r_{2,3} \cdot (L - 2l_{2,3}) + \frac{r_4 l_4 t}{2}. \quad (45)$$

После преобразования полученное выражение примет вид:

$$R_{общ} = (r_2 + r_3) (L - l_2) - r_3 l_{2,3} + \frac{r_4 (L - l_{2,3}) t}{2}, \quad (46)$$

где $R_{общ}$ — общие расходы на поддержание выработки за весь срок ее существования, руб.; r_2 — стоимость поддержания 1 м выработки в зоне временного опорного давления впереди забоя лавы за время $\frac{l_2}{v_{оч}}$, руб.; r_3 — стоимость поддержания 1 м выработки в зоне интенсивных смещений горных пород позади забоя лавы в сторону выработанного пространства за все время нахождения его в этой зоне за время $\frac{l_3}{v_{оч}}$, руб.; L — полная длина поддерживаемой выработки, м; l_2 — длина зоны временного опорного давления впереди забоя лавы, м; $l_{2,3}$ — длина зоны влияния очистных работ (складывается из l_2 и l_3 — длины зоны интенсивных смещений позади забоя лавы в сторону выработанного простран-

ства), м; r_4 — стоимость поддержания 1 м выработки в год в зоне установившегося горного давления, руб.; t — время, в течение которого поддерживается выработка в зоне установившегося горного давления ($t = \frac{L - l_{2,3}}{v_{оч}}$),

лет; $v_{оч}$ — скорость подвигания очистных работ, м/год; $r_{2,3}$ — стоимость поддержания 1 м выработки в зоне влияния очистных работ за все время нахождения его в этой зоне ($r_{2,3} = r_2 + r_3$), руб.

Выражение (46) справедливо для определения затрат на поддержание выработок при сплошной системе разработки, когда длина этих выработок равна или больше 500 м. Как показали многочисленные наблюдения, формирование расходов на поддержание в зоне влияния очистных работ происходит именно в пределах 500 м [37].

Поскольку при длине $L \leq 500$ м выработка поддерживается в зоне влияния очистных работ, затраты на ее поддержание будут равны площади ее части, если $L < l_{(ф)}$ фигуры НВО, которая определяется из выражения

$$R_{общ} = r_1 l_1 + r_2 l_2 + r_3 \left(\frac{L}{2} - l_2 \right). \quad (47)$$

Причем величина r_3 в данном случае является переменной и зависит не только от условий, в которых поддерживается выработка, но и от длины последней.

Рассмотрим еще один отличительный момент при определении затрат. Допустим, что система разработки сплошная. Длина крыла шахтного поля больше 500 м. Скаточные и вентиляционные штреки поддерживаются впереди и позади забоя лавы. Причем впереди забоя лавы постоянно поддерживается неснижаемый запас опережения, значительно больший, чем длина зоны временного опорного давления (т. е. существует первая зона поддержания и $l_1 = \text{const}$). Это наиболее общий случай и расходы на поддержание определяются из выражения

$$R_{общ} = \frac{r_1 l_1 L}{v_{оч}} + (r_2 + r_3) (L - l_2) - r_3 l_{2,3} + \frac{r_4 (L - l_{2,3})^2}{2v_{оч}}, \quad (48)$$

где r_1 — стоимость поддержания 1 м выработки в массиве

ве угля и пород впереди забоя лавы вне зоны влияния очистных работ в год, руб.; l_1 — участок выработки, под-держиваемый в массиве угля, и пород вне зоны влияния очистных работ ($l_1 = l_{\text{опер}} - l_2$), м; $l_{\text{опер}}$ — длина опереже-ния забоем штрека забоя лавы, м.

Из теории математической статистики известно, что если две функции взаимозависимы (т. е. одна определя-ет другую) и в то же время эти функции изменяются под действием одних и тех же аргументов, то влияние последних должно быть учтено только в одной функции. В противном случае происходит накладка двойного вли-яния рассматриваемых аргументов.

При определении затрат на поддержание выработок такое явление имеет место в зоне влияния очистных ра-бот.

Действительно, $r_2 = f(l_2)$, а $r_3 = f(l_3)$. В свою очередь, $r_2 = f(S, H, m, k_y)$; $l_2 = f(H, m, k_y)$; $r_3 = f(S, m, k_y, k_o, v_{\text{оч}})$; $l_3 = f(m, k_o, k_y, v_{\text{оч}})$. Для того чтобы избежать двойного учета степени влияния одних и тех же факторов, необ-ходимо одну из функций взять в качестве стандарта, а вторую рассматривать переменной.

На основании многочисленных наблюдений было ус-тановлено, что для средних условий (мощность разра-батываемого пласта $m = 0,9$ м; глубина расположения выработки $H = 500$ м; площадь поперечного сечения вы-работки в свету $S = 6,5$ м²; скорость подвигания очистных работ $v_{\text{оч}} = 480$ м/год; крепь выработки — металлическая арочная податливая типа АП; окружающие пласт поро-ды — средней устойчивости; способ охраны выработки по восстанию со стороны лавы для откаточных штре-ков — целики угля размером 6×8 м, по падению — массив угля; влияние подработки и надработки не ска-зывается) длина зоны временного опорного давления впе-реди забоя лавы $l_2 = 50$ м, а длина зоны интенсивных смещений пород на контуре выработки позади забоя лавы в сторону выработанного пространства (по произ-водству ремонтных работ и их характеру) $l_3 = 200$ м.

Принимая во внимание эти значения и на основании анализа процесса формирования и накопления затрат на поддержание разработаны формулы для их опреде-ления за время отработки запасов крыла шахтного по-ля при наиболее распространенных системах разработки крутых пластов.

1. Для откаточных и вентиляционных штреков, пройденных по разрабатываемому пласту, длина которых превышает 500 м:

1) при сплошной системе разработки и прямом порядке отработки этажей

$$R_{\text{общ}} = \frac{r_1 l_1 L}{v_{\text{оч}}} + (r_2 + r_3) (L - l_{\text{оп}}) - (200 + l_{\text{оп}}) r_3 + \frac{r_4 (L - l_{\text{оп}} - 200)^2}{2v_{\text{оч}}} \quad (49)$$

(если штрек проводят позади забоя лавы, то $l_{\text{оп}}=0, l_1=0, r_1=0, r_2=0$);

2) при столбовой системе разработки (длины по простиранию) и обратном порядке отработки (столбов):

а) при условии, что штреки поддерживаются позади забоя лавы,

$$R_{\text{общ}} = \frac{r_1 L^2}{2v_{\text{оч}}} + (r_2 + r_3) L - r_3 l_{\text{оп}} \quad (50)$$

б) при условии, что штреки поддерживаются позади забоя лавы с целью повторного использования,

$$R_{\text{общ}} = \frac{r_1 L^2}{2v_{\text{оч}}} + (r_2 + r_3) (L - l_{\text{оп}}) - (200 + l_{\text{оп}}) r_3 + \frac{r_4 (L - l_{\text{оп}} - 200)^2}{2v_{\text{оч}}} \quad (51)$$

II Для откаточных и вентиляционных штреков, пройденных по разрабатываемому пласту, длина которых меньше 500 м:

1) при сплошной системе разработки

$$R_{\text{общ}} = \frac{r_1 L l_1}{v_{\text{оч}}} + \left(r_2 + \frac{r_3}{2} \right) L - (r_2 + r_3) l_{\text{оп}} \quad (52)$$

(если штрек проводится позади забоя лавы, то $l_1=0, l_{\text{оп}}=0, r_1=0, r_2=0$);

2) при столбовой системе разработки в случае, когда штреки поддерживаются позади забоя лавы с целью повторного использования,

$$R_{\text{общ}} = \frac{r_1 L^2}{2v_{\text{оч}}} + \left(r_2 + \frac{r_3}{2} \right) L - (r_2 + r_3) l_{\text{оп}} \quad (53)$$

где $l_{\text{оп}}$ — длина зоны временного опорного давления (раньше обозначалась l_2), м,

$$l_{\text{оп}} = (1,87 + 1,13m) H^{0,4};$$

r_3^1 — стоимость поддержания 1 м выработки в зоне влияния очистных работ, руб/м. Определяется по формуле (57) в зависимости от длины оставляемого тупика позади забоя лавы;

r_3^2 — то же. Определяется по формуле (58) в зависимости от длины выработки (расстояния между промежуточными квершлагами при группировании пластов);

$v_{\text{оч}}$ — годовая скорость подвигания очистных работ, м;

Остальные обозначения приведены раньше.

В качестве переменных функций приняты стоимости поддержания 1 м выработки в различных зонах. С учетом количественной оценки влияющих факторов эти единичные стоимости могут определяться по следующим формулам (при металлической крепи выработок):

1) стоимость поддержания 1 м выработки впереди забоя лавы вне зоны влияния очистных работ (в массиве угля и пород)

$$r_1 = 0,00058SHk_y, \text{ руб/м}\cdot\text{год}; \quad (54)$$

2) стоимость поддержания 1 м выработки в зоне временного опорного давления впереди забоя лавы (за все время нахождения его в этой зоне)

$$r_2 = (0,09H - 31,4) \frac{S \cdot m}{v_{\text{оч}}} k_y + (0,00015H - 0,05) \cdot Smk_y, \text{ руб/м}; \quad (55)$$

3) стоимость поддержания 1 м выработки в зоне влияния очистных работ позади забоя лавы (за все время нахождения его в этой зоне)

$$r_3 = \left(0,44 + \frac{277}{v_{\text{оч}}} \right) Smk_y k_o, \text{ руб/м}; \quad (56)$$

4) то же, при столбовой системе разработки в зависимости от длины оставляемого тупика позади забоя лавы

$$r_3^1 = (7,9l_7 + 11,65l_7^2 + 3,67l_7^3 - 3,46l_7^4) \times$$

$$\times \left(0,012 + \frac{7,55}{v_{оч}}\right) S m k_y k_o, \text{ руб/м} \quad (57)$$

(l_T подставляется в сотнях метров);

5) то же, для выработок, имеющих длину меньше 500 м (в зависимости от длины выработки),

$$r_3 = (0,24L^2 + 1,35L^3 - 0,22L^4 - 0,37L) \times \\ \times \left(0,012 + \frac{7,55}{v_{оч}}\right) S m k_y k_o, \text{ руб/м} \quad (58)$$

(L подставляется в сотнях метров);

6) стоимость поддержания 1 м выработки в зоне установившегося горного давления

$$r_4 = 0,002 S H k_y, \text{ руб/м} \cdot \text{год},$$

где S — площадь сечения выработки; H — глубина заложения выработки, м; k_y — коэффициент влияния устойчивости окружающих пород; m — толщина разрабатываемого пласта, м; $v_{оч}$ — месячная скорость подвигания очистных работ, м/мес; k_o — коэффициент, учитывающий влияние способа выработки; l_T — длина оставляемого тупика при забоя лавы при погашении выработки, в сотнях метров.

Формулы (54) — (58) позволяют определить стоимость поддержания 1 м выработки без учета влияния подработки или подрезки. Если это влияние имеет место, то в указанные формулы следует ввести поправочные коэффициенты, определяемые по формулам (32) и (33).

При деревянной крепи стоимость поддержания 1 м выработки увеличивается в 1,65 раза.

Рассмотрим последовательность расчета затрат на поддержание выработки за время отработки запасов крыла шахтного поля на конкретном примере.

Пример. Определить общие расходы на поддержание пластового откаточного штрека в следующих условиях: мощность разрабатываемого пласта $m=1,08$ м; глубина расположения штрека $H=490$ м; площадь поперечного сечения штрека $S=5,5$ м²; крепь — металлическая арочная податливая типа АП; способ охраны: по восстанию (со стороны лавы) — угольные целики размером 6×4 м, по падению — угольный массив; способ управления горным давлением в очистном пространстве — удержание на кострах; вмещающие пласт породы — устойчивые ($\sigma_{с.н.}=1000$ кгс/см²); среднемесячная скорость подвигания очистных работ $v_{оч}=58$ м/мес; система разработки — сплошная (штрек опережает лаву 70 м); на момент окончания очистных работ длина выработки достигнет $L=980$ м; штрек не подрабатывается и не надрабатывается.

Для расчета затрат используем выражение (49)

$$R_{\text{общ}} = \frac{r_1 l_1 L}{v_{\text{оч}}} + (r_2 + r_3) (L - 50) - 250r_3 + \frac{r_4 (L - 250)^2}{2v_{\text{оч}}}$$

Определим единичные стоимости поддержания (r_1 ; r_2 ; r_3 ; r_4):

$$r_1 = 0,00058 \cdot 5,5 \cdot 490 \cdot 0,5 = 0,875 \text{ руб/м} \cdot \text{год};$$

$$r_2 = (0,09 \cdot 490 - 31,4) \frac{5,5 \cdot 1,08}{58} \cdot 0,5 + (0,00015 \times$$

$$\times 490 - 0,05) \cdot 5,5 \cdot 1,08 \cdot 0,5 = 0,65 + 0,07 = 0,72 \text{ руб/м};$$

$$r_3 = \left(0,44 + \frac{277}{58}\right) 5,5 \cdot 1,08 \cdot 0,5 \cdot 1,0 = 15,5 \text{ руб/м};$$

$$r_4 = 0,002 \cdot 5,5 \cdot 490 \cdot 0,5 = 2,7 \text{ руб/м} \cdot \text{год}.$$

Подставим значения единичных стоимостей в выражение общих затрат. В результате получим

$$R_{\text{общ}} = \frac{0,875 (75 - 50) 980}{58 \cdot 12} + (0,72 + 15,5) (980 - 50) - 250 \times \\ \times 15,5 + \frac{2,7 (980 - 250)^2}{2 \cdot 58 \cdot 12} = 25 + 15100 - 3860 + \\ + 1030 = 12\ 295 \text{ руб}.$$

Фактические расходы на поддержание штрека составили 12 690 руб. (отклонение 3%).

В связи с тем что затраты на поддержание выработок являются одной из основных статей расходов, учитываемых во всех оптимизационных расчетах, приобретает весьма важное значение вопрос прогнозирования и оценка точности их величины.

С этой целью были собраны и обработаны фактические данные о ремонте 213 откаточных штреков шахт, разрабатывающих крутые пласты. Прогнозируемая величина затрат на поддержание этих штреков определена по формулам бывшего ИГД АН СССР [14] (как наиболее часто применяемых для расчета затрат на поддержание выработок):

а) для штреков по разрабатываемым пластам при прямом порядке отработки этажей

$$R = rFl_{\text{ср}}mk_y (t + 2\beta);$$

б) для штреков по разрабатываемым пластам при обратном порядке отработки этажей

$$R = Ftk_y (l_{\text{ср}}r_m + 0,3l_t\sqrt{l_t}rm),$$

где F — сечение выработки в свету, м^2 ; t — время, в течение которого поддерживается выработка, лет; $l_{\text{ср}}$ — средняя длина поддерживаемой выработки, м ; l_t — длина тупика, поддерживаемого в выработанном пространстве, м ; m — мощность разрабатываемого пласта, м ; k_y — коэффициент влияния устойчивости окружающих пород; r — стоимость поддержания 1 м^3 выработки в свету в год позади очистного забоя при средних горно-геологических условиях, руб.; r_m — то же, в массиве углей и пород; β — постоянная величина, зависящая от типа выработки и вида крепи.

Для сравнения аналогичных прогнозируемой величины затрат выполнен по формулам.

Критерием оценки точности прогнозируемой величины затрат на поддержание и методов ее определения могут быть:

1. **Отношение** фактического значения затрат к рассчитанному для конкретного случая. Этот показатель характеризует, во сколько раз больше (меньше) прогнозируемая величина затрат от фактической и насколько применяемый метод учитывает горно-геологические и технические условия места заложения выработки. Установленное значение среднеквадратического отклонения этого показателя может быть использовано для внесения соответствующих коррективов прогнозируемой величины.

2. **Абсолютная ошибка.** Представляет собой разницу между расчетной величиной затрат и фактически существующей. Практически этот показатель характеризует точность единичных расчетных значений прогнозируемой величины, однако он ничего не говорит о точности и надежности применяемого для расчетов метода.

3. **Относительная ошибка.** Свидетельствует о том, на сколько процентов прогнозируемая величина отличается от существующей в данных условиях. Относительная ошибка в определенной степени характеризуется первым критерием и указывает на достоверность применяемого для расчетов метода. Физический смысл этого показателя заключается в том, насколько полно применяемый механизм расчета учитывает условия, для которых прогнозируется величина затрат на поддержание выработок.

Для оценки точности прогнозируемой величины затрат на поддержание выработок и достоверности применяемого метода нами принят первый критерий, как наиболее общий и отвечающий поставленной задаче.

Исследованиями установлено, что рассчитанная по формулам б. ИГД АН СССР величина затрат на поддержание откаточных штреков крутых пластов имеет систематическую ошибку. Отношение $\frac{R_{\phi}}{R_p} = \rho$ (фактических затрат к расчетным) в данном случае является функцией средней длины поддержания. Сгруппированные по этому показателю данные свидетельствуют о наличии явно выраженной гиперболической зависимости (табл. 37).

Таблица 37

Диапазон измерения средней длины поддерживаемой выработки, м	Число штреков, по которым установлено среднее значение	Среднее значение отношения фактической величины затрат на поддержание штреков к рассчитанной по формулам	
		б. ИГД АН СССР	предлагаемым
200—500	53	2,24	1,02
500—800	57	1,69	1,14
800—1100	41	1,46	1,06
1100—1400	20	1,12	1,11
1400—1700	14	1,07	1,09
1700—2000	13	0,86	1,02
2000—2300	7	0,94	1,07
2300—2600	6	0,59	0,91
2600—2900	2	0,49	0,97

Как видно из таблицы, отношение фактической стоимости поддержания к рассчитанной по предложенным формулам практически не зависит от средней длины поддержания. Другими словами, прогнозируемая величина не имеет систематической ошибки по этому показателю.

Для получения действительного значения величины ρ при использовании формул б. ИГД АН СССР необходимо устранить систематическую ошибку. С этой целью имеющиеся данные были обработаны методом корреляционного анализа и установлена зависимость вида:

$$\rho = 0,71 + \frac{580}{l_{\text{ср}}}, \quad (60)$$

где $l_{\text{ср}}$ — средняя длина поддерживаемой выработки, м.

Полученное уравнение достоверно в пределах изменения $l_{\text{ср}}$ от 200 до 2900 м и характеризуется корреляционным отношением $\eta=0,55$ и коэффициентом надежности связи $\mu=11,4$, свидетельствующими о существенном влиянии средней длины поддерживаемой выработки на величину ρ .

Используя уравнение (60), во все значения величины ρ была внесена поправка на среднюю длину поддержания. С учетом этой поправки рассматриваемая выборка характеризуется следующими показателями (табл. 38).

Таблица 38

Показатели	Для прогнозирования используются формулы	
	б. ИГД АН СССР	предложенные
Максимальная относительная ошибка	75%	47%
Максимальное значение положительной относительной ошибки	202%	164%
Максимальное значение отрицательной относительной ошибки	30,5%	18,3%
Средняя положительная относительная ошибка	41%	30,5%
Максимальное значение отношения фактических затрат к расчетным	3,05	2,64
Минимальное значение отношения фактических затрат к расчетным	0,25	0,53
Максимальное значение положительной абсолютной ошибки, тыс. руб.	77,1	22,4
Максимальное значение отрицательной абсолютной ошибки, тыс. руб.	76,4	15,1

Приведенные данные свидетельствуют о том, что для одних и тех же условий метод б. ИГД АН СССР в сравнении с предложенным дает худшие результаты. Так, вариационный размах относительной ошибки в 1,32 раза, отношения фактических данных к расчетным в 1,32, а абсолютной ошибки в 4,1 раза больше, чем при использовании предложенных формул.

Обработка имеющихся данных показала, что отношение фактических затрат на поддержание к прогнозируемым (определенным как по формулам б. ИГД АН СССР, так и по предложенным) подчиняется закону распределения, который характеризуется плотностью вероятности вида:

$$f(\rho) = \frac{1}{\sigma \sqrt{2\pi} \rho} e^{-\frac{(\ln \rho - a)^2}{2\sigma^2}},$$

где σ — среднее квадратическое отклонение логарифмов отношения фактических затрат к прогнозируемым;

a — математическое ожидание логарифмов отношения фактических затрат к расчетным.

Основные характеристики логарифмически-нормального закона распределения приведены в табл. 39.

Таблица 39

Прогнозируемая величина затрат определена по формулам	Плотность распределения $f(\rho)$	Математическое ожидание и среднее квадратическое отклонение, (a σ)	Критерий согласия Пирсона и вероятность (χ^2 , p)
б. ИГД АН СССР	$f(\rho) = \frac{0,843}{\rho} e^{-\frac{(\ln \rho + 0,12)^2}{0,4486}}$	$a = -0,12$ $\sigma = 0,474$	$\chi^2 = 2,0$ $p = 0,95$
Предложенным	$f(\rho) = \frac{1,39}{\rho} e^{-\frac{(\ln \rho - 0,04)^2}{0,1645}}$	$a = 0,04$ $\sigma = 0,287$	$\chi^2 = 3,81$ $p = 0,80$

Полученные зависимости позволяют оценить с вероятностной точки зрения расчетную величину затрат и применяемые методы расчета. Так, например, при использовании метода б. ИГД АН СССР для прогнозирования величины затрат на поддержание горных выработок (даже с учетом устранения систематической ошибки) с вероятностью 0,324 можно гарантировать, что отношение фактических затрат к расчетным будет находиться в пределах 0,8—1,2. Иначе говоря, с вероятностью 0,324 относительная ошибка прогнозируемой величины

затрат не превысит 20%. С вероятностью 0,626 можно гарантировать, что относительная ошибка не превысит 40%, т. е. отношение фактических затрат к расчетным будет находиться в пределах 0,6—1,4.

Применение предложенных формул для прогноза величины затрат на поддержание выработок дает более точный результат. Так, с вероятностью 0,526 можно утверждать, что относительная ошибка не превысит 20%, а с вероятностью 0,836 — 40% (отношение фактических затрат к расчетным будет находиться соответственно в пределах 0,8—1,2 и 0,6—1,4).

Глава V.

ВЫБОР МЕСТА РАСПОЛОЖЕНИЯ ВЫРАБОТОК, СПОСОБОВ ОХРАНЫ И КРЕПЛЕНИЯ

§ 12. Расположение выработок

Задача выбора места расположения выработок включает в себя:

а) определение рационального расположения групповых штреков относительно границ очистных работ разрабатываемых пластов;

б) определение рационального расположения пластовых и полевых штреков относительно подрываемых при проведении слоев пород.

По условиям влияния очистных работ следует различать последующую и предварительную надработку (подработку) горных выработок. В первом случае учету подлежит временное и установившееся опорное давление, во втором — установившееся.

Планирование горных работ должно заключаться в таком расположении штреков, чтобы исключить вообще или свести к минимуму влияние дополнительного горного давления.

При этом необходимо учитывать не только геомеханические факторы, но и вопросы экономического плана, требования безопасности.

Исходя из результатов исследований, можно высказать следующие общие требования к выбору места расположения выработок:

групповые штреки необходимо, как правило, проводить полевыми или по пластам с нерабочей мощностью;

групповые откаточные штреки проводить в почве, нижнего в свите пласта в устойчивых или средней устойчивости породах;

метры его заложения относительно пласта выбираются с учетом опорного давления впереди лавы. Исходя из критических смещений для крепи АП в условиях крутых пластов (300 мм по нормали к напластованию) удаление полевого штрека в почву пласта при последующей надработке с учетом временного и установившегося опорного давления может быть определено по табл. 40.

Таблица 40

Породы междупластья	Мощность надрабатываемого пласта, м	Расстояние по горизонтали от полевого до пластового штрека, м	
		при охране штрека	при охране пластового штрека кострами
Средней прочности	1,2	26	15
		30	20
		35	25
		40	30
		40	30
Прочные	0,6	15	10
	0,8	20	12
	1,0	25	15
	1,2	30	18

на участке С влияние опорного давления уменьшается по мере удаления от пласта. Минимальное расстояние от пластового до полевого штрека на этом участке составляет 35 м при слабых породах междупластья и 14 м при прочных породах.

Параметры заложения вентиляционных полевых групповых штреков на участках Е и D установлены по результатам наблюдений, изложенным в § 5.

В табл. 41 приведены расстояния от пласта до полевого штрека в случае расположения его на участках Е или D. Эти расстояния обеспечивают смещения на контуре полевого штрека, не превышающие критических для крепи АП.

Выше отмечалось, что рациональный выбор места расположения групповых штреков задача не только геомеханическая, но и экономическая. Используя конкретные горно-геологические условия разработки пластов

Породы междупластья	Мощность подрабатывающего пласта, м	Расстояние от штрека до пласта, м	
		на участке <i>E</i>	на участке <i>D</i>
Средней прочности	0,5	30	12
	1,0	40	15
	1,5	50	23
Прочные	0,5	25	7
	1,0	35	10
	1,5	45	15

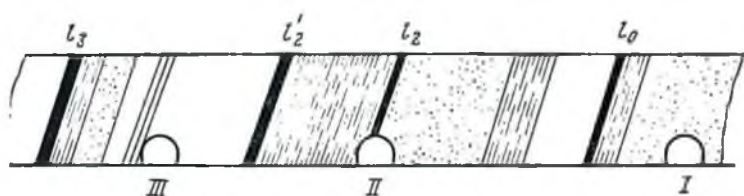


Рис. 65. Геологический разрез пород между пластами l_3-l_0 (I, II, III — полевые штреки)

l_3 , l'_2 и l_0 (рис. 65) шахты им. Ф. Э. Дзержинского, рассмотрим общий подход к вопросу оценки эффективности расположения группового штрека, учитывая эксплуатацию его на откаточном, а затем и на вентиляционном горизонтах.

Если исходить только из устойчивости штрека, безремонтное поддержание его может быть обеспечено при проведении по песчанникам в почве пласта l_0 . Слабые породы междупластья $l_3-l'_2$ и небольшая его мощность не позволяют расположить групповой штрек между этими пластами с соблюдением оптимальных параметров надработки и подработки. При самом благоприятном расположении штрека между пластами l_3 и l'_2 смещения на его контуре составят за время службы на откаточном и вентиляционном горизонтах около 1400 мм, что вызовет многократное перекрепление выработки.

В случае проведения штрека по пропластку l_2 суммарные смещения от влияния пластов l'_2 и l_0 при над-

работке и подработке, учитывая прочные породы междупластья, не превысят 500 мм, т. е. в процессе эксплуатации потребуется не более одного перекрепления штрека.

Таким образом, для окончательного вывода о местоположении группового штрека необходимо провести экономическое сравнение следующих конкурирующих вариантов: Проведение и поддержание штрека в песчанниках почвы пласта l_0 (I), проведение и поддержание штрека по пропластку l_2 (II).

Исходные данные для сравнения вариантов I и II:

1. Оптимальное расстояние между квершлагами - 250 м.
2. Длина квершлага: I — 66 м; II — 66 м.
3. Стоимость проведения I — 150 руб.
4. Стоимость проведения I и II штрека: I — 220 руб. ($S_{св} = 12,5 \text{ м}^2, f = 9$); II — 220 руб. ($S_{св} = 12,5 \text{ м}^2, f = 5$).
5. Стоимость поддержания группового штрека: I — 20 руб.; II — 5000 руб.

Таблица 42

	Стоимость проведения штрека, руб.	Стоимость поддержания штреков, руб.	Стоимость проведения квершлага, руб.	Суммарные затраты, руб.
I	55 000	—	12 000	67 000
II	45 000	5000	9200	59 900

В табл. 42 приведены результаты расчетов по сравниваемым статьям затрат для участка между двумя квершлагами.

Как видно из табл. 42, более эффективным оказался вариант II.

Полевая подготовка может обеспечить высокую экономическую эффективность только в случае рационального расположения полевого группового штрека и группирования пластов. Специальный эксперимент по выбору места расположения группового штрека подтвердил это.

В практике разработки пластов k_2^2 , k_7 , k_2^{1-0} на шахте им. М. И. Калнина группирование их на гор. 630 проводилось на штрек, проводимый по нерабочему пласту k_6 . В кровле пласта k_6 залегает слабоустойчивый глинистый сланец мощностью до 7 м, в почве — обводненный глинистый сланец до 3 м, ниже — песчано-глинистые сланцы. Мощность пласта k_6 — 0,3—0,4 м. Групповой штрек проходили однопутным и крепили крепью АП. Расстояние по горизонтали от группового штрека до пласта k_6 составляло 20 м, до пласта k_7 — 45 м.

Мощность пласта k_2^2 — 0,8—1,0 м, пласта k_7 — 1,2—1,8 м. Откатка груза на гор. 630 м велась, как правило, на задние промежуточные квершлагги, так как состояние группового штрека в опережающей панели в зоне влияния очистных работ было крайне неудовлетворительным.

В зоне влияния очистных работ пучение почвы в групповом штреке составляло 600—700 мм, а сближение блоков штрека по нормали к напластованию — около 500 мм. Такие величины сдвижений требовали постоянного ремонта штрека, затрудняли работу транспорта и, по существу, сводили на нет все достоинства групповой разработки.

Основной причиной столь значительных деформаций штрека следует считать расположение его в слабых глинистых сланцах, которые в зоне влияния очистных работ пластов k_7 и k_2^2 интенсивно выдавливались в выработку.

С переходом очистных работ на гор. 740 м на восточном крыле шахтного поля подготовка этой группы пластов была осуществлена по тому же принципу, что и на гор. 630 м, т. е. групповой штрек проходили по нерабочему пласту k_6 . Всего на горизонте 740 м на восточном крыле было пройдено 220 м группового штрека по пласту k_6 . Нормальная эксплуатация группового штрека на гор. 740 м затруднялась из-за значительных деформаций пород на его контуре. Имело место интенсивное выдавливание пород в штрек (преимущественно почвы) даже вне зоны влияния очистных работ. В зоне влияния очистных работ деформации увеличивались.

В связи с тем, что групповой штрек по пласту k_6 требовал больших затрат на ремонт, было решено изменить его местоположение.

Новый полевой штрек был пройден в песчанике на расстоянии 37 м по горизонтали от пласта k_5^2 и на расстоянии 28 м от пласта k_7 .

Эти параметры соответствуют минимально допустимым кратностям надработки и подработки для выработок, расположенных в крепких породах.

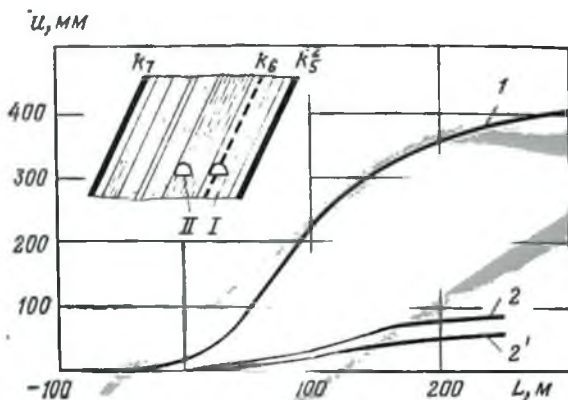


Рис. 66. Смещение пород в поле штрека (1, 2) и пучине почвы относительно в групповом штреке I и II

На k_7 при максимальной мощности пласта k_7 , достигающей на некоторых участках 1,8 м, кратность подработки $\left(\frac{h}{m} = \frac{24}{1,8} = 13\right)$ превышает минимальную, равную 12. На нижележащем горизонте, когда полевой штрек будет служить как вентиляционный, кратность подработки пластом k_5^2 составит 32.

Для того чтобы сравнить величины смещений пород на контуре старого и нового штреков, были заложены реперные наблюдательные станции в обеих выработках. Наблюдения велись в условиях влияния лав пластов k_5^2 и k_7 . Оказалось, что на устойчивость группового штрека в основном влияет разработка пласта k_7 . Откаточный штрек пласта k_7 охранялся угольными целиками, штрек пласта k_5^2 — деревянными кострами.

На рис. 66 приведены результаты наблюдений за смещением пород в обоих штреках.

С целью определения затрат на поддержание групповых штреков, пройденных по пропластку k_6 и по пес-

чанику, велись специальные наблюдения за ремонтом выработок. Эти наблюдения заключались в учете объемов ремонта (раскоска и подрывка) по пикетам.

С учетом шахтных расценок были определены затраты на ремонт в денежном выражении.

Попикетный учет ремонтных работ показал, что стоимость поддержания 1 м группового штрека, проведенного по пропластку k_6 в зоне влияния очистных работ пластов k_5^2 и k_7 , составляла около 25 руб., поддержание полевого группового штрека было безремонтным, несмотря на то что полевой штрек крепился деревом.

Проведение группового штрека не является самоцелью, его целесообразность должна рассматриваться с точки зрения экономичности групповой разработки пластов (выемочных участков), которые он объединяет. В этом отношении следует заметить следующее.

На гор. 630 м, где пласты k_5^2 и k_7^{1-a} группировались на штрек, проведенный по пласту k_6 , неудовлетворительное его состояние не давало возможности отрабатывать пласты на передний квершлаг. Поддержание пластовых штреков в выработанном пространстве участками 400—450 м значительно снижало эффективность группирования.

В условиях, когда групповой штрек был пройден в крепких породах и находился в хорошем состоянии, появилась возможность отрабатывать пласты на передний квершлаг, что с точки зрения поддержания целесообразней, чем работа на задний квершлаг.

Для определения экономичности полевой подготовки проанализированы два варианта:

I. Отработка пластов k_5^2 , k_7 и k_7^{1-a} на групповой штрек по пласту k_6 с откаткой груза на задние промежуточные квершлаг, расстояние между которыми 400—450 м (существовавшая шахтная схема на гор. 630 м).

II. Отработка тех же пластов на полевой групповой штрек с откаткой груза на передние промежуточные квершлаг, оптимальное (расчетное) расстояние между которыми 250 м.

Сравнение производилось по статьям «проведение» и «поддержание» для конкретных горно-геологических условий шахты. В качестве исходных стоимостных параметров служили фактические шахтные данные по прове-

в модели приведены на рис. 68. Отношение линейных размеров модели и натуры составляет 1 : 100.

В модели сооружалась выработка с печью. Размер печи в модели равен 8 см. В качестве искусственного целлика в печи применялся поролон. Искусственный целлик устанавливался в печи на расстоянии 1 см от кромки штрека. В выработке крепь не имитировалась.

Упругие и оптические константы материала приведены в табл. 44.

Таблица 44

Показатели	Основная кровля и почва	Средняя кровля
Модуль упругости E , тс/см ²	200	300
Объемный вес γ , тс/см ³	1,17	1,18
Коэффициент Пуассона μ	0,336	0,324
Оптическая постоянная a	1800	15800
Цена изохромы $a \cdot 10^{-6}$	$1,11 \cdot 10^{-6}$	$1,27 \cdot 10^{-6}$

Цена

вычислена по формуле

$$a = \frac{1}{2Cl}$$

толщина модели, равная 25 мм.

Отношение между модулями упругости для пласта, непосредственной кровли, основной кровли (почвы), как видно из табл. 44, принято равным 1 : 1,5 : 2,9.

Напряженное состояние в модели создавалось под влиянием собственного веса материала. Исследования ограничивались получением изолиний τ_{\max} и анализом их распределения. Значения τ_{\max} определялись в соответствии с цветом полос и приведены в табл. 45.

Для изучения напряженного состояния в модели выделялась характерная зона, где отмечалось наибольшее влияние выработки и печи (рис. 68). На рис. 69 и 70 приведены изолинии главных касательных напряжений в этих зонах. Изолинии проведены по изохромам, полученным на экране с помощью поляроидного полярископа.

Для более детальной оценки состояния пород при различном проведении выработки относительно слабого

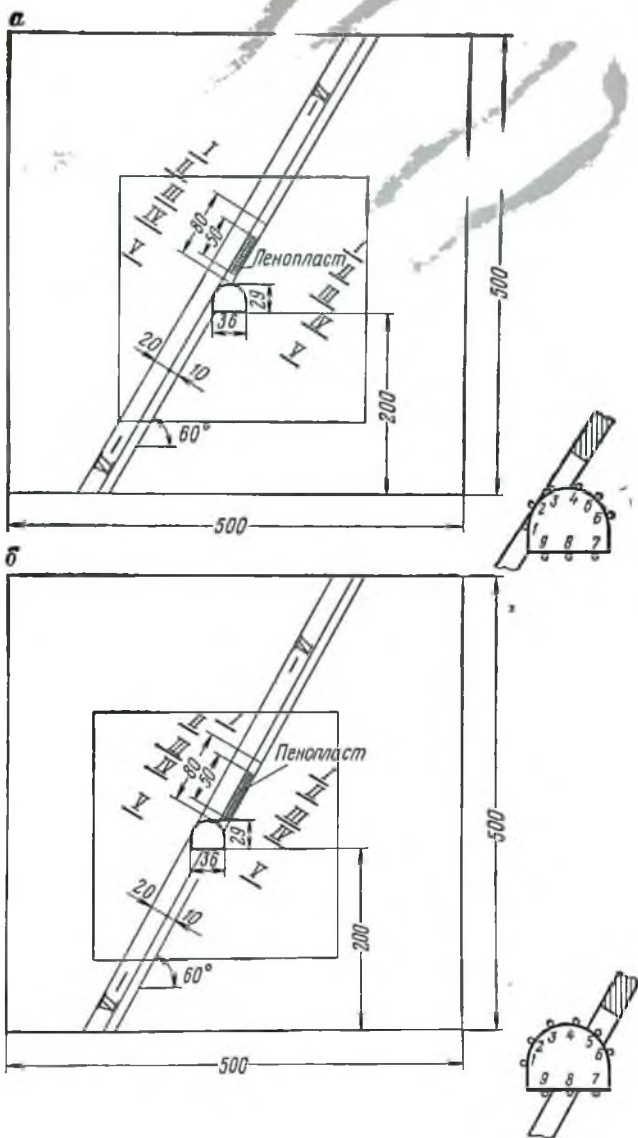


Рис. 68. Схема расположения выработки в модели: а — без подрывки пород кровли; б — при подрывке пород кровли

Таблица 45

Свет	Значения $2 \tau_{\max} = \sigma_1 - \sigma_2$, кгс/см ²		
	Основная кровля и почва	Пласт	Непосредственная кровля
1	40	21,6	24,6
3	65	35,0	40,1
4	90	48,5	55,5
5	116	62,0	70,7
7	143	77,2	88,0
8	170	91,6	104,9
9	195	104,9	121,8
11	220	118,4	138,7
12	245	132,0	155,6
13	272	146,0	167,4
15	298	160,0	183,9
16	325	174,0	200,2
17	350	188,0	215,8
19	380	202,0	230,4

слоя в кровле рудного пласта. Распределение τ_{\max} по некоторым сечениям (рис. 71, 72).

Приведенные данные позволяют сделать следующие выводы. В однородном массиве наблюдается более сложная картина распределения τ_{\max} . При этом отмечаются резкие изменения в значениях напряжений в массиве вблизи выработки и печи, а также при переходе от пласта к слою.

Максимальные значения напряжений в непосредственной кровле возникают у кромки печи. Для однородного массива максимум напряжений больше и отнесен далее в массив по восстанию (рис. 72). Подрывка пород кровли приводит к более резкому перепаду напряжений в непосредственной кровле над печью и над угольным пластом. При этом и максимальное напряжение у кромки печи выше.

Вблизи выработки значительные напряжения возникают в боку штрека со стороны пород кровли (распределение τ_{\max} вокруг выработок приведено на рис. 73, 74). Значение этих разрушающих напряжений выше при двусторонней подрывке пород. Для неоднородного массива в кровле штрека со стороны пород почвы пласта возникают большие значения τ_{\max} , что показывает на возможность возникновения области пластических деформаций.

Таблица 46

Массив	Концентрация напряжений σ_1 в точке								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Однородный									
при подрывке непосредственной кровли	6,82	5,41	1,81	1,11	—	2,36	3,2	3,2	3,2
без подрывки непосредственной кровли	4,71	6,1	—	1,11	1,81	1,81	3,2	3,2	3,2
Неоднородный									
при подрывке непосредственной кровли	4,27	4,04	2,0	2,96	—	4,8	4,8	2,18	3,67
без подрывки непосредственной кровли	2,96	3,82	—	5,86	6,92	6,2	1,13	1,13	3,64

Таблица 47

Характеристика	Породы			
	песчаник	песчаный сланец	глинистый сланец	уголь
$\sigma_{ож}$, кгс/см ²	600*	290	150	80
	8,0	4,0	1,9	1,2
σ_p , кгс/см ²	80	40	20	—
	1,0	0,6	0,3	—
$\sigma_{изг}$, кгс/см ²	120	60	30	—
	1,7	0,85	0,4	—
E , кгс/см ²	3,0 · 10 ⁵	2,5 · 10 ⁵	2,0 · 10 ⁵	—
	4,0 · 10 ³	3,3 · 10 ³	2,8 · 10 ³	—
γ , кг/см ³	2,7	2,65	2,4	—
	1,8	1,7	1,6	—
$\gamma_{ж}$	0,68	0,65	0,68	—
$\gamma_{н}$				

* В числителе приведены значения в натуре, в знаменателе — на модели.

Оценку устойчивости выработки удобнее вести по значениям главных нормальных напряжений σ_1 . Величины σ_1 определяются из условия, что на свободном контуре $\sigma_1 = 2\tau_{max}$. Концентрация напряжений у контура выработки определится отношением их значений к значениям σ_1 в ненарушенном массиве.

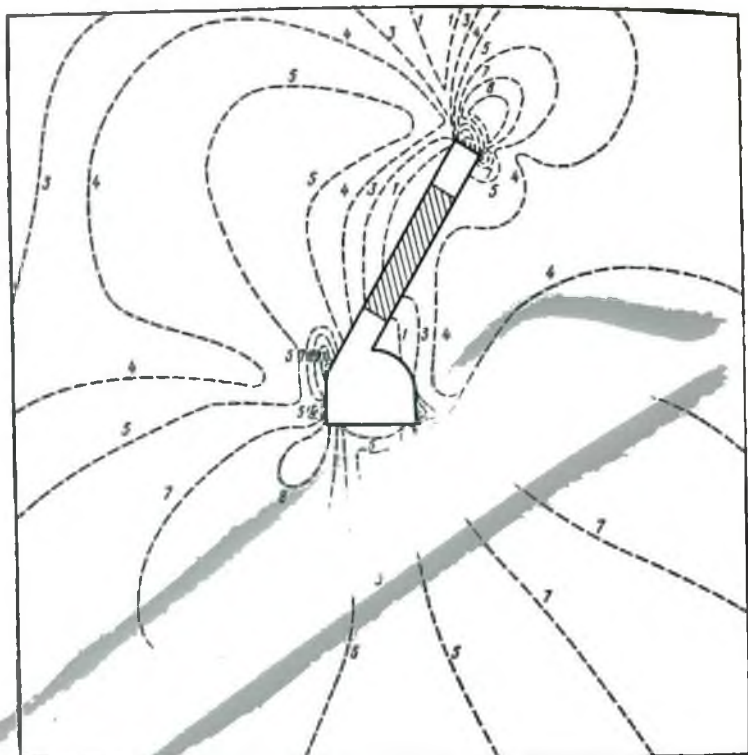


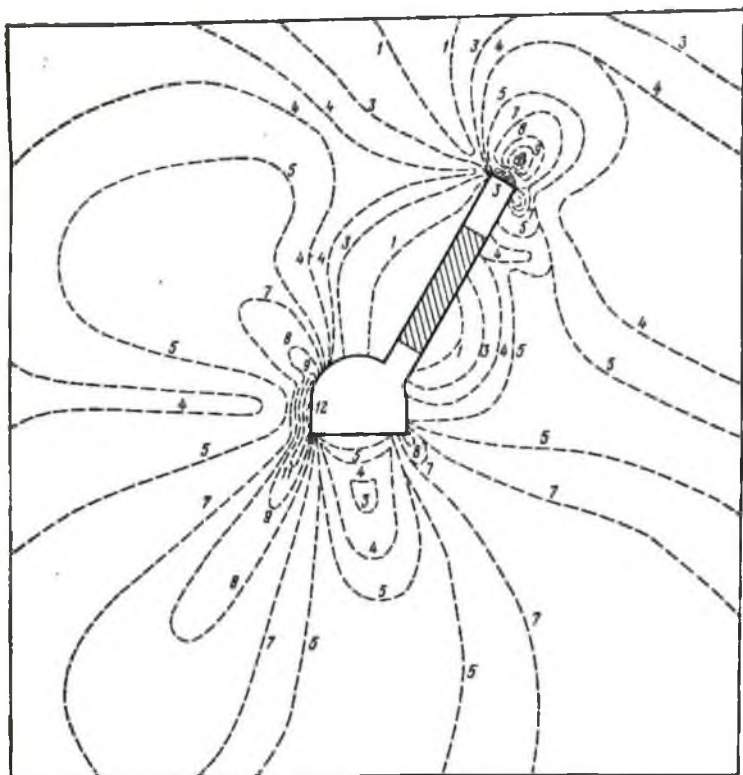
Рис. 19. Распределение максимальных касательных напряжений в - без подрывки пород кровли; б — при подрывке пород кровли

Для однородного ненарушенного массива $\sigma_1 = \gamma h_m = 1,2 \cdot 30 = 36 \text{ с/см}^2$, для неоднородного — $\sigma_1 = 1,18 \cdot 30 = 35,4 \text{ гс/см}^2$.

Полученные величины для некоторых точек вблизи контура сечения выработок приведены в табл. 46.

Как видно из табл. 46, максимальные значения концентрации напряжений в кровле выработки, в районе слабого слоя пород непосредственной кровли, больше при подрывке этого слоя.

Таким образом, для состояния прослойка подрывка его является неблагоприятной. Резкие перепады значений напряжений в прослойке по восстанию и большие



однородном массиве вокруг выработки:

значения максимальных напряжений у кромки печи и в кровле выработки при подрывке прослойка создают практически возможность потери его устойчивости и сползания в выработку.

Для получения качественной картины механизма деформирования прослойка и потери им устойчивости была отработана модель из эквивалентных материалов.

В качестве эквивалентных материалов применялись парафиновые смеси, в состав которых входили кварцевый песок, молотая слюда и парафин. Механические и деформированные характеристики материала в модели и натуре приведены в табл. 47.

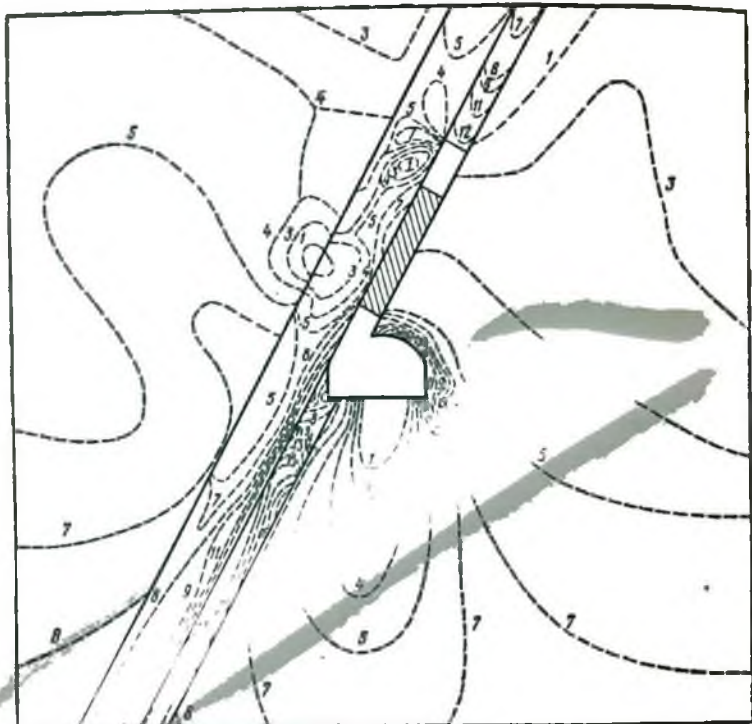
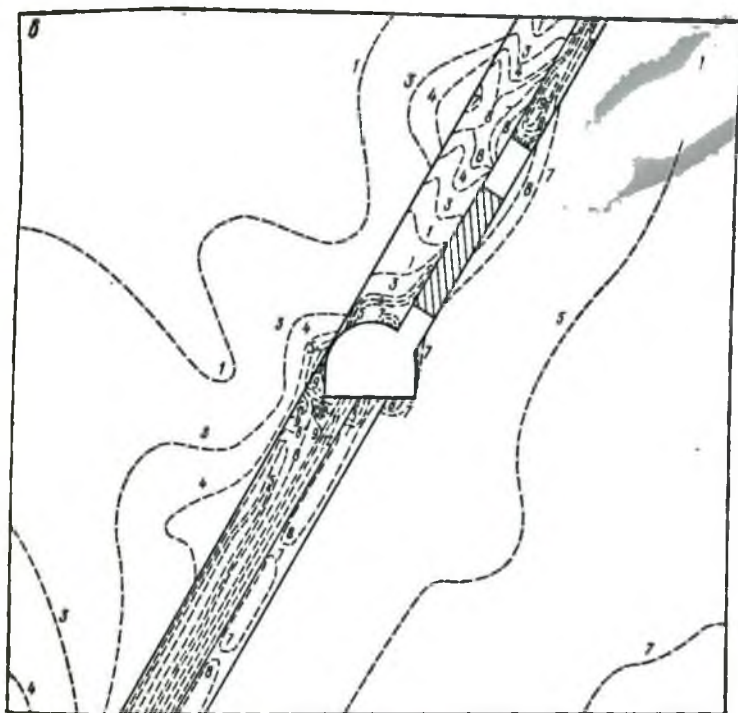


Рис. 10. Распределение максимальных касательных напряжений в без подрывки пород кровли; б — при подрывке пород кровли

Геологическая структура моделируемого массива и геометрические размеры модели, расположение световых тензометров показаны на рис. 75. Угол напластования пород принят равным 60° . Отношение линейных размеров модели и натуры составляет 1 : 50.

Исследуемая задача формулируется следующим образом: установить с помощью световых тензометров характер сдвижения массива вокруг пластового штрека, пройденного с различной подрывкой боковых пород в условиях крутого пласта.

Штрек на одном пласте был пройден без подрывки слабого слоя глинистого сланца, на втором пласте — с его полной подрывкой. Расстояние между пластами было принято с таким расчетом, чтобы избежать взаимно-



неоднородном массиве вокруг выработки:

го влияния при их разработке. Оработка модели производилась в следующей последовательности.

Проводилась вначале выработка по верхнему пласту, затем — по нижнему. В аналогичном порядке на вторые сутки проведена печь, на третьи сутки произведена выемка лавы. В качестве искусственного целика в печи применялся поролон. Целик устанавливался непосредственно после выемки печи на расстоянии 2 см от штрека. В выработках устанавливалась крепь из мягкой проволоки и фольги для предотвращения выпадения отдельных мелких кусков материала модели при ее оработке.

По данным световых тензометров построены графики смещения пород в процессе оработки пласта (рис. 76 и 77).

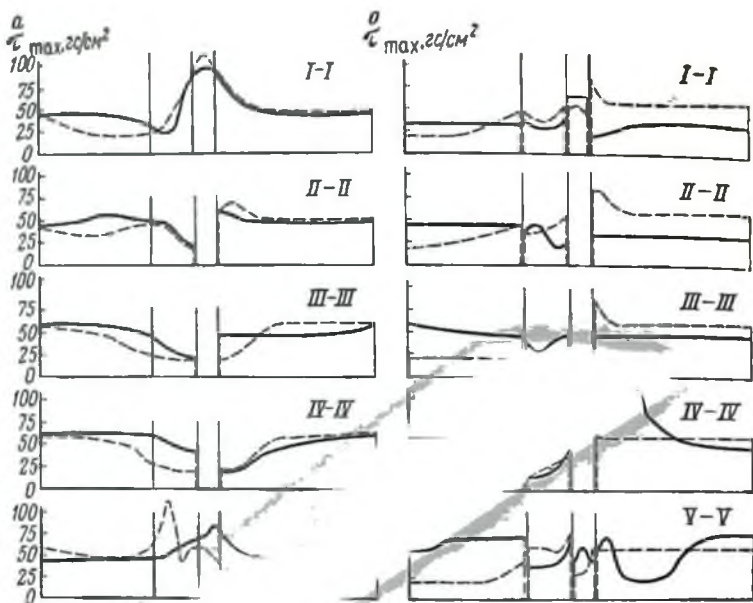


Рис. 71. P_{τ} — максимальных касательных напряжений в сечении γ

а — для однородного массива; б — для неоднородного массива (сплошной линией — напряжение при подрывке пород кровли, пунктирной — без подрывки пород кровли)

смещение массива в зоне выработки с печью и расхождение пород между непосредственной и основной кровлей в приштрековой зоне приведены на рис. 78.

Сравнение характера и величин смещения пород для двух случаев проведения штрека относительно сползающего слоя показывает, что в случае подрывки склонного к сползанию слоя пород вертикальные смещения по напластованию в 1,1—2,5 раза больше, чем без подрывки слоя.

Расслоение массива было отмечено только между первым и вторым слоями пород (т. е. между непосредственной и основной кровлей). Величина расслоения в 1,2—2 раза больше при подрывке сползающего слоя. Сравнение величины расслоения и смещения массива вдоль печи по восстанию показывает большую разницу между ними, особенно между этими величинами у кромки и посередине печи. При подрывке сползающего слоя

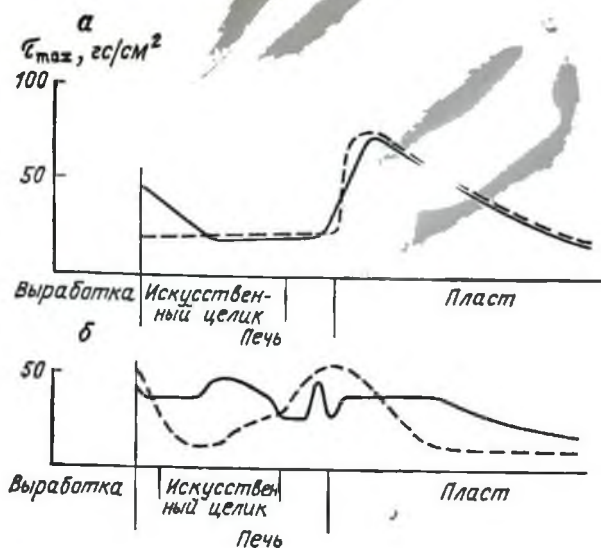


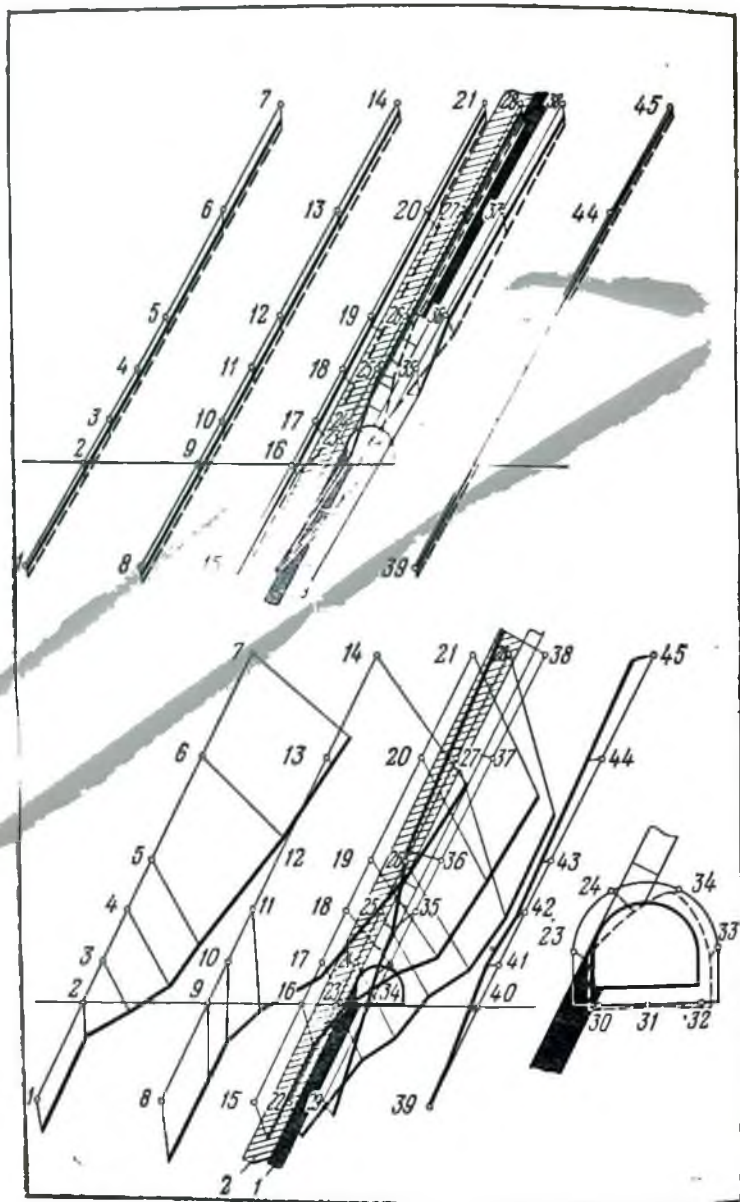
Рис. 72. Распределение максимальных касательных напряжений в сечении VI—VI:

а — для однородного массива; б — для неоднородного массива (сплошной линией показано напряжение при подрывке пород кровли, пунктирной — без подрывки пород кровли)

смещения в средней части печи больше, чем у кромки, в 1,9 раза, расслоение — в 3,6 раза. Это отношение при проведении выработки без подрывки сползающего слоя составляет соответственно 1,4 и 3. Примерно в 16 см от кромки печи по восстанью (8 м в натуре) разница в смещениях для обоих случаев проведения выработок не отмечается.

Отработка лавы увеличила смещение и расслоение пород в приштрековой зоне. Смещение по абсолютной величине (для штрека, пройденного без подрывки кровли) в печи на сопряжении со штреком выросло в 2,3 раза и в средней части печи — в 3 раза. Смещения по напластованию пород для этих же точек увеличились соответственно в 3,3 и 6,5 раза, а расслоение пород — в 1,4 и 1,1 раза.

Отработка лавы на всю высоту этажа вызвала завал в штреке, пройденном с подрывкой сползающего слоя.



§ 13. Охрана и крепление подготовительных выработок

В общем случае мероприятия по поддержанию подготовительных выработок включают рациональный выбор: минимально необходимой прочности поддерживаемого участка; места расположения выработки в массиве; способа и средств охраны; сечения выработки и вида крепи.

Совместное решение этих вопросов является основным условием повышения безопасности труда и уменьшения затрат на поддержание подготовительных выработок.

Требования комплексного подхода к решению проблемы поддержания заключаются в том, что нецелесообразно, например, расположив выработку в слабых неустойчивых породах, пытаться увеличением сечения и плотности крепи избежать ремонта или, имея значительную протяженность штрека впереди и, особенно, позади лавы, стремиться обеспечить безремонтное поддержание средствами охраны.

Когда вопросы поддержания рассматриваются с другими технологическими процессами, могут быть отступления от тех или иных решений, но во всех случаях необходимо учитывать те требования, которые налагают условия качественного поддержания.

Рассматривая проект отработки шахтного поля (или участка шахтного поля) с точки зрения поддержания выработок, в первую очередь необходимо заложить такие параметры системы разработки, чтобы поддерживать минимальную протяженность пластовых штреков. Наиболее эффективным направлением при выборе системы разработки следует считать столбовую систему с группированием через передовые квершлагги на полевые штреки и с погашением пластовых штреков вслед за подвиганием очистного забоя.

Отработку пластов в свите целесообразно вести в нисходящем порядке. В этом случае штреки для отработки нижележащего пласта в свите эксплуатируются в разгруженной зоне, что значительно улучшает их состо-

Рис. 76. Характер смещения пород при проведении выработки без подрывки сползающего слоя:

1 — угольный пласт; 2 — сползающий слой

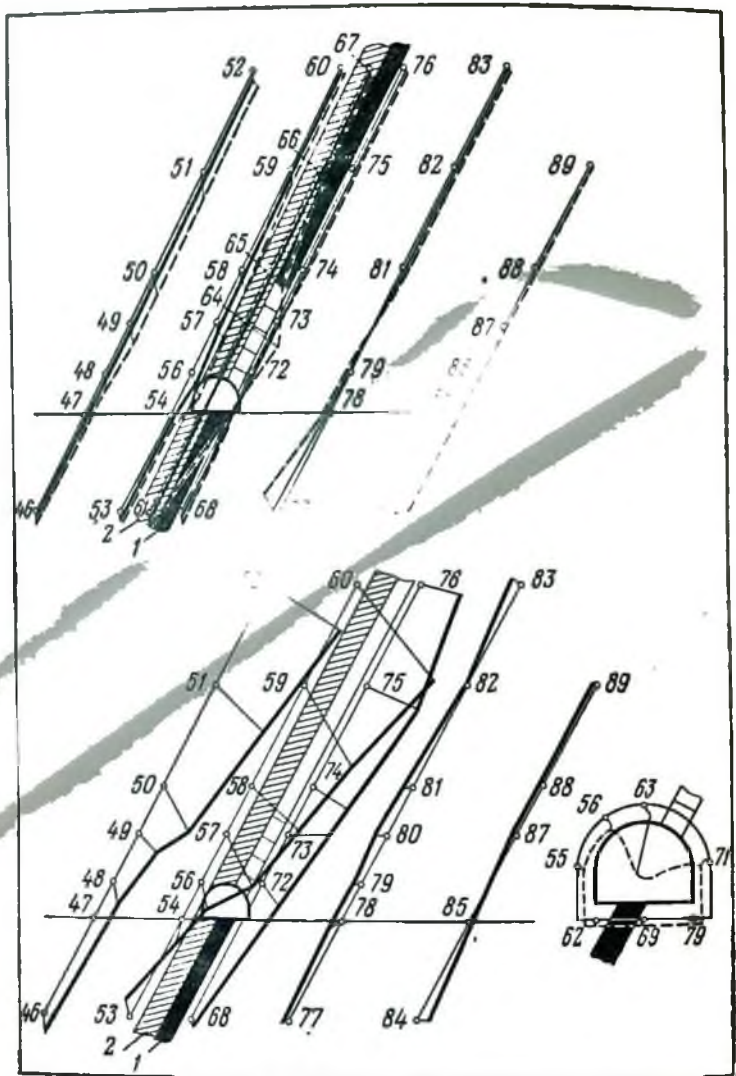


Рис. 77. Характер смещения пород при проведении выработки с подрыжкой сползающего слоя:

1 — угольный пласт; 2 — сползающий слой

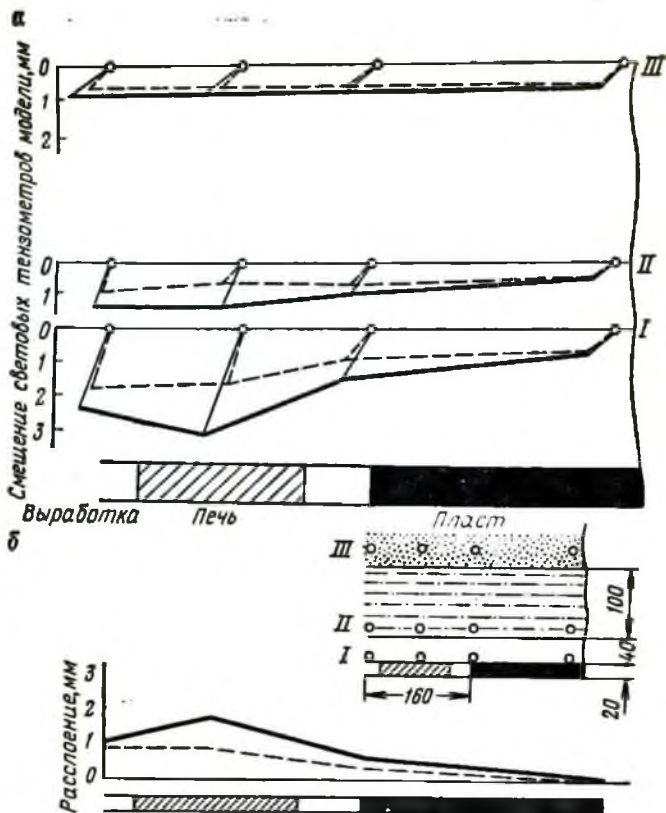


Рис. 78. Смещение пород в приштрековой зоне

яние. При этом необходимо проводить штреки с отставанием от очистных работ по вышерасположенному пласту. Восходящий порядок отработки пластов следует принимать, если нижний пласт в свите является защитным для верхнего.

К общим требованиям качественного поддержания выработок следует отнести и способ управления кровлей в лаве. Лучшие условия поддержания откаточных и вентиляционных штреков обеспечиваются полной закладкой выработанного пространства. Это объясняется тем, что при других способах управления кровлей в ла-

ве отмечаются более сильные динамические явления, связанные с осадкой пород кровли. Управление кровлей полной закладкой особенно большое значение приобретает до первой посадки кровли.

Анализ завалов штреков показал, что очень часто сползание кровли или почвы пласта имеет место при отходе лавы от разрезной печи до первой посадки кровли. Очистная выемка в этом случае вызывает упругое восстановление и расслоение пород при отсутствии достаточного отпора крепи в лаве и приштрековой зоне (костров, кустов) вследствие зависания породы между забоем лавы и целиком у разрезной печи. При этом опора при этом такова, что опорное давление успевает сформироваться и средства крепи в штреке оказываются ненагруженными. В момент первичной осадки кровли происходит значительное нагружение крепи, что в ряде случаев приводит к ее разрушению или опрокидыванию, и породы устремляются в нижнюю часть штрека, динамически воздействуя на крепь штрека. При качественной закладке выработанного пространства создается достаточный подпор смещающимся породам и исключает динамические явления.

Следующим этапом при рассмотрении вопросов поддержания необходимо считать выбор места расположения выработки в массиве. Как правило, пластовые штреки следует проводить с подрывкой пород почвы пласта, не нарушая пород кровли. При сползающих породах почвы возможно производить подрывку кровли не более чем на 1 м (большая подрывка возможна при прочных однородных породах кровли). В особо опасных по сползанию породах обрабатывать пласты следует через гезенки на полевые штреки. При этом полевой штрек целесообразно располагать в почве пласта на расстоянии 6—10 м от него в прочных породах.

Групповые штреки при нисходящей отработке пластов рекомендуется располагать в почве свиты.

Выбор способов охраны и крепления пластовых штреков необходимо осуществлять в первую очередь исходя из системы разработки, срока службы выработки, свойств пород и пласта.

При столбовой системе разработки откаточные штреки I и II групп целесообразно охранять искусственными

целиками. При этом на пластах мощностью не свыше 0,9 м могут быть использованы костры (искусственный целик из 5 костров) и кусты (с количеством стоек 30—40 шт.).

На пластах мощностью свыше 0,9 м необходимо применять кусты (40—60 стоек) и кустокостры (искусственный целик из 3 кустокостров и 2 костров), отдавая предпочтение последним при склонных к сползанию породах.

Откаточные штреки III группы должны охраняться кострами из шпального бруса, кустокострами (искусственный целик из 5—7 кустокостров), а при сползающих породах — угольными целиками, размеры которых приведены в табл. 48.

Таблица 48

Мощность пласта, м	Размер целика по вос- станью, м		Размер целика по прости- ранью, м
	мягкий уголь	крепкий уголь	
Не более 0,9	8—10	6—8	4,5
Свыше 0,9	12—14	8—10	5,4

На пластах с мягкими углями целики по периметру усиливаются органной крепью, устанавливаемой на распилы по кровле и почве пласта.

Угольные целики не рекомендуется оставлять в следующих случаях: при отработке защитных пластов, пластов, склонных к внезапным выбросам угля и газа или к самовозгоранию, а также когда угольный целик оказывает вредное влияние на выработки нижележащего пласта.

Сечение откаточных штреков при столбовой системе разработки должно выбираться с учетом ожидаемых смещений пород в массиве и в зоне опорного давления.

Эффективность проведения выработок увеличенного сечения с учетом смещений пород показана в работе [48]. Для выработок I группы сечение, при котором возможно обеспечить безремонтное поддержание, составляет 7,2 м², II группы — 8,5 м².

Таблица 50

Категория кровель	Минимальный размер бутовой полосы по падению, м	Шаг закладки, м	Максимальное отставание бутовой полосы от забоя верхнего уступа, м
Слабые, легкообрушаемые (глинистые сланцы с мощностью слоев до 1,5 м, ресьма трещиноватые песчано-глинистые и песчаные сланцы мощностью слоев до 0,5 м)	15	1,8	6,3
Средней прочности и обрушаемости (глинистые сланцы с мощностью слоев до 1,5—2,5 м, трещиноватые песчано-глинистые сланцы с мощностью слоев до 0,5 м)	20	2,7	9,0
Прочные, труднообрушаемые (плотные глинистые сланцы с мощностью слоев до 2,5—3,5 м, слоистые песчаники, глинистые сланцы с мощностью слоев до 0,5 м)	30	2,7—3,6	12,6
Планирующие породы (известняки, песчаники, доломиты, сланцы)	10	2,7—3,6	12,6

При проведении вентиляционного штрека ниже отката бывшего откаточного горизонта размер оставленного угольного целика над штреком должен быть равен 3 м при крепких и 6 м при слабых углях.

Основной крепью подготовительных выработок в настоящее время следует считать металлическую арочную податливую крепь из желобчатых взаимозаменяемых профилей: трехзвенную АП (для полевых штреков и квершлагов, для пластовых штреков, проводимых по маломощным пластам и при перекреплении за зоной действия опорного давления), четырехзвенную типа ПАК (при проведении пластовых штреков с подрывкой пород кровли и почвы пласта), пятизвенную типа КПК (при проведении пластовых штреков без подрывки пород кровли).

На пластах со сползающими породами при отходе от разрезной печи до первой посадки кровли следует устанавливать в штреках крепь через 0,5 м.

На участках значительных смещений (более 700 мм) в зоне опорного давления разрабатываемого пласта (или совместного влияния нескольких пластов) для предотвращения внезапного обрушения пород рекомендуется устанавливать переносную крепь усиления.

Длина участка, закрепленного такой крепью, должна составлять 80—100 м: впереди лавы — не менее 30 м, позади — 50—70 м.

Одним из основных направлений в решении проблемы поддержания выработок является разгрузка массива от горного давления. Известны из практики разработки пологих пластов такие методы разгрузки, как предварительная надрработка (подработка), разгрузочные бермы, бутовые полосы переменной плотности, проведение выработок по обрушенным породам или вприсечку к выработанному пространству. Предложенный ДонУГИ [17, 20] метод разгрузки вмещающего массива скважинами прошел широкую экспериментальную проверку, в процессе которой подтвердилась его эффективность.

Перечисленные выше методы разгрузки (кроме надрработки) не нашли применения на крутых пластах из-за технологических сложностей их осуществления. Однако некоторые из них — разгрузка скважинами, применение бутовых полос — заслуживают дальнейших исследований.

Находясь в начальной стадии исследования вопросы закладки откаточных штреков породой для их использования в дальнейшем в качестве вентиляционных с меньшими экономическими затратами при восстановлении. Закладка откаточных штреков является к тому же одним из важнейших мероприятий по предотвращению завалов в районе сопряжения с лавой.

Создаются более индустриальные средства охраны штреков, исключающие применение дерева и позволяющие механизировать процесс их возведения.

Заслуживает внимания исследование вопросов химического упрочнения пород, особенно как мера борьбы с обрушениями пород в районе сопряжения лавы со штреком.

На данном этапе решение вопроса снижения стоимости поддержания выработок должно сводиться к следующему:

более широкому применению столбовой системы раз-

работки, предусматривающей группирование на передний квершлаг и погашение штрека вслед за подвиганием лавы; погашение выработок должно осуществляться за короткое время; с этой целью необходимо применить конвейерный транспорт для выдачи угля по пластовым откаточным штрекам;

проведению штреков сечением, предусматривающим запас на осадку пород и применение крепей направленной податливости;

безмагазинной выемке пластов, улучшающей состояние пород на сопряжении лавы с откаточным штреком;

расширению объема применения системы откатки выработанного пространства в тяжелых геологических условиях, что повышает устойчивость и производительность выработки;

расширению области применения анккерной крепи в сочетании с подпорными столбами при разработке пластов на передний квершлаг;

рациональному планированию горных работ с точки зрения вредного влияния разработки сближенных пластов на состояние выработок.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Авершин С. Г. Результаты изучения проявлений горного давления при разработке, подработке и надработке угольных пластов, подверженных внезапным выбросам в шахтах Донбасса. — «Научные исследования в области борьбы с внезапными выбросами угля и газа». М., Углетехиздат, 1958, с. 107-132

2. Андрушко В. Ф. Исследование влияния основных факторов на величину затрат на поддержание подготовительных выработок крутых пластов Донбасса. Дисс. на соиск. уч. степ. канд. техн. наук. ДПИ, 1966. 150 с.

3. Борьба с вредным влиянием горных ударов на шахтах СССР. — «Уголь», 1962, № 8, с. 22—30. Авт.: С. Г. Авершин, И. М. Петухов, Б. В. Розов, В. Е. Будков.

4. Бронштейн Б. Е., Луцкий П. П. Расчленение Центрального угленосного района Донбасса по характеру газопроявлений. — В кн.: — «Проектирование и реконструкция угольных предприятий». М., «Недра», 1972, № 1, с. 25—27.

5. Васильев Ю. В., Жизлов Н. И., Смачной Н. И. Полная закладка выработанного пространства рядовой породой на шахте им. Гаевого. — «Уголь Украины», 1974, № 1, с. 21—23.

6. Влияние горно-геологических факторов на стоимость поддержания подготовительных выработок. М., ИГД им. А. А. Скочинского, 1967. 29 с. Авт.: М. И. Весков, А. Я. Графова, В. Л. Радионовский, Ю. Д. Бен-Якир.

7. Воскобоев Ф. Н. Характер перераспределения горного давления в нижней части этажа подрабатываемого крутого пласта. Сб. Л. ВНИМИ, Л., 1963, с. 3—10.

8. Глушко В. Т. Проявления горного давления в глубоких шахтах. Киев, «Наукова думка», 1971. 196 с.

9. Гмошинский В. Г. Горное давление на угольный пласт в скрестности выработки. — «Уголь», 1957, № 6, с. 16—23.

10. Давдянец В. Т. Движение боковых пород при разра-

ботке угольных пластов в Донецком бассейне. М., Углетехиздат, 1948. 186 с.

11. Заславский Ю. З. Исследование проявлений горного давления в капитальных выработках глубоких шахт Донецкого бассейна. М., «Недра», 1966. 180 с.

12. Зборщик М. П., Братишко А. С., Прокофьев В. П. Выбор способов охраны и места расположения подготовительных выработок. Киев, «Техніка», 1970. 227 с.

13. Зоря Н. М., Стукальский В. П. Датчики давления. — В кн.: Разработка месторождений полезных ископаемых. № 11. Киев, «Техніка», 1967, с. 22—24.

14. ИГД АН СССР. Стоимостные проектирования шахт Донбасса. М., Госгортехизд

15. Калужный Н. Т., Видун... положение полевых выработок при разработке... рождений. М., Госгортехиздат, 1961. 108 с.

16. Ковтун Е. П. II... устойчивостью выработок на крутых пластах. В... логия и экономика угледобычи. М., «Недра», 1963. X

17. Комиссаров М. А., Андриенко В. М., Тупиков Б. Т. Испытание способа охраны штреков разгрузкой породного массива... давления. — В кн.: Вопросы охраны и крепления... работок. Вып. № 41. М., «Недра», 1968, с. 84—89.

18. Комиссаров М. А. Некоторые вопросы поддержания... ительных выработок в условиях пологих пластов Донбасса. — В кн.: Вопросы охраны и крепления горных выработок, вып. № 41. М., «Недра», 1968, с. 3—25.

19. Комиссаров М. А., Филин В. Д. Металлическая составная податливая крепь постоянного сопротивления. Авторское свидетельство № 111968 с приоритетом от 23 мая 1953 г.

20. Комиссаров М. А., Шевченко В. В., Тупиков Б. Т. Испытание способа охраны пластовых штреков методом разгрузки породного массива в условиях пласта m_3 Донецко-Макеевского района. — В кн.: Крепление и охрана горных выработок, вып. № 46 ДонУГИ, Донецк, изд. Донецкого обкома КП Украины, 1968, с. 31—43.

21. Кошелев К. В., Трумбачев В. Ф. Повышение устойчивости капитальных горных выработок на больших глубинах. М., «Недра», 1977. 127 с.

22. Кривко С. И. Математическое выражение стоимости ремонта штреков. — «Инженерный работник», 1929, № 10, с. 50—51.

23. Кузнецов Г. Н. Изучение проявлений горного давления на моделях. М., Углетехиздат, 1959. 283 с.

24. Куклин Б. К., Медянцева А. Н. Выбор оптимальной совместной разработки пологих пластов Донбасса. М., Гостортехиздат, 1963. 102 с.

25. Лабасс А. Давление горных пород в угольных шахтах. «Вопросы теории горного давления». Сб. переводов. М., Гостортехиздат, 1961, с. 59—64.

26. Лепихов А. Г. Системы разработки свиты крутых выбросоопасных пластов. — В кн.: Совершенствование технологии добычи угля на шахтах Донбасса, вып. № 51 ДонУГИ. М., «Недра», 1973, с. 48—56.

27. Липкович С. М. О математическом выражении стоимости ремонта выработки. — «Инженерный работник», 1931, № 1—2, с. 10—15.

28. Лыткин В. А. Механизм пучения пород в подготовительных выработках. М., «Наука», 1965. 131 с.

29. Лякин В. Ф., Ставровский Е. В., Исиченко В. Н. Выбор рационального сечения пластовых штреков на крутых пластах. — «Уголь Украины», 1965, № 2, с. 16—18.

30. Максимов А. П. Горное давление и крепь выработок. М., «Недра», 1973. 288 с.

31. Найдыш А. М., Гусев Ю. А. Анализ схем совместной разработки пластов в условиях шахт Центрального района Донбасса. — «Уголь Украины», 1973, № 2, с. 9—11.

32. Найдыш А. М., Стрельников В. И., Новицкий А. М. О влиянии способа управления кровлей на стоимость поддержания откаточных штреков на крутых пластах. — В сб.: Разработка месторождений полезных ископаемых, № 8. Киев, «Техніка», 1967, с. 36—41.

33. О проблеме борьбы с внезапными выбросами на шахтах Центрального района Донбасса. — «Уголь Украины», 1969, № 6, с. 36—39. Авт.: В. В. Тетеревенков, А. М. Парфенчук, Э. Н. Телпченко, В. Г. Аршава.

34. О состоянии подготовительных выработок на глубоких горизонтах шахт с крутыми пластами. — «Уголь Украины», 1970, № 2, с. 6—8. Авт.: Н. С. Булычев, А. М. Фельгин, В. Н. Гольба, Г. Я. Степанович.

35. Правила охраны сооружений и природных объектов от

вредного влияния подземных горных разработок в Донецком угольном бассейне. М., изд. МУП СССР, 1972. 126 с.

36. Разработка угольных месторождений. Управление горным давлением и крепление горных выработок. Под ред. И. Статема. М., Госгортехиздат, 1960. 208 с.

37. Розенберг С. Е. Стоимость поддержания горных выработок, закрепленных деревом. М., Углетехиздат, 1952. 110 с.

38. Руденко П. Ф. Исследование и обоснование восходящего порядка отработки этажей на шахтах Центрального района Донбасса с целью предотвращения внезапных выбросов угля и газа. Дисс. на соиск. уч. степ. канд. техн. наук. Фонды ДонУГИ, 1973. 152 с.

39. Селезень А. Л., Чубарь П. М. Исследование схем расположения групповых штреков. В кн.: Проблемы добычи угля подземным способом. М., «Недра», 1969, № 11—12, с. 66—69. Авт.: Н. С. Селезень, П. М. Чубарь.

40. Смирняков В. В., Остапенко А. Ф. Металлическая арочная крепление и податливости. — «Уголь Украины», 1973, № 2.

41. Совершение контроля за состоянием подготовительных выработок. В кн.: Технология добычи угля подземным способом. М., «Недра», 1969, № 11—12, с. 66—69. Авт.: Н. С. Селезень, Г. Я. Степанович, В. Ф. Бондаренко.

42. Смирняков В. П. К вопросу условий полной подработки наклонных и крутопадающих пластов угля. — «Изв. вузов. Журнал», 1968, № 12, с. 19—21.

43. Терещенко А. С. Опыт применения металлического крепления на шахтах комбината Артемуголь. М., Углетехиздат, 1951. 17 с.

44. Технология подземной разработки пластовых месторождений. Под общей ред. А. А. Борисова. М., «Недра», 1972. 536 с.

45. Тихонова Н. В. Исследование на моделях величины опорного давления. — «Уголь Украины», 1963, № 9, с. 26—28.

46. Томасов А. Г., Зорин А. Н. Исследование проявления горного давления в сближенных взаимовлияющих выработках, расположенных в анизотропных породах. — В кн.: Выбросы породы и газа. Труды первого Всесоюзного научно-технического совещания по проблеме борьбы с выбросами горных пород в глубоких шахтах. Киев, «Наукова думка», 1971, с. 58—63.

47. Томасов А. Г. Исследование напряженно-перфорирован-

ного состояния массива вокруг взаимовлияющих выработок. — В Тезисы докладов на республиканской научно-технической конференции по проблемам угольной промышленности, ч. I. Донецк, Изд-во «Донбасс», 1969, с. 154—158.

48. Тупиков В. Т., Фролов Э. К. Эффективность проведения штреков с запасом по поперечным размерам и величине сдвижения пород. — В кн.: Вопросы охраны и рационального использования горных выработок, вып. № 41. М., «Недра», 1968, с. 10—12.

49. Указания по охране, поддержанию и рациональному расположению подготовительных выработок на шахтах основных бассейнов страны. Л., изд. ВНИИМИ, 1972. 121 с.

50. Филин В. Д. Специальная конструкция металлической податливой крепи для штреков, проводимых при разработке крутых пластов. — В кн.: Экспресс-информация о передовом опыте, вып. 6, М., ЦНИИТЭИуголь, 1969, с. 8—10.

51. Шевяков Л. Д. Основы теории проектирования угольных шахт. М., Углетехиздат, 1958. 328 с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

	Стр.
Предисловие	3
Глава I. Горно-геологические условия поддержания подготовительных выработок	5
Глава II. Закономерности деформации пород при разработке свиты	17
§ 1. Скорость сдвижения пород при выработке одного пласта	17
§ 2. Закономерности сдвижения пород в условиях разработки свиты пластов	28
§ 3. Влияние очистных работ на устойчивость подготовительных выработок	37
§ 4. Сползание пород в подготовительных выработках	54
§ 5. Надрботка и подработка штреков	66
Глава III. Способы и средства поддержания горных выработок	93
§ 6. Состояние выработок, виды и характер деформаций крепи	93
§ 7. Роль способов охраны в устойчивости выработок	100
§ 8. Ремонт подготовительных выработок	115
Глава IV. Стоимость поддержания подготовительных выработок	123
§ 9. Методика сбора и обработки фактических данных по поддержанию штреков	123
§ 10. Степень влияния основных факторов на стоимость поддержания выработок	134

	§ 11. Определение стоимости поддержания выработок	
Глава	V. Выбор места расположения выработок, способов охраны и крепления	165
	§ 12. Расположение выработок	165
	§ 13. Охрана и крепление отдельных выработок	189
	Список литературы	199

ИБ № 1823

Адольф Леонтьевич Селезень
Анатолий Георгиевич Томасов
Василий Филиппович Андрушко

**ПОДДЕРЖАНИЕ ПОДГОТОВИТЕЛЬНЫХ ВЫРАБОТОК
ПРИ РАЗРАБОТКЕ КРУТЫХ ПЛАСТОВ**

Редактор издательства *Э. Н. Чернегова*
Технические редакторы *О. Л. Болтунова, Н. В. Балашова*
Обложка художника *Т. Н. Погорелова*
Художественный редактор *О. Н. Зайцева*
Корректор *Л. П. Сталькова*

Сдано в набор 1/XII 1976 г. Подписано в печать 15/II 1977 г.
Т-00483 Формат 84×108¹/₃₂. Бумага № 2. Печ. л. 6,5 Усл. п. л. 10,92.
Уч.-изд. л. 10,80. Тираж 2000 экз. Заказ № 1769/5603—9
Цена 54 коп.

Издательство «Недра», 103633, Москва, К-12,
Третьяковский проезд, 1/19.
Московская типография № 32 Союзполиграфпрома
при Государственном комитете Совета Министров СССР
по делам издательства, полиграфии и книжной торговли.
Москва, К-51, Цветной бульвар, д. 26.

УВАЖАЕМЫЕ ТОВАРИЩИ!

В ИЗДАТЕЛЬСТВЕ «НЕДРА»

ГОТОВЯТСЯ К ПЕЧАТИ НОВЫЕ КНИГИ

ГАЛЬПЕРИН А. М., ШАФАРЕНКО Е. Аналитические расчеты горнотехнических сооружений. 18 л. 1 р. 11 к.

В книге изложены основные принципы расчета параметров различных горнотехнических сооружений (вертикальных стволов, подземных емкостей, бортов глубоких карьеров, высоких насыпных «сухих» и гидравлических отвалов) с учетом изменения во времени свойств и состояния горных пород. Освещены вопросы теории деформируемости горных пород и приложения аналитических методов к решению практических задач при проектировании и эксплуатации горнотехнических сооружений.

Наряду с новыми расчетными методами дается их экспериментальное обоснование с использованием лабораторных данных и результатов натуральных наблюдений на объектах КМА, Кузбасса, Никополь-Марганцевого бассейна.

Книга предназначена для инженерно-технических работников горных предприятий, научно-исследовательских и проектных институтов и факультетов.

ДАВЫДОВ В. В., БЕЛОУСОВ Ю. И. Химический способ укрепления горных пород. 15 л. 90 к.

В книге описаны состояние и опыт работ по химическому укреплению горных пород в отечественной и зарубежной практике, рекомендована область применения этого способа. Исследованы свойства растворов смол, рассмотрено влияние укрепляемой среды и режимов нагнетания на характер распространения растворов в породах с различными фильтрационными свойствами, приведены формулы и номограммы для определения технологических параметров.

Обоснованы требования к оборудованию для механизации работ по химическому укреплению горных пород и даны практические рекомендации по его выбору и использованию. Показаны технические возможности применения химического укрепления пород в очистных и подготовительных выработках с использованием специального комплекса оборудования и его экономическая эффективность.

Книга предназначена для инженерно-технических работников угольной промышленности, занимающихся вопросами повышения устойчивости легкообразуемых пород при строительстве и эксплуатации подготовительных и очистных выработок.

КАФОРИН Л. А., КУНКЕЛЬ А. А., ХАРЧЕНКО В. А. Новые технологические схемы поверхности шахт. 20 л. 1 р. 22 к.

В книге на основе всестороннего анализа действующих и проектируемых комплексов поверхности шахт рассмотрены основные направления и приведены конкретные решения поверхности шахт, позволяющие значительно повысить их технико-экономические показатели. Разработана экономико-математическая модель технологической схемы поверхности шахт и даны рекомендации по выбору рациональных вариантов технологических комплексов поверхности шахт в зависимости от схем вскрытия и отработки шахтного поля. Разработанные методологические положения проиллюстрированы конкретными расчетами для условий основных угольных бассейнов. Дана технико-экономическая оценка решений.

Книга предназначена для инженеров и работников проектных и научно-исследовательских учреждений и может быть полезна преподавателям горных вузов.

УСТИНОВ М. И. Выбор оптимальных технических решений при подготовке новых горизонтов и реконструкции шахт. 15 л. 1 р. 11 к.

В книге рассмотрены возможности применения современных количественных методов оптимизации, в частности ММ для выбора наиболее целесообразных и экономичных технологических решений при подготовке новых горизонтов и реконструкции шахт. Рассмотрены вопросы оптимальности проектных вариантов, приведена схема оптимизационных расчетов при проектировании новых работ, дана методика количественной оценки технического уровня действующей шахты, описаны экономико-математические модели оптимизации технологических решений при подготовке новых горизонтов и реконструкции шахт. Изложены общие положения практического использования разработанных методов, приведены результаты выполненных расчетов и показана эффективность применения этих методов.

Книга предназначена для работников научно-исследовательских и проектных институтов, комбинатов угольной промышленности и может быть полезна преподавателям и студентам горных вузов.

Интересующие Вас книги Вы можете приобрести в местных книжных магазинах, распространяющих научно-техническую литературу, или заказать через отдел «Книга — почтой» магазинов:

№ 17 — 199178, Ленинград, В. О., Средний проспект, 61

№ 59 — 127412, Москва, Коровинское шоссе, 20

Издательство «Недра»

54 коп.

НЕДРА