

С. Б. Архипов, Е. С. Бозанцев

ПРИМЕНЕНИЕ  
ПРОХОДЧЕСКИХ  
КОМБАЙНОВ  
В ШАХТАХ

7

7

671.2  
E25

В. С. Евсеев, Г. Н. Архипов, Е. С. Розанцев

# ПРИМЕНЕНИЕ ПРОХОДЧЕСКИХ КОМБАЙНОВ НА ШАХТАХ

ТЕХБИБЛИОТЕКА  
Центрального РУ  
Шифр \_\_\_\_\_  
Инв. № 20827 ✓



МОСКВА НЕДРА 1981

УДК 622.232.83 : 622.851.323

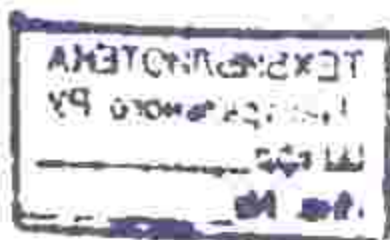
Евсеев В. С., Архипов Г. Н., Розалиев Е. С. Применение проходческих комбайнов на шахтах. М., Недра, 1981, 183 с.

В книге описан опыт применения проходческих комбайнов в различных горно-геологических условиях Кузбасса, намечены пути совершенствования комбайнового способа проведения выработок. Большое внимание уделено рассмотрению условий, особенностей и эффективности применения проходческих комбайнов для проведения выработок на пластах, опасных по внезапным выбросам угля и газа, влиянию скорости подвигания забоя на газовыбросоопасность пласта; основным параметрам способов борьбы с внезапными выбросами применительно к комбайновому способу проведения выработок. Приведены примеры скоростного проведения подготовительных выработок с применением проходческих комбайнов, вложены новые способы, приемы и методы организации труда при этих работах.

Книга предназначена для инженерно-технических работников угольной промышленности, занимающихся вопросами повышения эффективности проходческих работ.

Табл. 21, ил. 69, список лит. — 73 назв.

Рецензент: проф., д-р техн. наук Н. М. Покровский (МГИ)



30701 — 051

Е 043(01) — 81 281 — 80

2501000000

© Издательство «Недра», 1981

## ПРЕДИСЛОВИЕ

В перспективных и годовых планах развития народного хозяйства СССР топливное и энергетическое хозяйство всегда занимало и занимает одно из важных мест. В связи с этим широкому внедрению механизации трудоемких процессов в угольной промышленности уделяется большое внимание.

Техническим прогрессом в области проведения подготовительных выработок является применение проходческих комбайнов, которые позволяют повысить производительность труда проходчиков в 2—2,5 раза, снизить стоимость проведения, а также обеспечить высокую скорость проведения подготовительных выработок.

На шахтах Кузнецкого бассейна, где добывается свыше 140 млн. т угля в год, ежегодно проводят свыше 1500 км подготовительных выработок различного назначения. В связи с этим на шахтах Кузбасса большое значение придается внедрению проходческих комбайнов. За последнее десятилетие парк проходческих комбайнов возрос со 123 в 1968 г. до 365 в 1978 г. Соответственно увеличился в 2,6 раза и объем комбайнового способа проведения выработок со 155,7 до 404,6 км. Удельный вес комбайнового способа проведения в общем объеме проведения выработок с механизированной погрузкой увеличился с 35 до 67,4%.

В бассейне накоплен значительный опыт эффективного использования проходческих комбайнов ПК-3м, 4ПУ и ПК-9р. В каждом производственном объединении имеются проходческие бригады, которые в течение ряда лет работают с высокими устойчивыми показателями.

Опыт прогрессивной организации труда при проведении подготовительных выработок по мощным пластам крутого падения с применением проходческих комбайнов 4ПУ и ПК-9р получил широкое распространение на шахтах производственного объединения Прокопьевскуголь.

Кузбасс богат традициями по созданию проходческих комбайнов. Еще в 1943 г. А. Г. Лиференко был создан проходческий комбайн ПКЛ, послуживший в дальнейшем базой для разработки комбайнов ПКС и ПК-3 [1].

В угольной промышленности страны широко применялись разработанные в бассейне проходческие комбайны ПКГ конструкции Я. Я. Гуменика [2] и ШБМ-1 конструкции А. А. Могилевского и А. И. Лосева [3]. На шахте «Нагорная» изготовлен и испытан проходческий комбайн распорно-шагающего типа СРПК, на базе которого ЦНИИподземмаш спроектировал проходческий комплекс КН-5Н «Кузбасс». КузНИУИ совместно с ЦНИИподземмашем

разработан принятый в серийное производство комплекс самоходного проходческого оборудования КСО.

Постоянный рост темпов добычи угля и широкое внедрение средств комплексной механизации очистных работ требуют значительного улучшения технико-экономических показателей проведения подготовительных выработок и, в первую очередь, увеличения скорости их проведения. В настоящей работе рассмотрен ряд вопросов, способствующих, по мнению авторов, решению этой задачи, в частности, на основе обобщения и анализа опыта работ передовых проходческих бригад показаны направления совершенствования организации горнопроходческих работ при проведении выработок серийно выпускаемыми проходческими комбайнами и комплексами, совершенствование действующих и создание прогрессивных средств комплексной механизации, позволяющих улучшить существующую и разработать прогрессивную технологию проведения подготовительных выработок различного назначения.

С переходом шахт на нижние горизонты и ростом добычи угля из пластов, опасных по внезапным выбросам угля и газа, большое внимание в бассейне уделяется эффективному применению проходческих комбайнов для проведения выработок по газоопасным пластам, а также исследованиям и разработкам новых способов борьбы с внезапными выбросами угля и газа применительно к комбайновому способу проведения подготовительных выработок.

Имеющийся в бассейне опыт создания, разработки и эксплуатации проходческих комбайнов и комплексов проходческого оборудования в различных условиях представит интерес для работников угольной промышленности, занимающихся вопросами эксплуатации и разработки проходческих комбайнов и комплексов проходческого оборудования.

Книга написана кандидатами техн. наук В. С. Евсеевым и Г. Н. Архиповым (главы 1; 2; 4; 5), канд. техн. наук Е. С. Розанцевым (главы 3; 6). В написании книги принимали также участие: В. И. Коровин, В. Е. Новгородов, канд. техн. наук П. М. Ларичкин, Н. П. Васильев, Ю. Г. Казанин, Ю. Г. Куликов, Г. И. Колмаев, канд. техн. наук Ю. Г. Киселев.

## 1. ОБЛАСТЬ И ОБЪЕМЫ ПРИМЕНЕНИЯ КОМБАЙНОВОГО СПОСОБА ПРОВЕДЕНИЯ ВЫРАБОТОК В КУЗБАССЕ\*

### 1.1. Горнотехнические условия проведения подготовительных выработок

В СССР Кузбасс занимает одно из ведущих мест по добыче угля. Площадь угленосных отложений в Кузбассе составляет 23 тыс. км<sup>2</sup>. Месторождения Кузбасса отличаются разнообразием геологических условий: угольные пласты имеют мощность от 0,5 до 20 м и более, а углы падения в связи с сильно развитой складчатостью изменяются от 0 до 90°, почти повсеместно пласты и вмещающие породы имеют частые тектонические нарушения.

Вмещающие породы представлены аргиллитами, алевролитами и песчаниками. Кроме того, большинство пластов содержит включения оолитового железняка. Крепость вмещающих пород колеблется в широких пределах. Так, например, песчаники, составляющие 36—46% по мощности от всех вмещающих пород, имеют коэффициент крепости  $f$  от 5 до 16 по шкале проф. М. М. Протодяконова. Коэффициент крепости алевролитов (их удельный вес в общем объеме пород составляет 45—50%)  $f=3-12$ , причем 75% алевролитов имеют коэффициент крепости  $f=3-6$ . Аргиллиты имеют коэффициент крепости  $f=1-7$ , причем 60% из них имеют коэффициент крепости  $f=2-4$ .

Наибольший объем угля (42,7%) добывается из пологих пластов, 75% которых разрабатываются системой длинных столбов по простиранию.

Пологие пласты сосредоточены в Анжеро-Судженском, Ленинск-Кузнецком, Беловском, Томь-Усинском, Новокузнецком, Осинниковском районах. В Прокопьевско-Киселевском районе Кузбасса, где сосредоточено 22,5% всех промышленных запасов угля (из них более 70% коксующегося), обрабатываются мощные пласты крутого падения.

Основной объем выработок (84%) проводят по углю, 12% — по углю с присечкой породы и 4% — по породе. При проведении выработок смешанным забоем присекаются преимущественно породы с  $f=4-6$  (65%); с присечкой более слабых пород проводят 28%, а более крепких — 7%.

Основной объем выработок проводят площадью поперечного сечения до 12 м<sup>2</sup>, в том числе до 4 м<sup>2</sup> — 34% общего объема выработок, 4,1—8 м<sup>2</sup> — 37%, 8,1—12 м<sup>2</sup> — 21% и площадью поперечного сечения свыше 12 м<sup>2</sup> — 8%.

\* Написано совместно с В. И. Коровиным.

В связи с переходом на нижележащие горизонты наблюдается увеличение средней площади поперечного сечения проводимых выработок. Так, например, средняя площадь поперечного сечения горизонтальных выработок, пройденных по углю и с присечкой породы (без нарезных выработок), увеличилась с 5,42 м<sup>2</sup> в 1970 г. до 6,17 м<sup>2</sup> в 1977 г.

Прокопьевско-Киселевский район отличается от других районов исключительной сложностью: угленосные отложения сосредоточены в синклинальных и антиклинальных складках, преимущественно в мощных сближенных пластах с большим числом разрывных нарушений.

Разработка пластов осложняется прорывами глины, подземными пожарами, внезапными выбросами угля и газа, горными ударами и высокой газообильностью. На глубине 150—200 м выделение метана составляет более 10 м<sup>3</sup> на 1 т угля. С увеличением глубины разработки метанообильность через каждые 100 м возрастает примерно на 5 м<sup>3</sup>.

Пласты состоят из отдельных пачек угля, имеющих различную сопротивляемость резанию (130—250 кгс/см), и в основном на 97% представлены углями с сопротивляемостью резанию, превышающей 140 кгс/см, причем 57% пластов имеют угли с сопротивляемостью резанию выше 190 кгс/см. Пласты содержат один-два, а иногда и более породных прослоев, сложенных аргиллитом, углистыми аргиллитом, редко алевролитом или песчанком. Пласты II Внутренний, Горелый, Лутугинский, Мощный, Безымянный, Двойной и Ударный имеют линзовидные включения оолитового железняка (колчедана) с коэффициентом крепости  $f = 6 \div 9$  по шкале проф. М. М. Протодияконова. Непосредственная кровля и почва пластов, присекаемые при проведении выработок, представлены в основном (81%) аргиллитами и алевролитами с коэффициентом крепости  $f = 2 \div 5$ .

Многообразие горно-геологических условий залегания пластов обуславливает применение различных систем разработок, в следовательно, и схем подготовки выемочных полей.

Применяемые системы разработки и способы подготовки пластов Прокопьевско-Киселевского района обуславливают большой объем проведения подготовительных выработок — 48—50 м на 1000 т добычи. Ежегодный объем проведения подготовительных выработок в районе достигает 900 км, что составляет 59% от общего объема выработок, проводимых в Кузбассе.

Динамика объемов проведения подготовительных выработок на шахтах Кузбасса в целом и по производственному объединению Прокопьевскуголь представлена на рис. 1.

С 1970 по 1977 г. абсолютный объем проведения всех подготовительных выработок по производственному объединению Прокопьевскуголь снизился с 1185,5 до 869 км.

Снижение объема проведения подготовительных выработок обусловлено в основном увеличением длины очистных забоев и

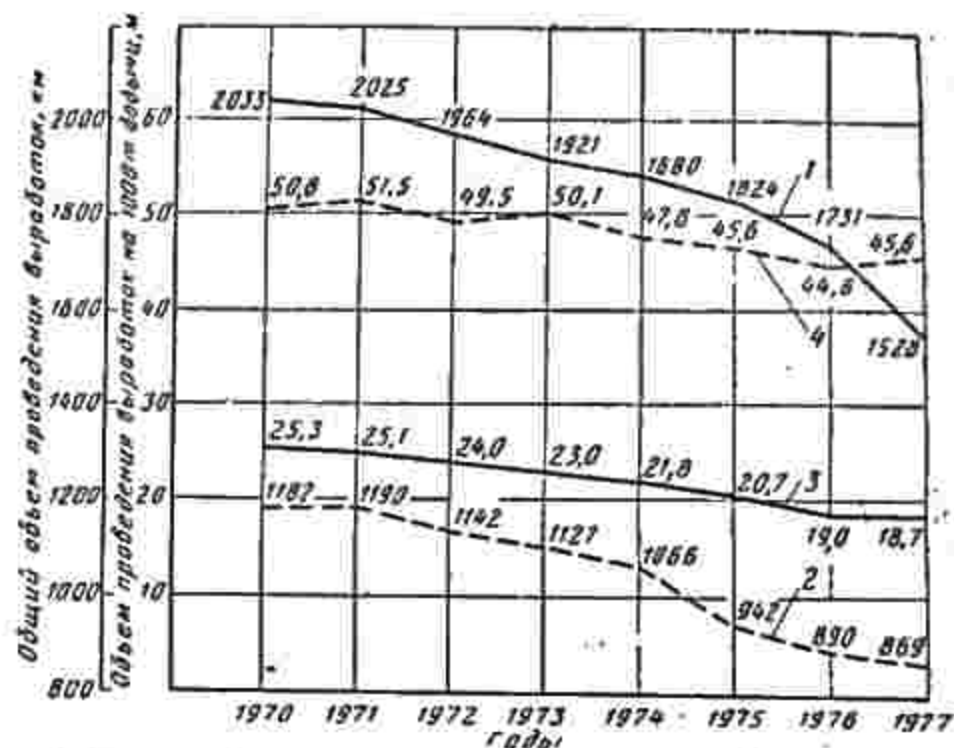


Рис. 1. Динамика объемов проведения подготовительных выработок на шахтах Кузбасса (показано сплошной линией) и производственного объединения Прокопьевскуголь (показано пунктирной линией):

1, 2 — общий объем проведения выработок; 3, 4 — объем выработок, приходящийся на 1000 т добычи

внедрением механизированной выемки угля при шитовой системе отработки.

В общем объеме проводимых выработок на шахтах, отрабатывающих крутые и наклонные пласты, ежегодно проводят около 500 км восстающих и 330 км горизонтальных выработок по углю и по углю с присечкой породы.

Анализ объемов проведения подготовительных выработок на шахтах района показал, что длина горизонтальных выработок изменяется от 50 до 540 м и в среднем составляет 275 м. В общем объеме проведения горизонтальных выработок 16,3%, или 54 км, занимают основные и откаточные штреки, 16,9%, или 56 км, — вентиляционные штреки и 66,8%, или 222 км, приходится на долю конвейерных штреков. В табл. 1 представлены данные, характеризующие распределение объемов проведения горизонтальных выработок различных типов по площади поперечного сечения, присечке и крепости присекаемых пород на шахтах Прокопьевско-Киселевского района.

Около 50% горизонтальных выработок имеют длину до 150 м и 50% длину более 150 м. В объеме выработок длиной более 150 м 75% составляют горизонтальные выработки длиной 150—220 м.

Таблица 1

Площадь поперечного сечения проходки выработки, м <sup>2</sup>	Объем проведения выработок, км				
	По углу	С присечкой породы в $f$ равным			
		4	4-6	более 6	
<i>Основные и откаточные штреки</i>					
До 4	0,6	—	—	—	—
4,1-6	—	—	—	—	—
6,1-8	4,2	0,9	2,4	—	0,7
8,1-10	7,5	0,9	2,6	—	1,2
10,1-12	9,0	0,1	0,4	—	4,7
12,1-16	17,3	2,8	6,0	—	1,0
<i>Вентиляционные штреки</i>					
До 6	10,6	2,3	4,2	—	0,2
6,1-8	18,3	2,2	6,1	—	0,3
8,1-10	8,4	0,4	7,0	—	—
10,1-12	0,2	—	—	—	—
12,1-16	3,6	—	—	—	0,7
<i>Конвейерные штреки</i>					
До 4	74,0	5,2	0,4	—	—
4,1-6	84,8	12,6	15,5	—	—
6,1-8	20,5	4,3	4,0	—	0,7

## 1.2. Области применения проходческих комбайнов и комплексов

Горнотехнические условия проведения подготовительных выработок в Кузбассе характеризуются разнообразием физико-механических свойств горных пород, различными углами наклона, поперечными площадями сечения, длиной, формой и обводненностью выработок, различным газовыделением и т. п.

В настоящее время на шахтах бассейна применяют только комбайны со стреловидным исполнительным органом, основным достоинством которых является большая универсальность. Этими комбайнами проводят горизонтальные выработки площадью поперечного сечения от 6 до 15 м<sup>2</sup> по углю и по углю с присечкой породы с коэффициентом крепости до  $f < 4$  по шкале проф. М. М. Протодаконова.

В Кузбассе прошел промышленные испытания и принят к серийному производству комплекс самоходного проходческого оборудования КСО. Копейский машиностроительный завод приступил к производству установочной серии проходческих комплексов КН-5Н «Кузбасс». С успехом эксплуатируются на шахтах бассейна проходческие комбайны ГПК, на базе которых разработаны проходческие комплексы. В табл. 2 приведены характеристики проходческого оборудования, которое эксплуатируется и найдет применение на шахтах Кузбасса.

Основными параметрами, определяющими область применения проходческих комбайнов и комплексов, являются крепость угля и абразивность вмещающих пород, площадь поперечного сечения

Таблица 2

Показатели	Комбайны и комплексы					
	ГПУ	ПК-3м	ГПК	ПК-5р	КСО	КН-5Н
Техническая производительность:						
по отбойке, т/мин	1,0	1,2	1,8	2,5	1,0	До 1,8
по проведению, м/ч	6	4	—	7	6	—
Площадь поперечного сечения проходной выработки, м <sup>2</sup>	4-8,2	5,3-12	4,7-15	7-16	5-8,2	7-13
Размеры выработки, м:						
высота	1,5-2,85	2,1-3,2	1,8-3,6	2,2-3,9	1,9-2,85	2×2,8
ширина	2,6-3,3	2,8-4,05	2,6-4,7	3,0-6,3	2,6-3,3	3,3×4,5
Основные размеры комбайна, мм:						
высота	1300	1740	1500	1830	1300	2000
ширина	2350	2430-2830	1600	1800	2350	3400
длина	5900	6570	10 000	7700	5900	10 000
Скорость передвижения, м/мин	2,4	1,38	6,8	2,0	2,4	—
Суммарная установочная мощность, кВт	93,8	115,5	142	186	109	160
Мощность привода исполнительного органа, кВт	22	32	36	93	22	55
Масса комбайна (комплекса), т	10,7	10,8	18,0	30	22	20

выработки, объем присечки, длина, угол наклона выработки и ее обводненность.

Область применения проходческих комбайнов и комплексов определяется соответствием технической характеристики проходческого оборудования горнотехническим условиям его применения и экономической эффективностью, учитывающей эффективную длину выработок и минимальный годовой объем их проведения по сравнению с базовыми вариантами (способами): буровзрывной — для комбайнов и комбайновый — для проходческих комплексов.

В соответствии с работой [4] за основной критерий эффективности проведения выработок принимают приведенные затраты, являющиеся функцией технических и технологических параметров комплексов проходческого оборудования и горно-геологических факторов. Кроме того, эффективность применения комплексов существенно зависит от годового объема проведения выработок на одной шахте.

Минимальное значение проектной длины ( $L_{min}$ ) выработки, соответствующее равным затратам сравниваемых способов проведения или видов механизации (комбайны и комплексы), определяется путем сравнения приведенных затрат в аналогичных условиях при различных значениях проектной длины выработки и максимально возможной скорости проведения.

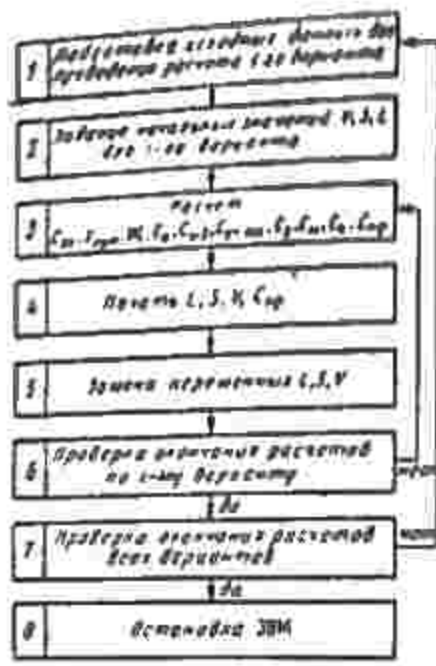


Рис. 2. Блок-схема программы расчета экономической эффективности применения проходческих комплексов

Приведенные затраты  $C_{пр}$  на проведение 1 м<sup>3</sup> выработки, руб:

$$C_{пр} = C_n + C_{a,н} + C_a + C_{m,д} + C_s + C_m + C_{ум} + C_{о,ш} \quad (1)$$

где  $C_{a,н}$ ,  $C_a$ ,  $C_{m,д}$ ,  $C_s$ ,  $C_m$  — прямые нормированные затраты соответственно по элементам: заработная плата, амортизационные отчисления, монтаж-демонтаж оборудования, электроэнергия, материалы, руб/м<sup>3</sup>;  $C_{ум}$ ,  $C_{о,ш}$  — соответственно участковые и общешахтные расходы, руб/м<sup>3</sup>;  $C_k$  — удельные капитальные затраты, руб/м<sup>3</sup>.

Минимальная длина выработки в соответствии с [5] определяется в результате сравнения графиков зависимости приведенных затрат при проведении 1 м<sup>3</sup> выработки от ее длины для исследуемого комбайна или комплекса и базового варианта (буровзрывной способ, комбайновый).

Минимально необходимый объем проводимых выработок на одной шахте определялся в соответствии с [6]. Минимальная сменная скорость проведения ( $v_{min}$ ) определялась технологическими схемами и результатами эксплуатации сравниваемых средств механизации. Расчеты по определению экономической эффективности применения проходческих комплексов проведены на ЭВМ «Накри-2». При расчете в качестве независимых переменных принимались: площадь поперечного сечения выработки  $S$ , сменная скорость продвижения забоя  $v_{см}$ , длина выработок  $L$ , коэффициент присечки  $K_p$ . Для каждого значения независимой переменной из области ее допустимых значений рассчитывалась и выводилась на печать сумма приведенных затрат  $C_{пр}$ . Блок-схема программы расчета экономической эффективности проходческих комплексов представлена на рис. 2.

В результате исследований установлены области применения проходческих комбайнов и комплексов на шахтах (табл. 3). Коэффициент крепости пород при этом  $f=4$ .

Области применения комбайнов 4ПУ, ПК-3м и ПК-9р приняты в соответствии с данными работы [7].

В результате анализа горно-геологических условий проведения выработок и технических характеристик проходческих комбайнов установлены области применения и возможности применения выработок комбайнами на шахтах Кузбасса (табл. 4).

Таблица 3

Комбайны и комплексы	Площадь поперечного сечения выработки, м <sup>2</sup>	Коэффициент присечки, %	Угол наклона, градус	Минимальная скорость проходки		Минимальная длина выработки, м
				м/год	м/смену	
4ПУ	4—8,2	0,3	±10	—	3,3	150
ПК-3м	5,3—12	0,3	±10	—	3,3	150
ПК-9р	7—16	0,3	±6	—	3,5	150
ГПК	4—15	0,3	±10	2000	4,0	200
КСО	5—8,2	0,3	±6	2000	6,0	До 380
КН-5Н	7—13	0,3	±35	1400	4,0	120

Таблица 4

Производственные объединения	Объем проводимых выработок, км		Возможный объем комбайнового способа проведения			На них по типам комбайнов				
	всего	в том числе требуемых погрузок	км	% от общего объема провед. выработок	% от общего требуемого погрузки	ГПК-3М (ГПК)	4ПУ	ПК-9р (ГПК-7)	4ПП-2	прочие
Кузбассуголь	389,2	356	209	53,7	58,7	152	20	7	20	10
Прокопьевскуголь	950,5	346	117	12,3	33,8	20	60	10	20	4
Южскузбассуголь	335,0	296	174	52	58,8	130	25	9	10	—

В соответствии с установленными объемами проведения выработок определено требуемое число проходческих комбайнов для производственных объединений бассейна. С учетом резерва оборудования для шахт бассейна потребуется 340 комбайнов, в том числе ГПК — 200 шт., 4ПУ — 70 шт., ПК-9р (ГПК-2) — 11 шт., 4ПП-2 — 32 шт. Для проведения выработок с углом наклона до 35° требуется 27 комплексов КН-5Н «Кузбасс», Комплексов КСО требуется 80 шт.

### 2.1. Общие положения

Применение проходческих комбайнов вносит значительные изменения в технологию и организацию горнопроходческих работ. Трудоемкие и разобщенные операции, имеющие место при буровзрывном способе, заменяются непрерывным механизированным процессом, обеспечивающим высокие темпы проведения выработок, увеличение производительности труда проходчиков, улучшение его условий и снижение стоимости проведения выработок. Кроме того, разрушение пород забоя исполнительным органом комбайна не нарушает целостности окружающей выработку горного массива, что значительно повышает устойчивость выработок и снижает затраты на их поддержание.

Область применения комбайнового способа проведения выработок может быть значительно расширена путем дальнейшего совершенствования технологии работ. Известно, что на эффективность проведения выработок с применением комбайна существенно влияют следующие факторы: скорость проведения, тип комбайна, способ транспортирования горной массы из забоя, площадь поперечного сечения выработки, мощность пласта, тип крепи и длина выработки.

Комбайны различных типов характеризуются различной теоретической и технической производительностью, стоимостью, энерговооруженностью, массой и надежностью, т. е. факторами, влияющими на себестоимость и трудоемкость проведения подготовительных выработок.

Способ транспортирования горной массы из забоя оказывает значительное влияние на трудоемкость проведения выработок. Использование конвейерного транспорта вместо рельсового позволяет сократить трудовые затраты на погрузку горной массы и настилку рельсовых путей, но приводит к увеличению стоимости забойного оборудования и затрат на электроэнергию.

С увеличением площади поперечного сечения выработки увеличиваются время обработки забоя и объем отбиваемой горной массы. Некоторые типы комбайнов в выработках большого поперечного сечения должны совершать дополнительные маневры для обработки забоя.

Мощность пласта влияет на величину присечки породы. С уменьшением мощности пласта величина присечки породы увеличивается, что затрудняет работу комбайна, его обслуживание,

приводит к значительному расходу режущего инструмента. Продолжительность установки деревянной, металлической и анкерной крепи различна. Поэтому выбор рационального вида крепи имеет большое значение.

Технология проведения выработок проходческими комбайнами включает ряд производственных процессов (обработка забоя, обслуживание комбайна, крепление выработки, комплекс вспомогательных операций), обуславливающих производительность труда проходчиков, и организационно-технических мероприятий, играющих огромную роль в обеспечении ритмичной и бесперебойной работы в забое подготовительной выработки.

### 2.2. Проведение подготовительных выработок на пологих пластах

При подготовке выемочных полей на пологих пластах 77% подготовительных выработок проводят с применением проходческих комбайнов и только 23% выработок буровзрывным способом.

Установлено, что средняя скорость проведения выработок буровзрывным способом при погрузке угля скреперами составляет 115,6 м/мес, погрузочными машинами — 96 м/мес, а производительность труда проходчиков соответственно 0,4 и 0,25 м/чел-смену. С применением проходческих комбайнов средняя скорость проведения выработок составляет 185 м/мес, а производительность труда проходчиков — 0,556 м/чел-смену.

Для проведения выработок наибольшее применение получили проходческие комбайны ПК-3м и 4ПУ. С их применением проводят более 60% объема выработок, пройденных комбайновым способом. Транспортирование горной массы из забоя осуществляется обычно в штреках скребковыми конвейерами, а в вентиляционных выработках — вагонетками по рельсовому пути, который в дальнейшем используется для доставки в лаву комплекса. Выработки крепят анкерной деревянной или металлической крепью. Площадь поперечного сечения выработок, проводимых с применением комбайнов, изменяется от 6,2 до 12 м<sup>2</sup>.

Численность проходческих бригад составляет от 9 до 24 чел. Бригады в основном имеют численность не более 18 чел. Численный состав бригады существенно влияет на скорость проведения выработок (рис. 3) и производительность труда проходчиков (рис. 4). С увеличением численности проходческой бригады скорость проведения выработок растет. Наиболее интенсивный рост скорости наблюдается с увеличением численности бригады с 12 до 20 чел. При дальнейшем увеличении численности бригады рост скорости проведения выработок замедляется. Производительность труда проходчиков с увеличением численности бригады снижается, что объясняется уменьшением занятости проходчиков в ограниченном пространстве подготовительного забоя.

\* Написано совместно с В. Е. Новгородским и В. И. Коровичем.



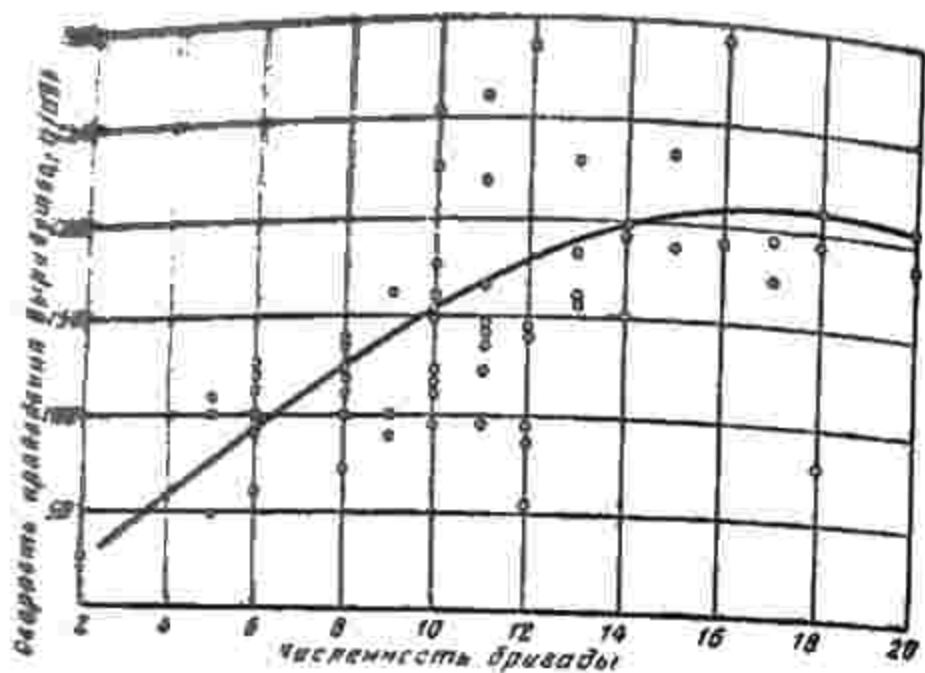


Рис. 3. Зависимость скорости проведения подготовительных выработок площадью поперечного сечения  $S = 6-8 \text{ м}^2$  комбайном ПК-3м от численности проходческой бригады

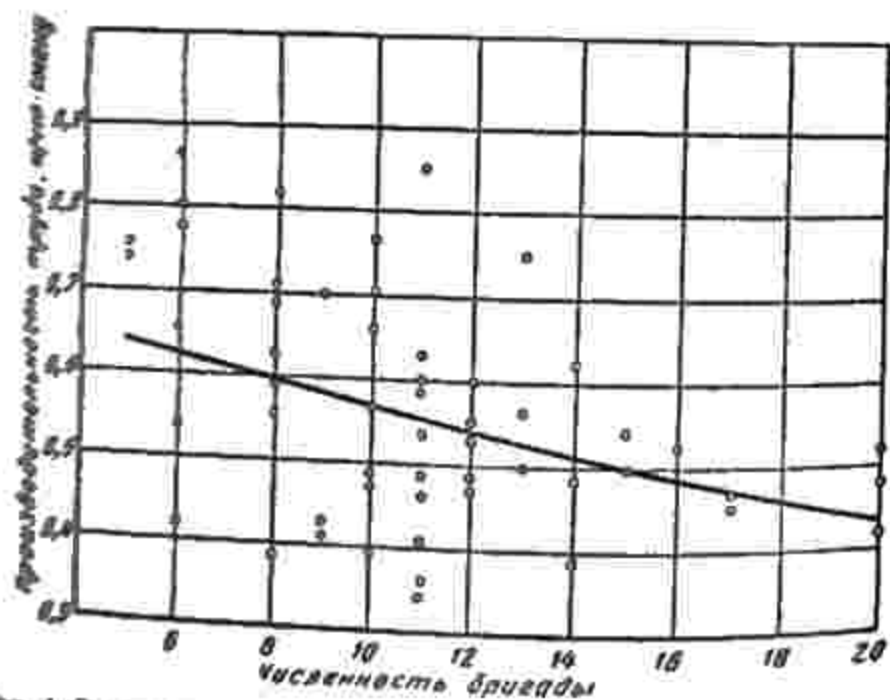


Рис. 4. Зависимость производительности труда проходчиков при проведении горизонтальных выработок площадью поперечного сечения  $S = 6-8 \text{ м}^2$  комбайном ПК-3м от численности бригады

Технические возможности проходческих комбайнов значительно выше средних показателей их работы. Опыт передовых проходческих бригад показывает, что с применением существующих проходческих комбайнов ПК-3м и 4ПУ возможно увеличить показатели проведения подготовительных выработок, превышающих средние по Кузбассу в 8 раз, а производительность труда проходчиков в 4 раза.

Общим для скоростных проходок является то, что увеличение скорости проведения выработок достигается за счет увеличения числа высококвалифицированных рабочих в бригаде и четкой организации работ в забое, основанной на максимальном совмещении во времени операций проходческого цикла, при полном и своевременном обеспечении забоя необходимыми материалами и оборудованием.

Отдельными бригадами достигаются устойчивые высокие скорости проведения выработок в течение всего года. Так, на шахте «Октябрьская» в 1970 г. проведено 6204 м выработок со среднемесячной скоростью проведения 517 м, в 1971 г. — 4919 м, среднемесячная скорость проведения составила 410 м. На шахте им. Кирова в 1971 г. проведено комбайном 4ПУ 5613 м со средней скоростью 468 м/мес, максимальная скорость проведения составила 607 м/мес.

Таким образом, передовой опыт работы проходческих коллективов показывает, что при проведении выработок комбайнами ПК-3м и 4ПУ может быть достигнута устойчивая скорость проведения 18—20 м/сут.

### 2.3. Проведение подготовительных выработок на крутых пластах

Крутые пласты в Кузбассе залегают в основном в Прокопьевско-Киселевском районе. На шахтах производственного объединения Прокопьевскуголь объем комбайновой проходки ежегодно увеличивается. Если в 1970 г. с применением проходческих комбайнов было пройдено 8080 м подготовительных выработок, то в 1977 г. объем комбайновой проходки увеличился в 8,9 раза и достиг 68 400 м.

В результате эксплуатации проходческих комбайнов на шахтах производственного объединения Прокопьевскуголь было установлено, что для проведения горизонтальных подготовительных выработок по углю с присечкой породы с коэффициентом крепости  $f < 4$  и площадью поперечного сечения  $6-8 \text{ м}^2$  наибольшее применение нашли комбайны 4ПУ. Малая масса и основные размеры комбайна позволяют транспортировать его по восстающим выработкам площадью поперечного сечения  $1,5 \times 1,5 \text{ м}$  без разборки. Для проведения основных горизонтальных выработок по углю и с присечкой породы средней крепости и площадью поперечного сечения  $10-16 \text{ м}^2$  наибольшее применение нашли проходческие комбайны ПК-9р.

Вместе с ростом числа проходческих комбайнов ежегодно увеличивается скорость проведения выработок с их применением. Так, если в 1970 г. среднемесячные скорости комбайновой проходки равнялись 114,4 м/мес., то в 1978 г. этот показатель составил 177,5 м/мес. Производительность единицы комбайнов соответственно возросла с 0,58 до 0,72 км/год за счет накопления опыта работы проходческими бригадами и освоения технологии проведения выработок. Однако опыт работы передовых проходческих бригад показывает, что эти показатели могут быть значительно выше.

Так, на шахте им. Дзержинского за 31 рабочий день было пройдено 1300 м конвейерных штреков, достигнута среднесуточная скорость подвигания забоя 41,9 м и производительность труда 3,23 м/чел-смену. В дальнейшем здесь же за 31 рабочий день прошли 1631 м конвейерных и вентиляционных штреков, причем среднесуточная скорость подвигания забоя достигла 52,6 м и производительность труда 3,29 м/чел-смену. На шахте «Краснокаменская» комбайном 4ПУ было пройдено 883 м штреков за 27 рабочих дней. Среднесуточная скорость составила 32,6 м, а производительность труда 1,55 м/чел-смену. На шахте № 12 в 1975 г. комбайном 4ПУ было пройдено за 27 рабочих дней 930 м штреков. Среднесуточная скорость подвигания забоя составила 34,5 м, а производительность труда — 1,34 м/чел-смену. Такие показатели были достигнуты в результате применения научной организации труда, умелого использования серийной проходческой техники и высокого профессионального мастерства проходчиков.

При организации скоростных проходок инженерно-техническими работниками шахт совместно с научными сотрудниками КузНИИИ разрабатываются проекты скоростного проведения выработок. В соответствии с проектами разрабатываются формы организации труда, технологические схемы, определяются трудоемкость и продолжительность выполнения основных операций проходческого цикла и численность проходческой бригады. На основании данных о трудоемкости и продолжительности выполнения основных операций, цикла и численности проходческой бригады составляются графики организации труда и устанавливаются содержание и технология выполнения процесса проведения выработок.

#### 2.4. Транспортирование и монтаж проходческих комбайнов \*

Эффективное применение проходческих комбайнов во многом зависит от сокращения времени на монтажно-демонтажные работы и транспортирование их по горизонтальным и восстающим выработкам.

По горизонтальным выработкам комбайны транспортируются с помощью катков или, если выработки оборудованы рельсовыми путями,

\* Упомянуто совместно с В. И. Коровиным.

на специальных платформах. Перед транспортированием по горизонтальным выработкам из забоя в забой комбайны демонтируются частично (отсоединяются перегружатель и погрузочный орган) или полностью (отсоединяются рабочий и погрузочный органы, магнитная станция, маслостанция, ходовая тележка, которая также разбирается на части). Узлы комбайна перевозят на платформах или в вагонетках. На демонтаж комбайнов 4ПУ и ПК-3м звеном из 3—4 чел. затрачиваются 2—3 смены. Трудоемкость при этом составляет 8—9 чел-смен. Демонтаж проходческих комбайнов ПК-9р и ГПК производит звено из 5—6 чел. в течение 10 смен. Трудоемкость при этом составляет 50—60 чел-смен.

Монтаж комбайнов 4ПУ и ПК-3м производит звено из 3—4 чел. в течение 2—3 смен, комбайнов ПК-9р и ГПК — из 5—6 чел. в течение 10—15 смен. Средняя трудоемкость монтажа проходческих комбайнов 4ПУ и ПК-9р соответственно составляет 9 и 68 чел-смен.

При проведении выработок комбайнами 4ПУ и ПК-3м транспортирование горной массы осуществляется скребковыми конвейерами. Поэтому перегон комбайнов по выработкам производится после демонтажа конвейеров, который составляет от 30 до 80% (в зависимости от длины выработки) общей трудоемкости монтажно-демонтажных работ и транспортирования комбайна из выработки в выработку. В последнее время на шахтах Кузбасса практикуется перегон комбайна своим ходом без разборки решетчатого става по уложенным сбоку конвейера деревянным брускам. При этом производится демонтаж только приводных головок конвейера, что позволяет значительно сократить время транспортирования комбайнов. Транспортирование (спуск, подъем) проходческих комбайнов по восстающим выработкам является наиболее сложным и трудоемким процессом, так как восстающие выработки имеют небольшие площади поперечного сечения, и их грузовые отделения мало приспособлены для спуска и подъема узлов проходческих комбайнов.

Спуск (подъем) по восстающим выработкам проходческих комбайнов ПК-3м, ГПК и ПК-9р, применяемых для проведения выработок основного направления, не практикуется. Спуск (подъем) проходческих комбайнов 4ПУ производится по двум схемам: спуск (подъем) комбайна в неразобранном виде и спуск (подъем) узлов комбайна.

При спуске (подъеме) комбайна по схеме, приведенной на рис. 5, а, в вентиляционном штреке предварительно проходят орт, предназначенный для установки лебедки, расширяют сопряжение нижнего штрека со скатом, в скате убирают отшивку. Для обеспечения большей маневренности комбайна в вертикальной плоскости иногда от него отсоединяют погрузочный стол. Комбайн спускают с помощью лебедки ИЛКН на двух канатах диаметром 22—25 мм, один из которых является основным, а другой — предохранительным. Карме комбайна петлями крепят канаты. Для

Центрального БУ  
Шифр 20823

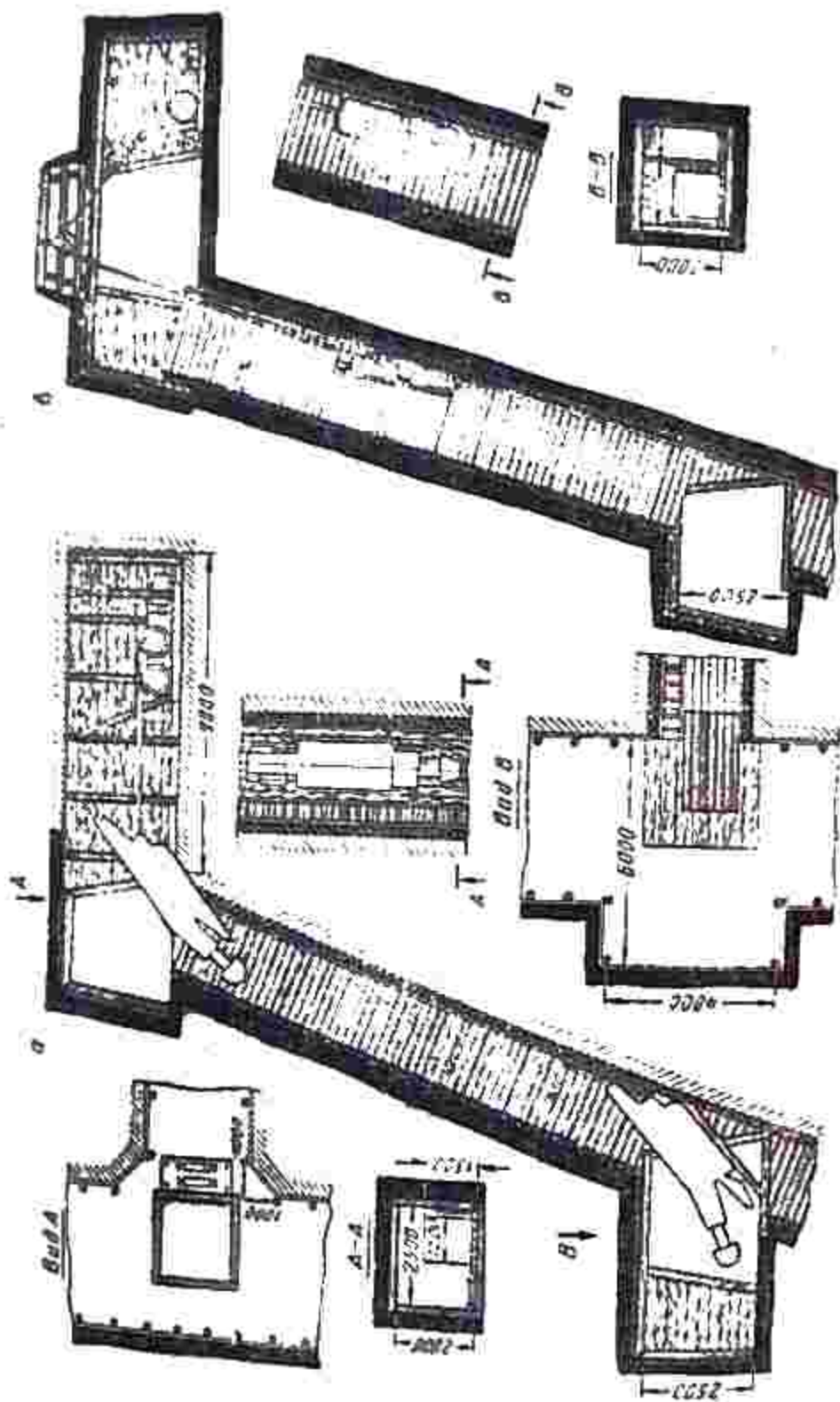


Рис. 5. Технологическая схема спуска (подъема) проходческого комбайна 4ПУ по склону:  
 а — без разборки на основные узлы; б — с разборкой

предотвращения трения канатов о почву на скосе сопряжения верхнего штрека со скатом устанавливают плиту с двумя роликами от ленточного конвейера, которую анкеруют четырьмя анкерами. При спуске (подъеме) комбайна включается гусеничный ход. Машинист, сопровождающий комбайн по трапам ходового отделения, при необходимости рукоятками управления ходом корректирует движение комбайна. Связь машиниста комбайна с машинистом лебедки осуществляется по телефону. Эту схему спуска (подъема) комбайна применяют при углах наклона ската менее  $70^\circ$ .

Продолжительность спуска (подъема) комбайна и его демонтируемых узлов, в том числе и перегружателя, составляет три смены, этими операциями занято звено из 5 чел. Трудоемкость спуска (подъема) комбайна составляет 15 чел-смен.

Продолжительность подготовительных операций (проходка орта, доставка и установка лебедки, разборка отшивки ската, разделка сопряжения ската с почвой верхнего штрека) составляет 6 смен. Эти операции выполняет звено из 3—5 чел. Трудоемкость подготовительных операций составляет 17 чел-смен. Общая трудоемкость спуска комбайна с подготовительными операциями равняется 32 чел-смены. Схема, приведенная на рис. 5, б, применяется на углах наклона ската  $70-90^\circ$ . Она предусматривает демонтаж комбайна на транспортируемые узлы — исполнительный и погрувочный органы, маслобак, станцию управления, хвостовую часть конвейера, гусеничные тележки. Каждый узел опускается либо непосредственно прикрепленным к канату, либо в скипе. Для спуска (подъема) узлов комбайна используется лебедка ЛВД-34 с канатом диаметром 12,5 мм. Для вывода узлов комбайна из скипа в штрек на этом штреке устанавливается лебедка ЛВД-23. Эта же операция может выполняться с помощью ручных талей. Узлы опускаются в порядке последующей сборки комбайна. Пять рабочих производят спуск (подъем) узлов комбайна в течение 2 смен.

Подготовительные операции (доставку и установку лебедок, демонтаж и монтаж комбайна) выполняют трое рабочих в течение 2 смен. Трудоемкость подготовительных операций составляет 23 чел-смены. Общая трудоемкость спуска узлов комбайна и подготовительных операций составляет 33 чел-смены.

3.1. Оценка различных способов  
выемки угля применительно к пластам,  
склонным к газодинамическим явлениям

Процесс газодинамического явления «внезапный выброс угля и газа» условно можно разграничить на две стадии — *подготовительную и непосредственного выброса*. В первой, подготовительной стадии происходит разрушение угля при быстрых разгрузке или притоке призабойной зоны пласта. Реализующаяся при этом *кратковременная* потенциальная энергия угля переходит в кинетическую энергию, под действием которой уголь начинает свое движение в сторону выработки. Далее наступает вторая стадия, которая совершается под действием заключенного в угле газа. Вначале движущей силой является давление свободного газа в трещинах *крупного* массива. Затем, если уголь был достаточно раздроблен в первой стадии, возможна высокая скорость перехода газа из *связанного* состояния в свободное, образующийся газовый поток *выбрасывает* уголь в выработку во взвешенном виде.

Газодинамические явления вида внезапных выбросов происходят на пластах с углем, обладающим рядом специфических *свойств*. Основной активной силой первой фазы выброса является *накопленная* энергия, в которую переходит потенциальная упругая энергия угля. Количество ее связано с упругими свойствами *угля*. С повышением последних величина упругой энергии, содержащейся в призабойной части угольного массива, возрастает. *Потенциальная* энергия угля в зависимости от его свойств может *реализовываться* по-разному. Возможна быстрая, почти мгновенная *реализация* энергии, если уголь предрасположен к хрупкому разрушению. При преобладании у угля пластических свойств его *потенциальная* энергия расходуется большей частью на постепенное *пластическое* деформирование. Необходимо отметить, что угольные пласты, на которых происходят внезапные выбросы угля и газа, как правило, неоднородны по своему строению и состоят из *пачек* угля с резко отличающимися механическими свойствами. При этом выбросоопасными являются пачки, сложенные сильно *нарушенным* углем. В структурном отношении такие пачки можно *представить* угольному брикету, спрессованному из мелких частиц, *обладающих* силовыми свойствами. Под нагрузкой такой уголь *может* быстро разрушаться на мельчайшие частицы. Это и является *началом* процесса внезапного выброса, иногда начинающегося с *высыпания* нарушенного угольного массива. Таким образом, механическими свойствами, определяющими повышенную опасность

возникновения внезапных выбросов, являются высокие упругость, сыпучесть и хрупкость угля.

После внезапного разрушения угля при возникновении выброса дальнейшую работу по его выносу совершает выделяющийся из него газ.

Основным источником энергии движущихся по выработке потоков газоугольной и газозооной смеси является процесс интенсивного газовыделения при отторжении газоугольной смеси от массива. Скорость движения фронта волны отторжения и степень разрушенности и газонасыщенности угля определяют мощность газового потока, т. е. параметры процесса перемещения угля в потоке расширяющегося газа в самой полости выброса и в выработке.

Быстрое обнажение газонасыщенного пласта угля с дополнительными динамическими нагрузками, вызванными, например, взрывными работами, способствует повышению деформаций в волне разрежения и существенно повышает вероятность развития выброса угля и газа. Опытные данные и результаты физического моделирования указывают, что одним из факторов, определяющих интенсивность выброса, является величина аэродинамического сопротивления на пути движения газоугольной смеси. С ростом величины аэродинамического сопротивления, например при наличии в забое выработки проходческого комбайна, интенсивность выброса снижается.

Многолетний опыт разработки пластов, опасных по внезапным выбросам угля и газа, показывает, что внезапные выбросы на большинстве пластов различных месторождений происходят зонально. Не существует целиком опасных по внезапным выбросам пластов, а есть отдельные участки этих пластов, одни из которых опасны, а другие можно считать неопасными. В настоящее время опасность участков пластов по внезапным выбросам угля и газа устанавливается в результате прогноза, осуществляемого на основании той или иной инструкции, разработанной для конкретного месторождения.

В частности, на шахтах Кузбасса в течение ряда лет действовала временная инструкция для установления участков пластов, опасных и неопасных по внезапным выбросам угля и газа, в Донбассе применялось руководство по прогнозу выбросоопасности угольных шахтопластов и отдельных зон, для условий Караганды была также разработана временная инструкция по установлению опасных и неопасных зон внезапных выбросов угля и газа в угольных пластах. Под *опасным по внезапным выбросам участком* на подготовляемом или разрабатываемом горизонте опасного или угрожаемого шахтопласта понимается часть шахтопласта, характеризующаяся комплексом природных факторов, указывающих на возможность возникновения на данном участке внезапных выбросов.

Внезапный выброс угля и газа можно рассматривать как реализацию аварийной ситуации, возникающей при определенном сочетании признаков выбросоопасности. В таких ситуациях обычно

представляют интерес экстремальные значения этих опасных признаков.

Великомерные внезапных выбросов угля и газа связано с неравномерным протеканием различных процессов в угольном массиве. Эта неравномерность, в частности, нестабильность деформаций пласта, зависит как от технологических факторов (степени переводимости выемки угля), так и от свойства угля (его крепости). Опытные данные показывают, что при переходе от крепких углей к слабым величинам деформаций существенно возрастают.

Снижение выбросоопасности пласта достигается не только о помощью специальных мер предупреждения внезапных выбросов, но и соответствующим выбором технологии ведения горных работ. Правильность ее выбора зависит от того динамического воздействия, которое оказывают горные работы на прилегающий к забою выработки угольный массив. При этом следует учитывать не просто наличие динамического воздействия, а его интенсивность. Вероятность внезапного выброса угля и газа снижается с уменьшением интенсивности воздействия.

Качественная оценка способов выемки угля на выбросоопасных пластах может быть определена следующими требованиями:

подготовительные выработки по угляю не должны проводиться в зоне опорного давления при выемке разрабатываемого или соседних пластов.

отработка пласта не должна производиться встречными и догоняющими забоями;

для поддержания призабойной части выработок необходимо использовать жесткую и прочную крепь;

отбойку угля следует производить равномерно во времени, при этом глубина заходки должна быть минимальной.

Способ выемки угля в ряде случаев может играть очень важную роль. Так, например, замена взрывного способа выемки угля комбайновым позволила полностью исключить внезапные выбросы угля и газа на пластах Воркутского месторождения.

Проблема борьбы с внезапными выбросами угля и газа при комбайновом способе проведения выработок впервые возникла в 1961 г. в связи с широким внедрением комбайнов на газоносных пластах Воркутского месторождения. Высокая частота внезапных выбросов при повышенных скоростях подвигания забоев вынудила ВостНИИ испытать и проверить практически все известные способы предупреждения выбросов.

Имеющиеся данные свидетельствуют о том, что в Кузбассе при переходе горных работ на следующий горизонт газообильность шахт еще более возрастет и подавляющее их число будет переведено в сверхкатегорию. Так, на глубине 600 м относительная газообильность наиболее газовых шахт Анжеро-Судженского и Ленинск-Кузнецкого районов может достигнуть 50—60 м<sup>3</sup> на 1 т суточной добычи, в шахт Кемеровского и Прокопьевско-Киселевского районов — 70—80 м<sup>3</sup> на 1 т суточной добычи.

Основываясь на статистических данных (табл. 5), в ближайшие годы можно ожидать значительного увеличения опасности пластов по внезапным выбросам угля и газа.

Таблица 5

Показатель, характеризующий выбросоопасность шахт и пластов Кузбасса	Периоды подсчета		Увеличение (+) или уменьшение (-) показателя в период 1971—1975 гг. по сравнению с периодом 1966—1970 гг.
	1966—1970 гг.	1971—1975 гг.	
Число шахт с провалными внезапными выбросами	13	14	+1,08
Число выбросоопасных шахтопластов	30	33	+1,10
Число внезапных выбросов (абсолютная выбросоопасность)	19*	12*	-1,58
Число внезапных выбросов, отнесенных к числу шахт с провалными выбросами (относительная выбросоопасность)	1,46	0,85	-1,70
Число внезапных выбросов, отнесенное к числу опасных шахтопластов	0,63	0,36	-1,75

\* В числителе показаны число внезапных выбросов за 5 лет, в знаменателе — число шахт за этот же период.

Длительный опыт разработки пластов, подверженных внезапным выбросам угля и газа, в различных бассейнах и месторождениях страны показывает, что технология проведения выработок является одним из главных факторов, ускоряющим или, наоборот, сдерживающим перевод пластов в категорию выбросоопасных.

Оценка различных способов выемки угля (комбайнами, отбойными молотками, с помощью буровзрывных работ) при проведении подготовительных выработок на выбросоопасных пластах проводилась на основе изучения основных технологических факторов, определяющих степень опасности пласта по внезапным выбросам угля и газа — давления газа, напряженного состояния угольного массива и его деформируемости.

### 3.2. Влияние скорости подвигания забоя подготовительной выработки на выбросоопасность угольного пласта

В соответствии с существующими представлениями о механизме внезапных выбросов угля и газа среди специалистов многих стран существует мнение, что скорость подвигания забоев должна быть минимальной и не превышать определенных пределов. Так, на шахтах ПНР суточные подвигания подготовительных забоев ограничены величиной 1,5 м, а очистных — 0,5 м. На шахтах бассейна Северный во Франции скорость проведения выработок на опасных пластах ограничена до 1,25 м/смену.

Анализ частоты внезапных выбросов (число внезапных выбросов, приходящееся на 1000 м выработки) в зависимости от скорости подвигания забоя показывает, что при увеличении среднесуточных скоростей подвигания штреков с 1,32 до 2,12 м/сут частота выбросов увеличилась соответственно с 50 до 74,9.

Имеющиеся данные, казалось бы, позволяют сделать вывод о необходимости проведения выработок на выбросоопасных пластах с минимально возможной скоростью. Однако следует иметь в виду, что подобные данные получены при применении таких способов выемки угля, которые отличаются значительной неравномерностью подвигания забоя (например, с помощью отбойных молотков, буровзрывной способ).

Другим способом выемки угля свойственно более равномерное подвигание забоя выработки (комбайновый способ). При этом степень неравномерности может быть также различной и зависит от порядка обработки забоя. В случае последовательной обработки забоя (комбайны 4ПУ) неравномерность подвигания забоя значительна. Если же обработка забоя выполняется путем одновременного взятия небольших заходов по всей площади поперечного сечения выработки (комбайны с рабочим органом планетарно-дискового типа), то может быть обеспечена минимальная неравномерность, а в предельном случае непрерывное проведение выработки в угольном массиве. Выемка угля отбойными молотками по неравномерности подвигания забоя близка к обработке забоя исполнительным органом комбайна избирательного действия.

Важнейшей предпосылкой для внезапного изменения напряженного состояния угольного массива является режим подвигания выработки, обусловленный способом выемки и мгновенной скоростью подвигания выработки, или изменчивость прочностных свойств угольного массива, или оба фактора вместе.

Наиболее существенные изменения в характере формирования зоны предельного состояния угольного массива происходят при увеличении скорости проведения в области низких скоростей.

Наблюдениями в шахтных условиях установлено влияние скорости подвигания выработки на интенсивность сближения боковых пород позади забоя, которое наиболее четко заметно на расстоянии 9—10 м. При этом наибольшие величины деформаций сближения отмечены при минимальных скоростях подвигания выработки.

Значительный интерес представляет анализ деформаций угольного пласта в рабочую и ремонтную смену, которые являются косвенным показателем увеличения или снижения опасности возникновения выброса.

Если аналогичи рабочей и ремонтной смен принять периоды проведения выработок с разной скоростью, то в качестве показателя неравномерности процесса деформации может быть принят коэффициент  $k$ , определяемый отношением приращений деформаций при данной скорости проходки к приращению деформаций при другой скорости.

Значения коэффициентов  $k$ , приведены на рис. 6. По оси абсцисс приведены первоначальные значения скорости проходки  $v_1$ , по оси ординат — значения  $k$ , на расстоянии 5—6 м от забоя. Каждая кривая представляет изменение  $k$ , при изменении скорости  $v_1$  на скорость  $v_2$ .

Из приведенных графиков видно, что переходы от больших скоростей к меньшим сопровождаются увеличением деформаций, а от меньших к большим — их задержкой. Так, для кривой 4 переход от скоростей 1 м/ч и 3,24 м/ч к скорости 0,7 м/ч сопровождается увеличением деформаций соответственно в 1,1 и 1,2 раза, а от скоростей 0,3, 0,4 и 0,5 м/ч к скорости 0,7 м/ч — задержками деформаций соответственно в 5,6; 2,59 и 1,5 раза.

В соответствии с экспериментально установленным фактом задержек деформаций накануне выброса можно полагать, что увеличение скорости проведения выработки сопровождается возрастанием потенциальной опасности внезапного выброса. Казалось бы, можно сделать вывод о том, что возрастание деформаций свидетельствует о снижении опасности выброса. Однако это справедливо лишь для сравнительно малых увеличений деформаций. В случае же большого увеличения деформаций скорость этого процесса может стать соизмеримой со скоростью разрушения угля в момент выброса.

Анализ графиков на рис. 6 позволяет сделать вывод, что существует диапазон скоростей от 0 до 0,4 м/ч, увеличение которых приводит к существенному торможению процесса формирования зоны предельного состояния с задержкой деформации, характеризующейся коэффициентом деформаций  $k > 3$ . При увеличении скорости проведения выработки величины относительных деформаций массива снижаются. Это значит, что при переходе к повышенным скоростям проведения максимум концентрации напряжений приближается к забою, последующее увеличение скорости уже не приводит к существенному приближению этой зоны. В условиях реального угольного пласта неравномерность протекания различных процессов в нем, вызываемая изменением скорости

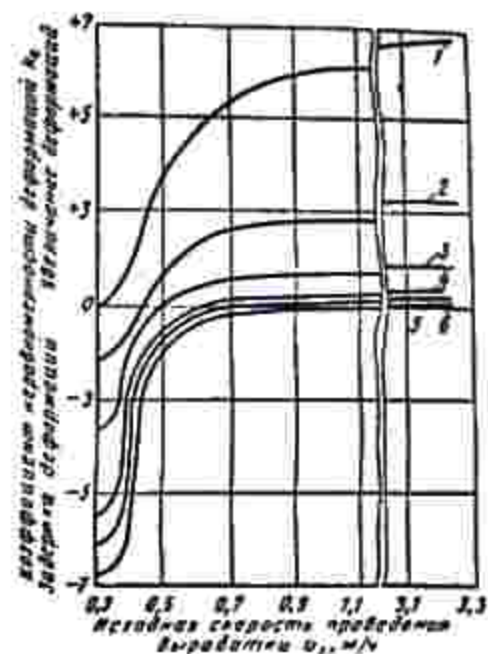


Рис. 6. Зависимость коэффициента  $k$ , от изменения скорости проведения выработки в пласте с равномерными свойствами угля:

1 — при переходе к скорости 0,3 м/ч; 2 — то же, 0,4 м/ч; 3 — то же, 0,5 м/ч; 4 — то же, 0,7 м/ч; 5 — то же, 1 м/ч; 6 — то же, 3,24 м/ч

подвигания забоя, будет еще более усугубляться анизотропностью угольного массива и изменчивостью его свойств.

Анализ одновременного влияния резкой смены скорости проведения выработки и прочности угля на изменение напряженного состояния массива (в частности, перехода из ненарушенного в перемятый) показывает значительное повышение неравномерности деформаций. Так, при изменении скоростей от 0,3 до 3,24; от 0,4 до 3,24 и от 0,5 до 3,24 м/ч деформации увеличились соответственно в 27,36; 12,68 и 7,32 раза. Здесь имеют место не столько задержки деформаций, как это было в случае увеличения скорости проходки в условиях угля равной прочности, сколько интенсификация процесса разрушения угля в призабойной зоне. Это свидетельствует о том, что в призабойной зоне пласта протекают процессы, вызывающие опасный характер разрушения угля. Интенсивное разрушение угля в призабойной зоне, в свою очередь, приводит к усилению процессов десорбции метана и воздействию свободного газа на вновь образуемые поверхности.

Из приведенных данных следует, что при уменьшении прочности угля скорость проведения должна быть снижена заранее. При переходе к зонам прочного угля возможно постепенное увеличение скорости проведения.

Для выявления характера изменения напряжений в угольном пласте при проведении выработок с помощью проходческих комбайнов были проведены замеры напряжений впереди забоев с применением гидравлических датчиков.

Установлено, что при подвигании забоя выработки напряжения в массиве, как правило, постепенно уменьшаются. Начало изменения напряжений наблюдается на расстоянии 5 м от забоя выработки. Напряжения изменяются плавно, причем большая часть их снимается на расстоянии до 2 м от забоя.

Результаты инструментальных замеров напряжений приведены в табл. 6.

Из табл. 6 видно, что при проведении выработок комбайном со средней скоростью 0,66 м/ч средняя величина снятых напряже-

Таблица 6

Комбайн	Номер гидродатчика	Средняя скорость проведения, м/ч	Величина снижения давления в гидродатчике, МПа
Избирательного действия	1	0,28	2,55
	2	0,51	0,9
	3	0,59	0,4
	4	0,72	0,55
	5	0,82	0,7
	6	0,70	1,8
	7	0,78	0,3
	8	0,51	3,5
С планетарно-дисковым исполнительным органом	1	Среднее 0,66	13,4
	2	2,50	0,6
	3	5,50	0,4
		Среднее 2,40	0,5
		Среднее 3,46	0,5

ний в призабойной зоне составила 1,35 МПа. При повышении средней скорости проведения до 3,46 м/ч средняя величина снятых напряжений не превышает 0,05 МПа. Это свидетельствует о том, что при повышении скорости проведения выработки в непосредственной близости от забоя сохраняются высокие напряжения, т. е. при большой скорости проведения формирование зоны предельного состояния задерживается.

При замерах напряжений установлены некоторые особенности формирования напряжений, имеющие прямое отношение к скорости проведения выработок. Было замечено, что во время остановок забоя процесс перераспределения напряжений продолжается, но уже с другой скоростью. При непродолжительных остановках это явление практически незаметно, а при остановке продолжительностью около 10 ч наблюдается изменение величины давления в гидродатчиках на 0,2 МПа. При этом наблюдается определенная закономерность в перераспределении напряжений — на датчике, расположенном в 3 м от забоя, давление возрастает на 0,2 МПа, на датчике, расположенном на расстоянии 8 м от забоя, давление снижается на 0,18 МПа.

Таким образом, с учетом установленного влияния рабочей скорости проходки на основные процессы, протекающие в призабойной части пласта, доказано, что повышение средней скорости подвигания забоев без возрастания опасности возникновения выбросов возможно только путем снижения рабочих скоростей проведения и увеличения продолжительности работ, связанных с непосредственным подвиганием забоя. Этим условиям наиболее соответствует механизированная (комбайновая) ашемка угля с ограниченной рабочей скоростью.

Как уже отмечалось, скорость изменения напряженного состояния пласта впереди забоя, от которой зависит выбросоопасность пласта, может меняться при изменении режима работы комбайна, например при изменении скорости проведения или прочностных свойств угля. В этих условиях желательно автоматическое регулирование режима работы исполнительного органа комбайна.

Исследования, проведенные для выявления различий в величине деформаций на слабых и прочных углях, показали, что при одинаковых параметрах нагружения необратимые деформации слабого угля гораздо больше, чем угля прочного. Однако при проведении выработок по слабым углям отношение приращения деформаций на каком-либо интервале к приращению деформаций на том же интервале, но при другой скорости проведения, будет тем же, что и для крепких углей. Это позволяет считать, что проведение выработок по углю с неизменяющейся прочностью не вызывает различий в коэффициенте неравномерности деформации  $k_d$ . При проведении выработок по участку пласта, сложенного углем неравномерной прочности, наблюдается иная картина распределения напряжений.

Если прочный уголь, по которому проводилась выработка, сменяется перематым (такие условия свидетельствуют о повы-

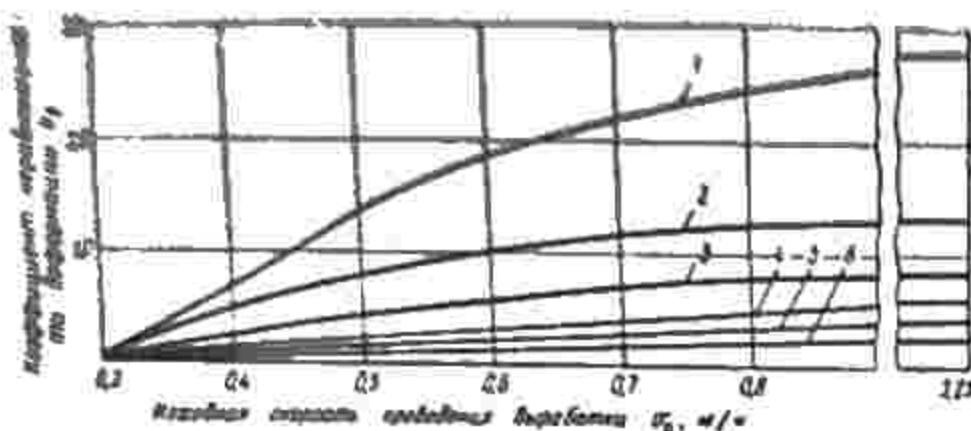


Рис. 7. Значения коэффициента  $k$ , при изменении скорости проведения выработки в случае перехода с прочного на перемытый уголь:  
 1 — 0,3 м/ч 2 — 0,4 м/ч 3 — 0,3 м/ч 4 — 0,7 м/ч 5 — 1,0 м/ч 6 — 2,24 м/ч

шении вероятности возникновения выброса), то даже при равномерной скорости проведения коэффициент  $k$  возрастает. При снижении же в этой переходной зоне скорости проведения неравномерность деформации возрастает в еще большей степени. Эти положения отчетливо видны на рис. 7, построенного для условий, при которых расстояние от забоя составляет 5—6 м. Из графика видно, что при переходе от скорости 0,4 м/ч на 0,3 м/ч  $k = 9,2$ , а при переходе к скорости 1 м/ч  $k = 1,5$ .

Результаты исследований показывают, что в случае постоянной прочности угля при изменении скорости проведения, например, с 1 до 0,4 м/ч коэффициент  $k$  составляет около 2,85. При уменьшении прочности угля величина коэффициента  $k$  возрастает до 11,4, т. е. в 4 раза.

Сказанное приводит к выводу, что при уменьшении прочности угля снижение коэффициента  $k$  могло бы быть достигнуто повышением скорости проведения. Однако при этом повышается градиент газового давления. Учитывая совместное влияние газового фактора и изменения напряжений, следствием которых являются деформации массива, наиболее правильным при уменьшении прочности угля было бы сохранение прежней скорости проведения.

Следует особо подчеркнуть, что изменение коэффициента  $k$  рассматривалось выше при скачкообразном изменении скоростей (например, от 1 до 0,4 м/ч). В то же время процесс перехода от одной скорости к другой может осуществляться плавно. Здесь встает вопрос о необходимости такой регуляции режима работы исполнительного органа проходческого комбайна, которая бы находилась в соответствии со свойствами угольного массива. Это может быть обеспечено автоматическим регулированием режима работы комбайна.

Необходимо также иметь в виду, что рассмотренный переходный процесс и все особенности, связанные с ним, относятся к редко встречающемуся на практике случаю — резко изменяющейся проч-

ности угля и изменением структуры массива вплоть до его распада. Наиболее частой причиной в массиве от угля одной прочности в другой происходит постепенно.

Для своевременного обнаружения выбросоопасного состояния пласта необходим не периодический, а непрерывный контроль за изменением признаков выбросоопасности забоя. При этом вешении на выбросоопасных пластах проходческих комбайнов ставится также задача стабилизации процессов деформаций призабойной части угольного пласта автоматическим управлением скоростью подачи проходческого комбайна.

Разработанные методы и средства прогноза применяются для общей предварительной оценки горно-геологической обстановки и основных факторов, влияющих на выбросоопасность пластов, для определения потенциальной выбросоопасности и заблаговременного выбора наиболее эффективных способов борьбы с выбросами.

Для непрерывного контроля признаков выбросоопасности и оценки эффективности противовибросных мероприятий существующие методы и средства прогноза непригодны. Непрерывный контроль может быть осуществлен по признакам выбросоопасности, которые могут быть установлены с помощью специальной аппаратуры в условиях механизированного проведения выработок. В этом случае могут быть использованы лишь признаки, основанные на свойствах угольного массива.

Требование равномерного изменения напряженного состояния для выбросоопасных пластов означает:

для участков с изменяющимися свойствами — снижение скорости проведения выработки в случае приближения к зонам с малой устойчивостью угольного массива по отношению к разрушающим нагрузкам. При этом скорость подвигания забоя должна изменяться в результате применения автоматического регулирования режимов работы комбайна;

для участков пластов с неизменными свойствами — равномерное подвигание забоя с определенной скоростью; во всех случаях после остановки забоя — плавное достижение рабочей скорости.

Режим работы комбайна определяется изменением нагрузки на рабочий орган, которая, в свою очередь, зависит от условий зарубки (т. е. крепости угля, наличия породных прослоек, затупления зубков). Чтобы поддерживать нагрузку в определенных пределах, необходимо изменять скорость подачи, скорость резания или одновременно оба эти параметра. У существующих проходческих комбайнов требуемый результат может быть достигнут автоматическим регулированием скорости подачи. В дальнейшем при конструировании специальных проходческих комбайнов потребуются автоматическое регулирование совместно скорости подачи

и резания по принципу  $\frac{v_r}{v_p} = \text{const}$ .

Принцип автоматического регулирования может быть определен следующим образом.



При нормальной работе комбайна, когда крепость угля остается постоянной, электродвигатель рабочего органа потребляет ток  $I_{pн}$ . Однако при увеличении крепости угля ток возрастает до  $I_{p1}$ , а с уменьшением крепости угля ток уменьшается до  $I_{p2}$ , т. е.  $I_{p2} < I_{pн} < I_{p1}$ . Регулятор будет реагировать на разность этих токов, т. е. если величина  $I_{pн} - I_p$  положительная, то скорость подачи уменьшается, если же  $I_{pн} - I_p$  — величина отрицательная, то скорость подачи увеличивается.

Рассмотренное положение основано на обратной взаимозависимости прочности (крепости) угля и скорости подвигания комбайнового забоя (с повышением крепости угольного массива скорость проведения должна уменьшаться и наоборот). Условно назовем подобную зависимость обратным принципом автоматического регулирования.

С другой стороны, известно, что пласты или участки пластов, сложенные прочным устойчивым углем, менее склонны к внезапным выбросам угля и газа, чем пласты с перемятым нарушенным углем. В общем случае принято считать, что опасность выбросов увеличивается с повышением прочности угольного массива. Следовательно, с позиций уменьшения опасности выбросов автоматическое регулирование должно обеспечивать такой режим работы комбайна, при котором на участках пластов с прочным углем скорость проведения выработки возрастает по сравнению со скоростью подвигания забоя по перемятому углю. Подобный принцип автоматического регулирования может быть назван прямым.

Автоматическое регулирование скорости подачи может быть осуществлено на основе оценки сопротивляемости угля резанию  $A$  (кг/см). Этот критерий совокупно отражает влияние механического состояния угля, состояние массива под действием горного давления и фильтрации газа, а также изменение состояния массива при ведении горных работ.

По данным А. И. Берона [9], сопротивляемость угля разрушению в участках выработок в зависимости от горнотехнических условий вычисляется в среднем от  $A = 282 \pm 298$  кг/см до  $A = 35 \pm 38$  кг/см.

В табл. 2 приведены подготовительных выработок, проводимых по пластам, склонным к внезапным выбросам, величина сопротивляемости угля резанию свидетельствует о степени опасности призабойной зоны угольного массива. В качестве порогового значения сопротивляемости угля резанию в опасных зонах пластов может быть принято  $A = 150$  кг/см.

Выбор из предельных значений  $A$  и рабочей скорости подвигания забоя  $v_p$  режим автоматического регулирования должен обеспечивать максимальное переключение скорости подачи комбайна во ступени  $v_p = 1,5, 3, 4,5, 6, 9$  м/ч при соответствующем изменении сопротивляемости угля резанию по интервалам:  $A = 0-50; 50-100; 100-150; 150-200; 200-250$  кг/см.

Из целей снижения сопротивления угольного массива резанию, как правило, предела у комбайнов может предусматри-

ваться сигнализация, после срабатывания которой необходимо отключить машину или перейти на дистанционное управление для безопасного пересечения выбросоопасной зоны.

В Гипроугледормаше канд. техн. наук Е. Н. Шульгиним разработана методика вероятностной оценки контролируемого параметра признака выбросоопасности, основанная на использовании статистических законов распределений анализируемых контролируемых параметров.

Для экспериментальной проверки метода непрерывного контроля признаков выбросоопасности была разработана и испытана в шахтных условиях аппаратура контроля, состоящая из измерительной, логической и функциональной частей.

### 3.3. Способы предупреждения внезапных выбросов угля и газа, применимые при комбайновом способе проведения выработок

При комбайновом способе проведения выработки применимы все известные методы предупреждения выбросов, которые должны отвечать двум основным требованиям.

1. Остановки забоя выработки для приведения пласта в безопасное состояние должны быть как можно реже, поскольку от этого зависит равномерность изменения напряженного состояния массива.

2. Разгружающее действие способов предупреждения выбросов в призабойной зоне пласта должно быть интенсивным и проявляться в возможно более короткий промежуток времени.

Локальные способы борьбы с выбросами, применяемые непосредственно в забое выработки, основаны на изменении напряженно-деформированного состояния угля и давления газа в призабойной зоне пласта, и лишь способ увлажнения предусматривает повышение пластичности угля и закупорку заключенного в нем газа.

Воздействие на угольный массив для уменьшения его выбросоопасности осуществляется в большинстве случаев при помощи воды, подаваемой в него в различных режимах (увлажнение угольного массива, гидроотжим угля, гидровывание опережающих полостей и щелей). Часть способов борьбы с выбросами (торпедирование пласта, камуфлетно-сотрясательное взрывание) основана на использовании эффекта глубинного взрывания зарядов взрывчатых веществ. Еще одна группа способов (бурение опережающих скважин различного диаметра, опережающих щелей) основана на разгружающем действии полостей без какого-либо дополнительного повышения эффективности их действия.

При выборе и применении локальных способов борьбы с внезапными выбросами угля и газа необходимо учитывать технологию ведения горных работ. В некоторых случаях приходится обеспечивать эффективное сочетание способов борьбы с выбросами как с технологическими процессами в забое, так и со способами пыле- и газоподавления. Так, например, на некоторых выбросоопасных

пластах Карагандинского бассейна и в Кузбассе (шахты «Чертинская», им. Димитрова) при проведении выработок проходческими комбайнами с гидроотжимом для пылеподавления применяется пена, а для снижения газовыделения в выработку — ограждающая дегазация длинными скважинами. В подобных условиях значительную трудность представляет выбор оптимальных параметров сочетания способов, обеспечивающих безопасность работ.

Эффективность способов борьбы с выбросами определяется не только конечным результатом их воздействия на выбросоопасный пласт, но и надежностью их параметров применительно к свойствам конкретного участка пласта.

Надежность параметров способов предупреждения внезапных выбросов может быть охарактеризована: скоростью разгружающего (дренирующего) действия способа; величиной (степенью) конечного разгружающего (дренирующего) воздействия на пласт; регулируемостью параметров способа; воспроизводимостью (повторимостью) способа.

Оптимальные параметры способов обеспечивают снижение напряжений и давления газа до безопасной величины (опережающие скважины, полости, шельк, гидроотжим) или повышение пластических свойств угля (увлажнение угля).

Анализ показывает, что среди факторов, способных оказывать влияние на скорость продвижения забоя по выбросоопасным пластам, можно выделить две группы: ограничивающие скорость продвижения и технологические, связанные с надежностью параметров способов, не только ограничивающие скорость проходки, но и существенным образом влияющие на уровень выбросоопасности.

При применении опережающих скважин в качестве способа борьбы с выбросами скорость проходки выработки возрастает с увеличением скорости продвижения забоя и длины опережающих скважин. Достижение скорости проходки более 100 м/мес при принятой технологии и организации работ возможно при длине скважин более 20 м.

Одним из вариантов этого способа могут быть ограждающие дегазационные скважины, пробуриваемые в бортах выработки параллельно ее проходке. Такие скважины бурят, например, при проведении выработок по выбросоопасному пласту 4 на шахте «Чертинская».

Пласт 4 имеет мощность 1,54—1,86 м, угол падения 9°. При проходке путевого бремсберга комбайном ПК-7 вблизи тектонического нарушения здесь произошел внезапный выброс, при котором выделилось 800 м<sup>3</sup> газа и было выброшено 10 т угля. В забой подавалось 340 м<sup>3</sup>/мин воздуха, управление вентиляторами осуществлялось автоматизированной системой проветривания «Ветер».

Путевой и параллельный ему конвейерный бремсберг проходили в три смены бригадой проходчиков в составе 8 чел. в смену двумя забоями. Для защиты каждой из выработок бурили ограждающие дегазационные скважины диаметром 75 мм на длину 55—100 м. Перед выбросом в путевом уклоне были пробурены 7 скважин, одна из которых опережала забой на 5 м.

В течение смены комбайном было пройдено 0,5 м. При обработке верхней части забоя произошел выброс мелкого угля с выделением газа. С забойных механизмов автоматически было снято напряжение, а рабочие вышли на свежую струю воздуха. Усиленное выделение метана продолжалось 30—40 мин.

В случае применения гидроотжима призабойной зоны массива могут быть достигнуты скорости проведения выработки свыше 200 м/мес. Глубина влияния гидроотжима на пласт находится в пределах 4—8 м.

При гидровывыве опережающих полостей в соответствующих горно-геологических условиях скорости проведения выработок комбайном могут достигать 150—250 м/мес. Длина опережающих полостей ограничивается технологией вымыва (ручной или механо-гидровывыв) и равна 9—17 м.

Скорость проведения выработки при применении увлажнения в качестве способа борьбы с внезапными выбросами угля и газа существенно зависит от приемистости воды угольным массивом. При приемистости 0,5 м<sup>3</sup>/ч (наиболее опасные участки) скорость проведения может находиться в пределах 140—180 м/мес.

*Механогидровывыв опережающих полостей в комбайновых забоях.* Из опыта применения способов борьбы с выбросами известно, что на наиболее опасных участках пластов напряжения в угольном массиве впереди забоев выработок настолько велики, что пересечение этих зон передовыми скважинами невозможно. Это обстоятельство послужило причиной разработки такого способа предупреждения внезапных выбросов угля и газа, как гидровывыв опережающих полостей. Образование полостей при этом методе достигается как за счет энергии высоконапорных струй воды, создающих начальный импульс при отбойке угля, так и за счет энергии газового потока.

Гидровывыв опережающих полостей при комбайновом способе проведения выработок широко распространен на выбросоопасных пластах Воркутского месторождения. На шахтах Кузбасса этот метод применяется выборочно, в наиболее нарушенных зонах. Дальнейшей модификацией этого эффективного и технологичного метода явился способ образования опережающих полостей с использованием турбокоронок — механогидровывыв полостей.

Конструктивная схема механогидравлического способа создания полостей принципиально аналогична конструктивной схеме бурения скважин станками с промывкой водой. В то же время основное требование к этому способу — формирование полостей вращающимися соплами высоконапорных струй воды — влечет за собой частичную модернизацию буровых станков, достаточно сложную в конструктивном отношении. Эта сложность вызвана тем, что в гидравлической системе станка, рассчитанной на низкое давление воды, приходится создавать давление около 10—15 МПа.

Промышленные испытания механогидровывыва полостей были проведены на пласте II Западном нарушенной складки гор. ±0 м шахты им. Димитрова производственного объединения Южкузбассуголь.

Участок пласта расположен висячем боку крупного тектонического разлома А — А, представленного зоной нарушенных пород. Строение пласта сложное. Пласт состоит из четырех угольных пачек, перемежающихся породными прослойками. Угол падения изменяется от 50 до 60°. При проведении на этом горизонте комбайном основного штрека было зарегистрировано два внезапных выброса угля и газа.

Первый внезапный выброс угля и газа произошел в момент отбойки угля комбайном ПК-9р, когда внезапно усилилось давление на крепь, что сопровождалось сильными ударами. Было выброшено 80 т угля и выделено 1500 м<sup>3</sup> газа. Последующее проведение основного штрека осуществлялось с бурением скважин и возведением опережающей крепи в виде металлических анкеров, устанавливаемых в шпур.

Второй внезапный выброс в этом же забое произошел также во время выемки угля комбайном. На момент выброса остаточная длина скважин составляла 10 м. Было выброшено 360 т угля, одновременно выделено 2000 м<sup>3</sup> газа. В подобных сложных горно-технологических условиях для безопасного комбайнового проведения выработки был применен механогидровывыва опережающих полостей. Для этого в шпинделе станка БГА-2 было расточено сквозное отверстие диаметром 50 мм для пропуска буровых штанг. Буровой замок дополнен специальным патроном, обеспечивающим захват буровой колонны. Изготовлены полые буровые штанги со специальными nipple-соединениями, выдерживающими давление воды до 20 МПа. Применены также буровые коронки с соплами и вертлюг. Для сохранения направления опережающих полостей и исключения свободного колебания буровой колонны в полости буровая коронка (забурник) была выполнена из витой стали длиной 200 см, диаметром 45 мм. Забурник переходил в расширитель на диаметр скважины 150 мм. На корпусе расширителя поставлены два изсадка в виде соел с диаметром выходного цилиндрического патрубка 2 мм для формирования тонких высоконапорных струй. Сопла поставлены под углом 45° к оси коронки и расположены таким образом, чтобы при разрушении стенок скважины тонкими струями рабочие отрезки струй находились в непосредственной близости от зоны работы зубков расширителя.

На первой стадии работ было образовано две серии полостей (по три полости в каждой серии) с начальным диаметром полости 150 мм и конечным эффективным диаметром 200—350 мм. Область эффективного влияния опережающей полости определялась путем замеров начального газовыделения и выхода штыба по длине контрольных шпуров.

Первая серия состояла из трех опережающих полостей длиной 15, 25 и 30 м. Интенсивное газопроявление при гидровывывании полостей отмечалось на глубине 10—14 м и периодически повторялось до окончания их бурения. Вначале газовыделение в призабойной зоне составило 2—2,5 м<sup>3</sup>/мин, в период образования по-

лостей оно возрастало до 4—5 м<sup>3</sup>/мин, а в момент бурных газопроявлений и заштыбовки полостей достигало 5,5—6 м<sup>3</sup>/мин.

Скорость подачи бурового инструмента в процессе вымыва регулировалась и не превышала 30 см/мин, в момент газодинамических проявлений снижалась до 5—10 см/мин, а в ряде случаев работа станка прекращалась.

Последующее проведение штрека комбайном по участку пласта, где были образованы полости, протекало без динамических проявлений в массиве. В дальнейшем же продвижение забоя (на остаточной длине полостей) тормозилось сильным газовыделением — 7—8 м<sup>3</sup>/мин, а в угольном массиве в окрестности выработки происходили сильные толчки, отмечалось отскакивание кусочков угля с поверхности забоя.

Вторая серия состояла из пяти опережающих полостей длиной 12, 12, 13, 15 и 15 м. Первые три полости пробурены под углом 4—6° со стороны висячего бока пласта в перемятой угольной пачке мощностью 0,8 м. При бурении этих полостей с глубины 7—8 м отмечалось сильное газовыделение, повышенный выход штыба, что способствовало периодическому заштыбовыванию полостей с последующим выбросом воды, угля и газа. Газовыделение в призабойную зону выработки в процессе механогидровывыва достигало 6 м<sup>3</sup>/мин.

При бурении четвертой и пятой полостей газовыделение происходило более спокойно и не превышало 3 м<sup>3</sup>/мин. По обработанной зоне пласта штрек был пройден без осложнений.

В третьей серии было пробурено шесть опережающих полостей длиной 6, 9, 15, 16, 19 и 20 м. При бурении этих полостей повышение газовыделения до 5 м<sup>3</sup>/мин происходило с глубины 5—6 м и периодически повторялось до окончания бурения. В массиве прослушивались трески и удары.

В процессе механогидровывыва опережающих полостей шестой серии были произведены замеры измерений напряженного состояния пласта, связанных с созданием полостей. Гидродатчик напряжений был установлен на глубине 7 м впереди забоя основного штрека. Было выяснено, что образование в перемятой пачке пласта первых двух полостей оказывает значительное разгружающее воздействие на угольный массив, приводя к закономерному спаду давления в гидродатчике.

Для непрерывной регистрации газовыделения, вызванного бурением полостей, использовалась аппаратура газовой защиты (АГЗ) с дистанционным контролем по датчикам, установленным в проводимой выработке. Особенностью газовыделения, вызванного образованием опережающих полостей, является закономерное смещение во времени максимального прироста газовыделения от первой полости к последующей — при гидровывыве первой полости максимальный всплеск газовыделения наступает позднее, чем при создании последующих полостей.

При продвижении комбайнового забоя выработки по обработанной опережающими полостями зоне газовыделение возрастает по

мере удаления от начала заходки. Одновременно повышается активность динамических проявлений.

Оборудование, применяемое для механогидровыва опережающих полостей в комбайновых подготовительных забоях, позволяет производить дистанционную обработку выбросоопасного пласта на наиболее опасных его участках с достижением высокого уровня надежности и технико-экономических показателей проходки.

В процессе гидроотжима призабойной зоны пласта для предупреждения внезапных выбросов угля и газа при проведении подготовительных выработок происходит интенсивное разрушение части угольного массива, что приводит к перераспределению его напряженного состояния и усиленному газовыделению в выработку.

Для качественного проведения гидроотжима первостепенное значение имеет правильный выбор длины шпура и глубины его герметизации. Выбор этих параметров в каждом конкретном случае производится с учетом многих природных и технических факторов. К природным относятся мощность и угол падения пласта, структура и текстура угля, пористость, трещиноватость и др. К техническим факторам можно отнести в первую очередь производительность насосной установки, давление воды, которое она может развить, тип применяемого герметизатора, способ отбойки угля и скорость подвигания забоя.

Расчетные данные показывают, что с увеличением мощности пласта протяженность области его предельно напряженного состояния увеличивается. В частности, глубина герметизации шпура, зависящая от размеров области предельно напряженного состояния пласта, возрастает с 2,5 м при мощности пласта 1,5 м до 4 м при мощности пласта 4 м.

Обязательным условием эффективного нагнетания воды в пласт для достижения гидроотжима является герметизация скважин (шпуров) на глубину, которая должна превышать область предельно напряженного состояния угольного массива.

Оценка степени влияния гидравлического отжима угля в призабойной зоне пласта на его выбросоопасность может быть произведена по изменению давления газа.

Для замеров давления газа в пласте 4 на шахте «Чертинская» производственного объединения Ленинуголь при комбайновом способе проведения применялся механический герметизатор ГТ-45. Методика замеров давления газа в пласте состояла в следующем.

Вначале намечалось место заложения шпура для замера давления газа с учетом того, что он впоследствии будет использоваться для производства гидроотжима. После окончания бурения шпура в него сразу же вводился и расpirался герметизатор, на который навинчивался манометр. Время бурения, герметизации контрольных шпуров и замера давления газа при остановках комбайна не превышало 3 ч.

Замер давления газа после производства гидроотжима выполнялся как в шпурах, через которые нагнеталась вода, так и во

вновь пробуренных шпурах, расположенных между нагнетательным шпуром и бортом выработки. Шпуры для замера давления газа после гидроотжима бурились в наименее отжатой и разрушенной части забоя. Для возможного сравнения давления газа до гидроотжима и после него, а следовательно, и степени влияния гидроотжима на давление газа в пласте, время замера давления газа принималось примерно одинаковым.

Из табл. 7 видно, что увеличение давления газа в призабойной зоне пласта до гидроотжима практически прямо пропорционально расстоянию от кромки забоя в глубь массива. Если на глубине 1,5 м давление газа равно 0,3 МПа, то на глубине 3 м величина давления превышает 1,5 МПа.

Таблица 7

Номер шпура	Глубина шпура, м	Глубина герметизации, м	Давление газа, МПа	Номер шпура	Глубина шпура, м	Глубина герметизации, м	Давление газа, МПа
1	3,5	1,5	0,86	5	3,5	2,6	1,00
2	3,0	1,5	0,43	6	1,6	1,5	0,35
3	3,5	1,5	0,92	7	3,5	3,0	1,20
4	3,5	1,6	0,49	8	3,5	3,0	1,55

После герметизации и установки манометра скорость нарастания давления газа в шпурах после гидроотжима несколько выше, чем до производства гидроотжима, однако предельные значения давления газа почти в 2 раза меньше, чем до гидроотжима. Возрастая до 0,6 МПа, давление газа затем постепенно снижается и через 40—60 мин становится в 3—4 раза меньше первоначального. При этом прослеживается и его кратковременное возрастание, что указывает на дальнейшее протекание деформаций, связанных с нагнетанием воды, которые не заканчиваются в процессе гидроотжима, а продолжают некоторое время после остановки насоса. В одних случаях продолжительность повышения давления газа составляет 10—20 мин, в других — более 60 мин.

Продолжительность времени от окончания гидроотжима до начала выемки угля комбайном зависит от качества проведения гидроотжима и должна быть не менее 30—40 мин. Чем эффективнее проведен гидроотжим, тем меньшее время требуется на дренирование пласта и разгрузку его призабойной зоны после гидроотжима.

Установлено также, что содержание метана в выработке при гидроотжиме увеличивается в 5—8 раз по сравнению с уровнем, имеющим место до начала этого процесса. Это позволяет проводить выработку с помощью комбайнов по обработанному участку пласта в более благоприятной газовой обстановке.

Локальное увлажнение для снижения газовой выбросоопасности при высоких скоростях подвигания забоев. В последние годы все большее внимание уделяется способам борьбы с газом и внезапными выбросами угля и газа, основанным на гидравлическом воздействии на угольный пласт. При этом по характеру взаимодей-

ства системы «угольный массив — вода» способы применения воды могут быть разделены на две группы, основанные на различных принципах. Способы *первой группы* основаны на практически установленном факторе отсутствия выбросов на участках пластов с повышенной влажностью и имеют целью по возможности более равномерно пропитать угольный массив водой для изменения механических и фильтрационных свойств угля. Способы *второй группы* основаны на механическом воздействии воды, подаваемой под напором в угольный массив для перераспределения горного давления и снятия в призабойной части пласта высоких напряжений.

Нагнетание воды в угольные пласты может производиться в различных режимах: в режиме нагнетания при высоком давлении — в этом случае вода изменяет макроструктуру угля; при низком давлении воды, когда происходит достаточно равномерное увлажнение угля без заметного изменения структуры.

Последовательность операций, составляющих процесс увлажнения: бурение скважины; герметизация скважины; нагнетание воды в пласт; пропитка угля водой (самодвижение жидкости).

В результате увлажнения изменяются свойства угольного массива: физико-механические свойства угля, напряженное состояние пласта, газоносность и давление газа.

Изменение свойств газовыбросоопасного угольного пласта и факторов, определяющих степень этих изменений, достаточно подробно освещено специальными исследованиями. Эффективность предварительного нагнетания воды в пласт, вызывающего изменение основных факторов, определяющих газавыбросоопасность массива, доказана обширной практикой. Характеристика этих факторов и степень их изменения приведены в табл. 8.

*Влажность угля*, являющаяся первопричиной изменения всех свойств и факторов, в значительной степени зависит от параметров увлажнения, в частности от давления нагнетания, скорости нагнетания и продолжительности увлажнения.

Накопленные данные позволяют считать наиболее качественным медленное нагнетание воды в течение длительного периода времени, что исключит возможность гидравлического разрыва пласта и будет способствовать равномерной пропитке угля.

Нагнетание воды в пласт даже при длительном нагнетании само по себе не позволяет обеспечить достижения требуемого уровня влажности угольного пласта, поскольку перемещение воды происходит в результате фильтрации по сравнительно крупным трещинам и порам. Проникновение жидкости в мелкие поры возможно за счет сил самодвижения воды в угольном массиве.

Для равномерного распределения воды в массиве за счет сил самодвижения время выдержки пласта до его равномерного увлажнения перед началом проведения горных выработок определяется по формуле

$$l = \frac{u^2}{4a_c}, \text{ сут.}$$

где  $\xi$  — коэффициент запаса;  $l$  — средняя ширина неувлажненной зоны угольного массива, м;  $a_c$  — коэффициент фильтрации воды за счет сил самодвижения. Для углей средней стадии метаморфизма  $a_c = 0,2$  м/сут.

Таблица 8

Показатели, обеспечивающие эффективность увлажнения	Характер изменения свойств угля в интервале процессов нагнетания воды — приподнятой выработки		
	в процессе нагнетания воды (работа насоса)	после окончания нагнетания (фильтрация + самодвижение воды)	при подвигании забоев выработок
Влажность угля	Повышается в ограниченном объеме угля	Повышается значительно	—
Газовыделение	Повышается незначительно	Снижается	Снижается
Давление газа	Повышается	Снижается до первоначального	—
Напряженное состояние пласта	То же	То же	—
Механические свойства угля:			
предел прочности угля на сжатие	Не изменяется	Уменьшается	—
коэффициент сцепления	То же	То же	—
угол внутреннего трения	»	»	—
модуль упругости	»	»	—
остаточные деформации	»	Не изменяется	Возрастают
показатель пластичности	»	То же	То же

Время выдержки пласта за счет сил самодвижения воды для различной ширины неувлажненной зоны, вычисленное по данной формуле, приведено на рис. 8.

Для достижения равномерной пропитки угля время выдержки пласта перед началом подвигания забоев должно быть не менее 2,5—3,7 мес. Увеличение продолжительности выдержки пласта способствует равномерному самоувлажнению угля с глубоким проникновением воды в микропоры угольного вещества. Имеющиеся данные показывают, что для достижения высокого уровня влажности угля, обес-

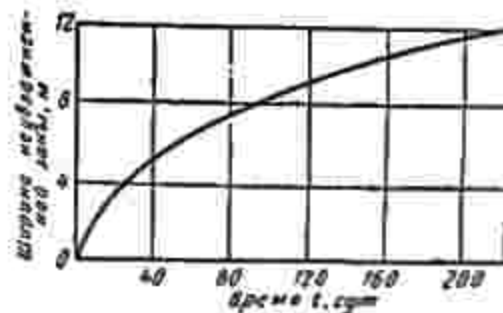


Рис. 8. Зависимость времени выдержки пласта до его равномерного увлажнения при самодвижении воды от ширины неувлажненной зоны (по данным О. И. Чернова)

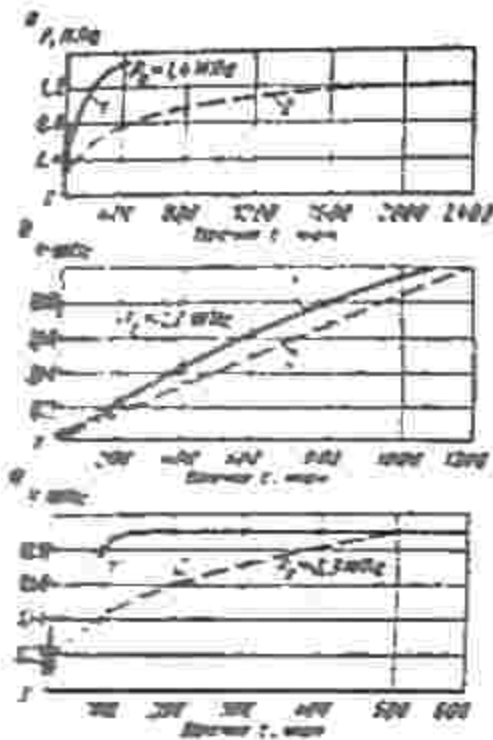


Рис. 9. Изменение давления газа во времени до и после нагнетания воды в пласт (1) и после 2.

1 — пласт «Кокшаровский», 2 — пласт «Кокшаровский», 3 — пласт «Кокшаровский».

печивающего требуемые изменения свойств массива, необходимо длительное время. Газовыделение при увлажнении зависит от режима нагнетания воды и может увеличиваться и снижаться. Характер газовыделения зависит от того, каким образом проникающая в пласт вода воздействует на угольный массив — изменяет макроструктуру угля или не нарушает заметным образом целостности пласта. При проведении экспериментов в шахтных условиях установлено, что по мере нагнетания воды в увлажненную скважину газовыделение из соседних контрольных скважин резко снижается или полностью прекращается. Время, за которое происходит спад газовыделения, связанный с увлажнением, может быть различным в зависимости от целого ряда факторов. К таким факторам относятся длина увлажненных скважин, глубина герметиза-

ции, время выстояния, давление газа и газонасыщенность пласта. Для длин скважин более 20 м период спада газовыделения длится несколько суток. Так, по данным работы [12] газовыделение прекратилось в течение 35 сут (при нагнетании воды 30 сут), в другой работе [13] период газовыделения длится 12 сут (при нагнетании воды 3 ч).

Известно, что в пластах, опасных по внезапным выбросам, давление газа достигает больших значений, причем на небольшом расстоянии от увлажнения угольного массива. Например, на пласте «Кокшаровский» месторождения давление газа на глубине 5 м достигало значений, близких к природным (1,6—1,8 МПа), за время 2,5—4 ч.

Исходя из предположки, что в процессе увлажнения пласта выделение газа из угля не происходит, а уменьшение газовыделения связано с уменьшением фильтрационных и диффузионных свойств угольного массива, следует полагать, что в процессе увлажнения массива не будет претерпевать изменений. Подтверждением этому в этом отношении являются работы проф. О. П. Чернышова, выполненные им в Кузбассе (рис. 9).

печивающего требуемые изменения свойств массива, необходимо длительное время.

Газовыделение при увлажнении зависит от режима нагнетания воды и может увеличиваться и снижаться. Характер газовыделения зависит от того, каким образом проникающая в пласт вода воздействует на угольный массив — изменяет макроструктуру угля или не нарушает заметным образом целостности пласта. При проведении экспериментов в шахтных условиях установлено, что по мере нагнетания воды в увлажненную скважину газовыделение из соседних контрольных скважин резко снижается или полностью прекращается. Время, за которое происходит спад газовыделения, связанный с увлажнением, может быть различным в зависимости от целого ряда факторов. К таким факторам относятся длина увлажненных скважин, глубина герметиза-

Из приведенных графиков видно, что давление газа после увлажнения угля возрастает значительно медленнее, чем до увлажнения его, но во всех случаях не превышает природного газового давления в пласте.

Обобщая данные по изучению степени и скорости изменения напряженно-деформированного состояния и газопереносных свойств угольного массива при взаимодействии его с водой, следует отметить длительность всех протекающих процессов в системе «уголь—газ—вода». Кроме того, при увлажнении угольного пласта свойства и факторы проявляют себя по-разному. Если одни из них (напряжения в пласте, давление газа) имеют колебания лишь в начальной стадии нагнетания воды, связанной с работой насоса, а в последующем остаются неизменными, то такие свойства и факторы, как влажность и газовыделение, изменяются в нужную сторону на втором этапе увлажнения, т. е. в основном при самодвижении жидкости. И, наконец, изменение прочностных показателей угля (прочность, пластичность, деформирование) проявляется только с началом движения забоев выработки. Неучет временного фактора приводит к снижению качества увлажнения и, как следствие, к возникновению газодинамических явлений. Так, крупный внезапный выброс 300 т угля и 1300 м<sup>3</sup> метана произошел 12 апреля 1973 г. на шахте «Ноградская».

Основной штрек проводили комбайном ПК-3м по пласту Горелому, имеющему мощность 9,5 м и угол падения 45—53°. При проведении выработки производилось увлажнение угля в массиве через длинные скважины, однако на расстоянии 7 м до забоя пласт не был увлажнен и штрек проводили без применения мер борьбы с внезапными выбросами угля и газа.

Перед выбросом была произведена выемка угля на 0,8 м и введен комплект металлической арочной крепи. Затем выработку прошли еще на 0,8 м и приступили к возведению крепи. Установили стойку в забое со стороны лежащего бока, рабочие услышали треск и сильные удары в массиве, после чего произошел выброс.

Выброшенный уголь находился в штреке на протяжении 15,5 м. При этом 10,5 м штрека было заполнено углем на всю площадь поперечного сечения выработки. Комбайн ПК-3м и вагонетка были полностью засыпаны углем. Крезь штрека на расстоянии 7 м от забоя была сломана. Штрек на протяжении 60 м от забоя покрыт тонкой угольной пылью. Газовыделение при внезапном выбросе продолжалось в течение почти 30 ч.

### 3.4. Конструктивные и технологические положения использования проходческих комбайнов на выбросоопасных пластах

Основные конструктивные требования, предъявляемые к проходческим комбайнам: непрерывность подачи и равномерность хода; наличие устройства для распора комбайна, предотвращающее его смещение при внезапном выбросе; наличие приспособления

для осуществления способов борьбы с внезапными выбросами угля и газа; возможность автоматического регулирования скорости подачи и резания в зависимости от крепости угля; наличие автоматической газовой защиты и быстродействующего опережающего отключения электрических цепей.

С позиций применимости на выбросоопасных пластах проходческие комбайны целесообразно делить по форме сечения проводимой выработки и по очередности, с которой исполнительный орган машины обрабатывает поверхность забоя. По последнему признаку можно выделить комбайны, исполнительный орган которых обрабатывает забой одновременно на полную площадь сечения проводимой выработки и исполнительный орган которых обрабатывает поверхность забоя по частям. Между этими двумя группами имеется существенное различие. При обработке забоя на полную площадь сечения вся машина либо ее подвижная часть непрерывно подается на забой. При обработке же забоя по частям сама машина стоит на месте, а ее исполнительный орган, занимающий небольшую часть сечения выработки, перемещается по поверхности забоя.

Проходческие комбайны, обрабатывающие забой на полное сечение, в силу своих конструктивных особенностей имеют ряд недостатков. Исполнительный орган и сама машина, занимающие все сечение выработки, преграждают доступ к забою, и возводить крепь можно только за машиной.

Выбросоопасные пласты отличаются сложностью строения, что вынуждает производить раздельную выемку отдельных пачек или прослойки. Для подобных условий наиболее приемлем комбайн с исполнительным органом, находящимся на стреле. Режущая головка исполнительного органа при помощи стрелы может перемещаться в плоскости забоя во всех направлениях. Такой исполнительный орган позволяет вести раздельную выемку в сложных геологических условиях с минимальным отставанием крепи от забоя. При достаточной мощности пласта и простой структуре угля могут быть применены комбайны, обрабатывающие забой на полную площадь сечения выработки для защиты от внезапных выбросов угля и газа служит щит или исполнительный орган, выполняющий функции защитного щита.

Комбайн с раздельной выемкой угля может иметь (применительно к способам предупреждения выбросов, основанным на бурении скважин) различные конструктивные схемы:

1. Комбайн с консольным буровым станком, от которого исполнительный орган и электродвигатель. Буровой станок крепят на стреле комбайна, стрела проходческого комбайна. Направление движения щита задается путем поворота рукоятки исполнительного органа комбайна.

2. Комбайн со сменным исполнительным органом (коронка заменяется буровым инструментом). В этом случае поворотная стрела комбайна имеет телескопическую подачу, а отбойная вращаю-

щаяся коронка должна заменяться буровым инструментом. С типом исполнительного органа связана и форма сечения проводимой выработки.

Из механики горных пород известно, что напряженное состояние массива вокруг проводимой выработки крайне неравномерно. Концентрация напряжений в определенных местах контура сечения выработки приводит к разрушению пород в этих местах, что сказывается на устойчивости обнажений. Основными напряжениями, под действием которых происходит разрушение пород, являются максимальные касательные напряжения, зависящие от разности главных напряжений.

В выработках с незакругленными углами наблюдается значительная концентрация напряжений. Установлено, что выбросы в подготовительных выработках, как правило, происходят из верхних или нижних углов забоя выработки, а в очистных забоях — из кутков, образованных исполнительными органами комбайнов, т. е. в зоне концентрации напряжений. Поэтому при проведении подготовительных выработок по выбросоопасным пластам необходимо придавать сечению выработки такую форму, которая позволяла бы избежать концентрации напряжений на контуре.

Известно, что наименьшим коэффициентом концентрации касательных напряжений и наименьшим радиусом влияния обладает круглая форма поперечного сечения. В этом случае главные касательные напряжения быстро уменьшаются за контуром выработки. Кроме того, распределение касательных напряжений вокруг выработок с круглой формой поперечного сечения намного равномернее, чем при других формах сечений. Поэтому круглая форма поперечного сечения является наиболее устойчивой.

Поверхность забоя должна быть плавной, нежелательны резкие переходы, где могут концентрироваться большие касательные напряжения. Исходя из этого, рабочий орган проходческого комбайна для пластов, склонных к внезапным выбросам угля и газа, желательно выполнить в виде полусферы, служащей предохранительным щитом.

В 1967 г. ВостНИИ были разработаны конструктивные схемы приспособлений для комбайнов избирательного действия, предназначенных для бурения серии опережающих скважин из забоя проводимой выработки. Было предложено производить замену отбойной коронки на буровой инструмент. Для этого на забурник комбайна навешивается патрон (буровой замок), через который буровая штанга воспринимает крутящий момент и усилие подачи от привода исполнительного органа. Дополнительно применяется быстроразъемная установка, необходимая для добуривания скважин.

Последовательность операций при бурении скважин комбайном в этом случае следующая. После установки стрелы комбайна в горизонтальное положение в патрон вставляется штанга с буровой коронкой и забурником. Подача штанги на забой производится за счет выдвижения гидроцилиндров рабочего органа. Поскольку ход гидроцилиндров равен 500 мм, а буровая штанга имеет длину

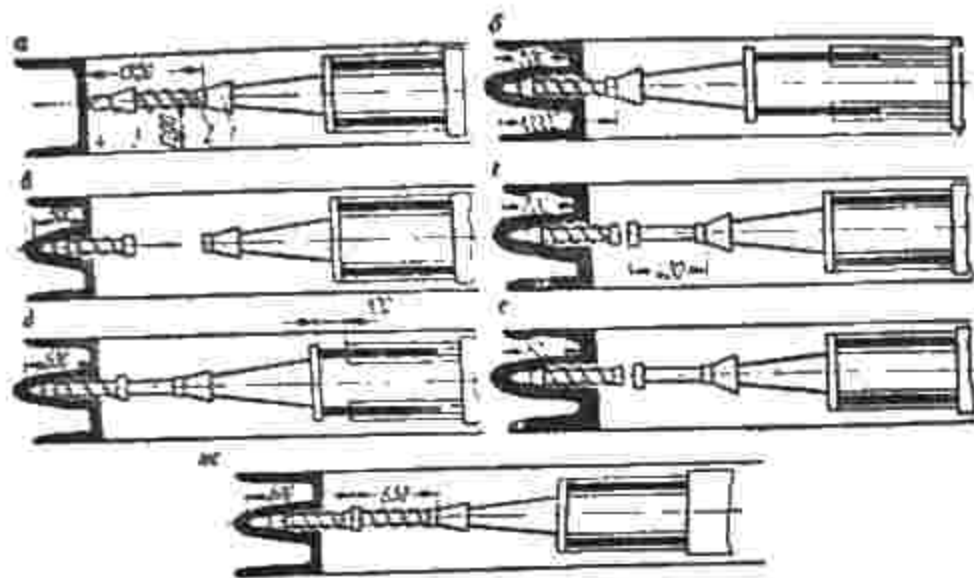


Рис. 10. Схема бурения超前钻孔 сменным буровым инструментом на базе комбайна 4ПУ:

а — исходное положение комбайна перед забуриванием, б — забуривание с применением гидродвигателя, в — выворот гидродвигателя, г — установка быстросъемной штанги, д — выворот гидродвигателя буровой штанги с помощью быстросъемной штанги, е — выворот гидродвигателя буровой штанги, ж — установка буровой штанги, 1 — отбойная коронка, 2 — патрон, 3 — штанга, 4 — забуривка

600 мм, то забуривание производится сменной буровой штангой длиной 430 мм. Затем сменная (быстросъемная) штанга убирается и устанавливается обычная штанга.

Схема бурения超前钻孔 сменным буровым инструментом на базе комбайна 4ПУ приведена на рис. 10.

Вместе с ИГД им. А. А. Скочинского и Гипроуглегормашем было разработано техническое задание на два типа комплексов оборудования для проведения подготовительных выработок по мощным выбросоопасным пластам: комплекс с проходческим комбайном избирательного типа и комплекс на базе проходческого комбайна роторного типа.

Создание безопасных условий при проведении выработок комбайнами избирательного действия на пластах, опасных по внезапным выбросам угля и газа, может быть обеспечено за счет применения бурового устройства, предназначенного для образования超前钻孔, и предохранительного щита.

Буровое устройство производительностью 15 м/ч позволяет достигать следующих технических параметров超前钻孔: длина скважины 12—15 м, диаметр скважины 250—300 мм, производительность 15 м/ч.

Податливый предохранительный щит длиной 2,6 м, предназначенный для защиты обслуживающего персонала при бурении скважины, имеет допустимое усилие на щит 0,02 МПа; высота (ширина) щита минимальная — 1,5 м, максимальная — 3,8 м.

Щит имеет отверстие, через которое бурят скважины, а также быстроразъемные соединения, позволяющие осуществлять его быстрое раздвижение по мощности пласта.

Технологическая схема проведения подготовительных выработок комплексом оборудования, включающим в себя проходческий комбайн, буровое устройство для бурения скважины и съемный предохранительный щит, состоит в следующем.

Перед началом проведения выработки устанавливается предохранительный щит на забой по всей мощности пласта или по его выбросоопасной пачке. Щит надежно закрепляется с последней крепежной рамой (кругом). После разметки места заложения и ориентации опережающих скважин производится их бурение через окна щита. Бурят скважины с верхних рядов дистанционно, с выносного пульта, совмещенного с пультом управления комбайном. После окончания бурения серия скважин щит с забоя снимают и приступают к проведению выработки комбайном.

Комплекс оборудования на базе проходческого комбайна с исполнительным органом планетарно-дискового типа, разработанный совместно с Гипроуглегормашем, имеет встроенный в комбайн автоматический регулятор подачи и предохранительный щит усиленной конструкции.

Автоматический регулятор обеспечивает автоматическое изменение скорости подачи комбайна в зависимости от усилия резания по ступеням: 1,5; 3,0; 4,5; 6,0; 9,0 м/ч при соответствующем изменении сопротивляемости угля разрушению при резании в интервалах 0—5, 50—100, 100—150, 150—200, 200—250 кгс/см, причем при уменьшении усилия резания скорость подачи снижается и наоборот.

При пуске комбайна регулятор обеспечивает увеличение скорости подачи по линейному закону от нуля до величины, определяемой сопротивляемостью угля разрушению.

Предохранительный щит, находящийся непосредственно за исполнительным органом комбайна, выдерживает нагрузку, создаваемую выбрасываемым углем, и не позволяет последнему распространяться по выработке. В то же время щит пропускает вышедший газ, не позволяя ему создавать избыточное давление в защитном пространстве при выбросе.

Основную нагрузку при выбросе принимает на себя исполнительный орган планетарно-дискового типа, способствующий забучиванию защитного пространства в процессе развития внезапного выброса и приводящий к его прекращению.

Проведение выработок комбайнами бурового типа, оборудованными автоматическими регуляторами режима и усиленным предохранительным щитом, производится без предварительной профилактической обработки пласта для предупреждения внезапных выбросов угля или газа.

Создание передовой цепи исполнительным органом комбайна. Проведение подготовительных выработок на выбросоопасных пластах связано с необходимостью применения специального дополни-



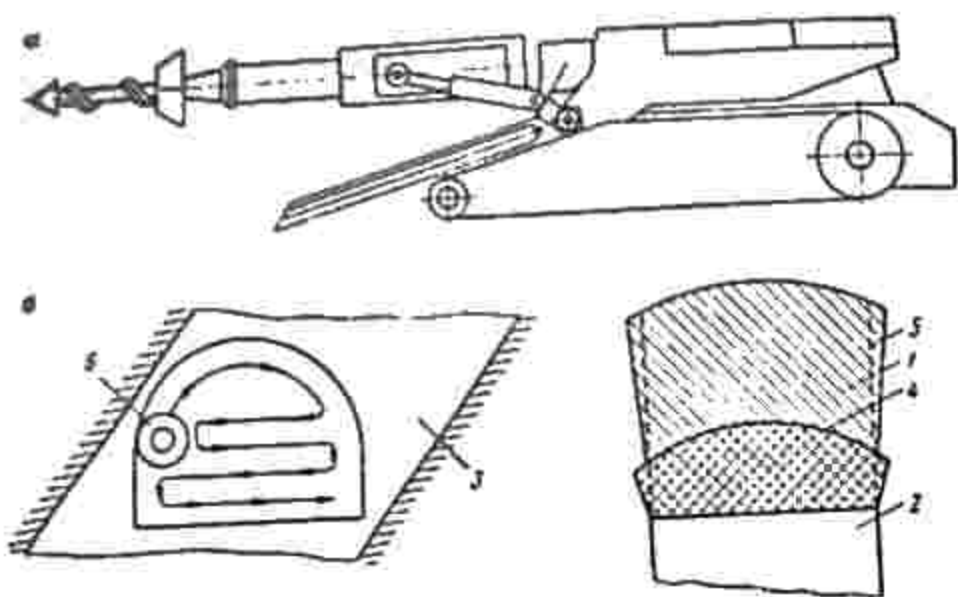


Рис. 11. Схема прорезки в комбайновом забое передовой щели:

а — монтажная схема; б — схема обработки забоя; 1 — разгрузочная щель; 2 — выработку; 3 — валец; 4 — выемочная полоса угля; 5 — контур выработки; 6 — опережающая скважина

тельного оборудования и остановками забоя для профилактической обработки опасных участков. Это оказывает отрицательное влияние на скорость проведения выработки при комбайновом способе проходки.

Идея создания разгружающих щелей опережения как одного из эффективных способов борьбы с выбросами известна давно и в определенной мере реализована применительно к очистным забоям на выбросо- и удароопасных пластах. Для капитальных горных выработок этот принцип был теоретически обоснован и конструктивно разработан ВостНИИ в 1959 г. Опережающая подрезка угольного пласта для забоев горизонтальных горных выработок ВостНИИ предложена в 1961 г.

Механизм предотвращения внезапных выбросов передовой щелью для пласта сложной структуры аналогичен первоочередной отработке защитного пласта, наиболее эффективной и широко применяемой на практике. При достаточной высоте щели перераспределение напряжений и спад давления газа распространяются на значительные расстояния за контур щели, в результате чего вокруг нее создается разгруженный и дегазированный участок массива.

Для непрерывного проведения выработок комбайном 4ПУ ВостНИИ разработана и испытана специальная буровая штанга, которую крепят на коронке комбайна вместо забурника.

В процессе выемки очередной заходки коронкой комбайна передовая штанга прорезает опережающую щель (рис. 11) высотой, равной диаметру штанги.

Комбайн, оборудованный передовой штангой, армированной победитовыми пластинками, забуривает эту штангу на полную длину с таким расчетом, чтобы коронка комбайна после телескопического выдвижения его рабочего органа могла обработать всю площадь забоя.

После подвигания заходки на глубину 0,5 м, т. е. на величину телескопического выдвижения коронки, последняя вытягивается и при работающем рабочем органе комбайна вновь подъезжает к забою, затем цикл повторяется.

Таким образом, впереди действующего забоя постоянно имеется многослойная щель с неснижаемым опережением 2—3 м, обеспечивающая эффективную разгрузку и дегазацию участка пласта.

По своим техническим показателям проходческий комбайн 4ПУ предназначен для механизации проведения по неопасным пластам угля горизонтальных выработок площадью поперечного сечения от 4 до 8,2 м<sup>2</sup>, высотой от 1,5 до 2,5 м, шириной по низу от 2,6 до 3,3 м. Область применения комбайна 4ПУ, оборудованного специальной штангой, зависит как от мощности пласта, так и от угла его падения (табл. 9).

Таблица 9

Вариант размещения щели	Площадь поперечного сечения выработки, м <sup>2</sup>	Размеры выработки, м		Длина щели, м	Число щелей	Угол падения пласта, градус	Мощность пласта, м
		высота	ширина				
I	4,0	1,5	2,6	2	2	0 45	1,7 3,0
II	6,0	2,3	3,0	2	3	0 45	3,0 5,0
III	8,2	2,85	3,3	2	5	0 45	4,2 6,2

Число опережающих щелей зависит от диаметра коронки отбойной штанги комбайна и высоты выработки.

При проведении выработки высотой 1,5 м и шириной 2,6 м (вариант I), чтобы совместить выемку угля и создание передовых щелей, при горизонтальном залегании пласта необходима его мощность не менее 1,7 м; при угле же падения 45°, чтобы обработать полностью забой коронкой со штангой, необходима мощность пласта более 3 м.

При варианте II проводят выработку площадью поперечного сечения 6 м<sup>2</sup>, высотой 2,3 м. В этом случае, чтобы обработать полностью забой коронкой комбайна со вставленной в нее специальной штангой, необходимо несколько щелей. Здесь мощность пласта, чтобы не резать породу, должна составлять 3 м при пологом залегании и 5 м и более при угле падения 45°. Схема проведения выработок комбайном 4ПУ с опережающими щелями для пластов пологих и разной мощности приведена на рис. 12.

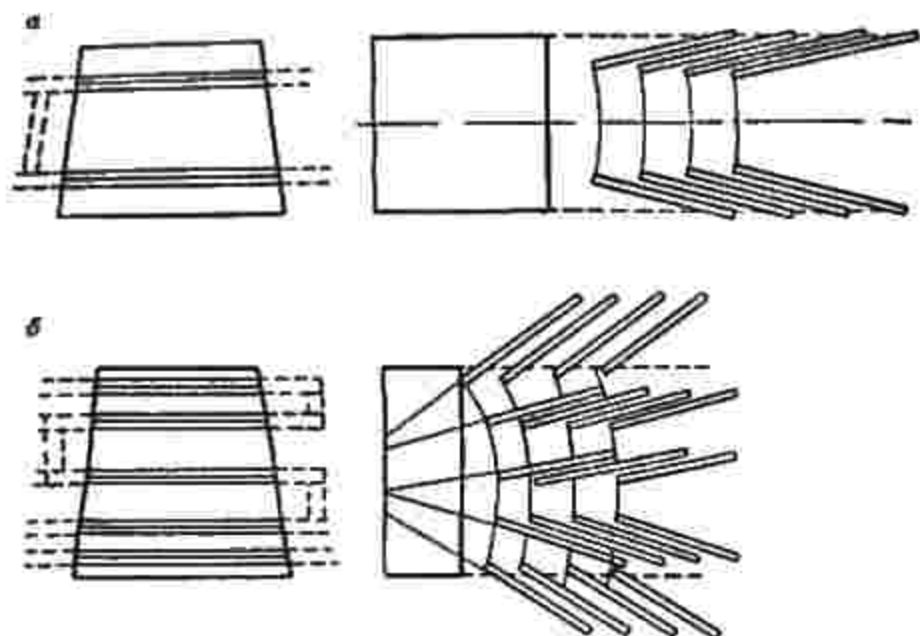


Рис. 12. Схема проведения выработок комбайном 4ПУ с опережающими шельми для пологих пластов при их мощности:  
а — до 3 м; б — свыше 3 м

При варианте III, предусматривающем проведение выработок площадью поперечного сечения 8,2 м<sup>2</sup>, необходима мощность пласта 4,2 м на пологом падении и 6,2 м при угле 0,782 рад и более.

В общем случае диапазон применения проходческих комбайнов с передовой штангой уменьшается с увеличением длины опережающей шели и угла падения пласта и уменьшением его мощности.

Для получения результатов, подтверждающих эффективность применения опережающей шели, были проведены лабораторные эксперименты.

Оценка возможности выбуривания передовой разгрузочной шели и степени ее влияния на угольный массив проводилась путем лабораторного моделирования при двухступенчатой форме шели (разной ее высоте за счет неодинакового диаметра скважины).

Первая ступень имитировала выемку угля резцовой коронкой проходческого комбайна, вторая ступень — выбуривание передовой разгрузочной шели.

В результате экспериментов было установлено, что изменение напряжений впереди образуемого забоя по мере выбуривания скважины и шели неодинаково. Наибольшие изменения напряжений происходят на кромке забоя, наименьшие — в глубине массива. Так, если на расстоянии 25 мм от кромки забоя напряжения снижаются на 50%, то на глубине 125 мм максимальное снижение составляет всего 3% от первоначальной величины. Такое несоответствие можно объяснить тем, что первая ступень имела диаметр шели в 2 раза больший, чем вторая ступень.

Наибольшее увеличение деформаций за период образования шели составило 0,5 мм при минимальном значении этой величины 0,28 мм. Максимальные деформации проявились не на кромке обнажения, а внутри массива, на сопряжении малого диаметра скважины с большим. Это, по-видимому, может быть объяснено снижением концентрации напряжений при ступенчатой форме забоя. Впереди забоя выбуриваемой шели наблюдались деформации, составляющие 0,35 мм.

Однако абсолютные величины деформаций еще не объясняют картину перераспределения напряжений внутри массива, так как здесь не учитывается фактор времени. Поэтому целесообразно ввести среднюю скорость изменения деформаций (рис 13). Из рис. 13 следует, что на кромке обнажений скорость деформаций  $v = 0,054$  мм/мин, в средней части  $v = 0,075$  мм/мин и в забое выбуриваемой шели  $v = 0,015$  мм/мин. Максимальная скорость изменения деформаций в средней части модели (в месте сопряжения разновеликих диаметров) соответствует наибольшему изменению напряженного состояния.

Таким образом, моделирование показало, что выбуривание разгрузочной шели в угольном образце приводит к значительному снижению напряжений впереди забоя, в частности на половине длины шели напряжения снижаются почти в 2 раза.

Возможность практического создания передовой разгрузочной шели с помощью комбайна 4ПУ проверялась на пласте Кумпановском шахты «Бутовская» производственного объединения Кузбассуголь.

Пласт Кумпановский представляет собой выдержанную пачку угля с  $f = 1,2-1,4$  мощностью 1,8 м. С помощью комбайна проводили вентиляционный штрек № 113 с присечкой породы в кровле. Испытания проводились в следующей последовательности. Забойная коронка исполнительного органа комбайна была заменена на режущую штангу длиной 1 м и диаметром 80 мм, которая затем с помощью телескопической подачи внедрялась в угольный массив на расстояние 0,5 м, а далее до глубины 1 м подача производилась самим комбайном.

Вначале была пробурена одиночная скважина. Замеры показали, что время ее бурения на глубину 1 м составляет 0,5 мин.

Далее была прорезана горизонтальная передовая шель, время выбуривания которой составило 12 мин. Каких-либо затруднений

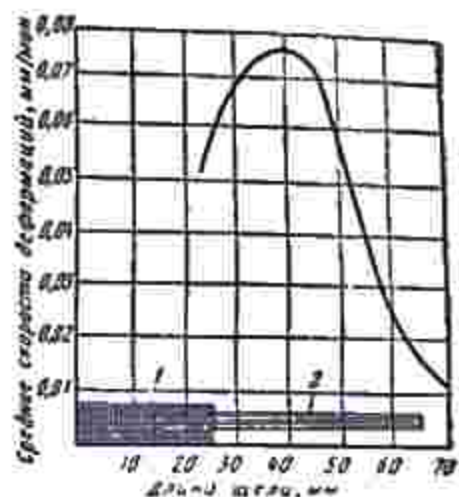


Рис. 13. График изменения средних скоростей деформаций массива по длине выбуриваемой шели при ее высоте: 1 — 10 мм; 2 — 10 мм

с выходом штоба не наблюдалось. Во время прорезки щели происходили микроудары в массиве, что свидетельствовало о разгружающем действии щели.

Промышленные испытания комбайна 4ПУ, оборудованного режущей штангой для создания опережающей щели, были проведены на выбросоопасном пласте IV Внутреннем шахты «Центральная» производственного объединения Прокопьевскуголь.

Вначале в пласте создавали горизонтальные щели в верхней и нижней частях забоя, однако при этом происходило застыбование щели. Тогда применили прорезку вертикальных щелей, близких к настилоению пачек пласта (угол падения пласта 1,22 рад). При подобной схеме расположения щелей режущая штанга свободно освобождалась от штоба и время выбуривания щели длиной 1,0—1,2 м сокращалось до 5 мин.

Число выбуриваемых щелей зависит от площади поперечного сечения проводимой выработки и угла падения пласта и достигает 7—8.

*Применение механизированных проходческих щитов.* Идея использования щитов для предотвращения или торможения внезапных выбросов угля и газа известна достаточно давно. По принципу взаимодействия с угольным массивом могут быть рассмотрены два типа щитов, ограждающие и поддерживающие.

Принцип действия ограждающих щитов основан на внедрении его в массив по периметру выработки и ограждении призабойной части пласта от всего угольного массива.

Практического применения ограждающие щиты не нашли из-за значительных усилий, требующихся для внедрения в угольный пласт, и связанных с этим сложности и громоздкости конструкции.

Действие щитов поддерживающего типа основано на упрочнении призабойной части угольного пласта путем подпора по всей площади забоя выработки или задержания процесса выноса угля в начальной стадии развития выброса.

Могут быть применены два вида поддерживающих (предохранительных) щитов: *активный*, взаимодействующий с площадью забоя с определенной силой, и *пассивный*, не имеющий непосредственного контакта с забоем выработки.

Практика применения поддерживающих предохранительных щитов при проведении восстающих выработок на шахте «Северная» в Кузбассе показала значительную эффективность этого метода предотвращения внезапных выбросов угля и газа (табл. 10).

Анализируя случаи внезапных выбросов, возникших при работе с щитовыми перекрытиями и без них, можно выделить три группы выбросов.

Первую группу составляют 48 выбросов, происшедших при работе без щитовых перекрытий; максимальная сила их составила 1,5 МН, средняя — 0,287 МН.

Ко второй группе можно отнести 11 выбросов, из которых 3 произошли при неисправных щитах и 8 — при наличии предо-

хранительных решеток. Их максимальная сила  $60 \cdot 10^{-2}$  МН, средняя —  $20 \cdot 10^{-2}$  МН.

Таблица 10

Пласт	Число внезапных выбросов				Средняя сила внезапных выбросов угля, $10^{-2}$ МН		
	Всего	Без предохранительных щитов	С предохранительными щитами		Всего	Со щитами	
			при работе без нарушения технологии	при неисправных щитах		при работе без нарушения технологии	при неисправных щитах
Кемеровский	23	15	—	8	34	—	14,3
Волковский	1	1	—	—	150	—	—
Владимировский	38	32	3	3	21	7	39,3
Итого	62	48	3	11	28,7	7	26,8

В третью группу входят выбросы, происшедшие под щитами при работе без нарушения технологии проходки. Максимальная сила их  $9 \cdot 10^{-2}$  МН, средняя —  $7 \cdot 10^{-2}$  МН.

Исследования выбросов со щитовыми перекрытиями позволили на основе данных ВостНИИ разработать технико-экономические требования на комплекс оборудования на базе проходческого комбайна с исполнительным органом планетарно-дискового типа для проведения штреков по выбросоопасным пластам, имеющим автоматический регулятор подачи и предохранительный щит усиленной конструкции.

*Условия эксплуатации электрооборудования комбайна на выбросоопасных пластах и защиты его коммуникаций от последствий выбросов.* При проведении подготовительных выработок механизированным способом во время отбойки угля комбайном резко возрастает газовыделение (это не относится к случаям работы в защищенной зоне). При этом на выбросоопасных пластах, характеризующихся высоким давлением газа и газонасыщенностью, при высокой скорости проведения выработок возникают значительные трудности в борьбе с газом и в проветривании забоя. Практически уже в настоящее время комбайны не могут работать на полную мощность.

Исследованиями проф. А. А. Мясникова установлено, что в выработках, проводимых комбайнами с исполнительным органом непрерывного действия, метановыделение из призабойной части при работе комбайна увеличивается и, достигнув максимума, сохраняется примерно на одном уровне, обусловленном максимальной метаноносностью данного пласта. В выработках, проводимых комбайнами избирательного действия, метановыделение из призабойной части является более равномерным и в меньшей степени зависит от режима работы комбайна, что связано с дренированием

части обнаженного массива и равномерным поступлением воздуха в открытый забой.

Наблюдения показывают, что при работе комбайна на пласте с газоносностью 6—7 м<sup>3</sup>/т с отставанием вентиляционных труб от забоя не более 7 м концентрация метана у исполнительного органа колеблется от 3 до 4% (при подаче воздуха в забой 150 м<sup>3</sup>/мин). При дальнейшем отставании труб содержание метана увеличивается до 5—6%. В настоящее время простои комбайнов из-за значительного выделения метана на шахтах, как правило, не регистрируются. Опыт работы шахт, разрабатывающих высокогазонасыщенные пласты, показывает, что после каждые 5—7 мин работы комбайна избирательного действия по отбойке угля на проветривание забоя затрачивается 10—15 мин.

Значительная работа по изысканию эффективных способов борьбы с метаном и методов автоматического контроля его содержания в подготовительных выработках была проведена кафедрой техники безопасности Харьковского института горной механики и автоматизации [16].

Для замера концентрации метана подготовительные выработки по их длине разбивали на участки, в которых замеряли площадь поперечного сечения выработки, концентрацию метана и скорость движения воздуха. Было установлено, что в ряде случаев содержание метана у рабочего органа достигает 7—9%. Далее по выработке оно резко уменьшается и в 25—30 м от забоя стабилизируется.

Учитывая значительное газовыделение при работе проходческих комбайнов, рассчитанную скорость проходки с применением профилактических мероприятий необходимо проверить по количеству воздуха, которое может быть подано в забой. При этом должна учитываться остаточная газоносность пласта, зависящая от принятого способа борьбы с выбросами.

При внезапных выбросах количество выброшенного угля зачастую не превышает 30—40 т и выделенного газа — 2000—3000 м<sup>3</sup>. Но в отдельных случаях эти цифры достигают соответственно 300—500 т и 50 000—100 000 м<sup>3</sup>.

При значительных выбросах дальность отброса угля от забоя, как правило, не превышает 15—20 м.

Следует отметить, что при сравнительно небольшом расстоянии от забоя от выброса угля, выходящий газовый поток, обладающий большой ударной силой и скоростью. Кинетическая энергия выброса увеличивается за счет действия двух факторов — движения и отброса угля и увеличивается с большой скоростью газа. Для того чтобы избежать развития могут оказаться решающими.

Таким образом, значительная часть выброшенного угля может быть выброшена в забой и в случае прилегающей галлюциозной закономерности. Дальнейшее увеличение вылета выброшенного газа ведет к возрастанию в забое количества углей мелкого, пылевидных фракций, и наоборот. Изменение фракционного состава угля на различном

удалении от забоя при выбросе на пласте Владимировском шахты «Северная» показано в табл. 11.

Таблица 11

Расстояние от места выброса, м	Содержание мелких фракций угля (%) размером, мм			
	1—0,5	0,5—0,25	меньше 0,25	пыль (меньше 1 мм)
В месте выброса	4,3	3,6	1,2	0,1
6	3,5	2,4	0,5	0,4
12	3,8	2,8	1,0	7,4
22	2,0	1,5	0,6	4,1
31	3,6	2,5	1,0	7,1

Если при выбросах низкой интенсивности, при которых преобладают крупные фракции угля, разрушение крепи и оборудования происходит прежде всего именно этими кусками, то при выбросах значительной силы уголь оказывается во взвешенном состоянии в газовой среде и разрушения связаны с газовой динамикой потока.

Иногда при внезапных выбросах даже небольшой силы крепь выработок и установленные в них механизмы бывают разрушены. Это объясняется тем, что выбросы в ряде случаев носят характер отжима угля из забоя. Ряд подобных выбросов отмечен на шахтах Кузбасса и Воркутского месторождения.

Опасность внезапных выбросов угля и газа усугубляется еще и тем, что часто выбросоопасные пласты являются также опасными по горным ударам. Например, в Кузбассе подобное наблюдается на шахтах «Коксовая», «Ноградская», «Центральная», им. Ворошилова, «Северная», на Сучанском месторождении — на шахте «Нагорная». На подобных пластах происходит концентрированное накопление потенциальной энергии упругого сжатия пород и ее внезапное высвобождение при мгновенном разрушении области массива.

В ряде случаев при проведении выработок на шахте Воркутского месторождения проходческими комбайнами последние при выбросах оказывались засыпанными углем вплоть до перегружателя. При этом электроэнергия на комбайне оставалась не снятой.

На пластах, опасных по внезапным выбросам угля и газа, необходимо защищать электрооборудование комбайна не только от последствий возможного выброса, но и от интенсивного газовыделения, связанного с отбойкой и резанием угля.

Вопрос о безопасном применении проходческих комбайнов на пластах, подверженных внезапным выбросам угля и газа, может быть решен двумя направлениями.

первое — путем установки на всех проходческих комбайнах электрооборудования с повышенной механической надежностью. Комбайн должен иметь систему быстродействующего опережающего отключения, дублируемого автоматической газовой защитой;

второе — созданием проходческих комбайнов с гидроприводом.

При проведении горных выработок комбайнами в результате внезапного выброса возможны механические повреждения электродвигателя комбайна, электроаппаратуры или кабеля, и тогда возникает опасность образования электрической искры. Поэтому электроаппаратура и кабель должны быть защищены опережающей токовой защитой, причем время ее срабатывания должно быть меньше времени образования электрической искры при коротком замыкании.

В некоторых случаях после внезапного выброса электродвигателя, аппаратура и кабели механических повреждений не имеют. При этом конструктивные особенности современных электродвигателей и аппаратуры практически исключают возможность искрообразования. Тем не менее дублирование газовой защитой опережающего отключения необходимо, так как в случае опрокидывания воздушной струи при выбросе и наличии поврежденного электрооборудования или кабеля в выработках, смежных с проводимой выработкой, может произойти взрыв метана. Поэтому датчики для замера метана должны устанавливаться на всем пути возможного движения воздушно-газовой смеси (как на исходящей, так и на свежей струе) и отключать электроаппаратуру раньше, чем струя с опасной концентрацией метана достигнет установки. Достоинства и недостатки каждой системы защиты приведены в табл. 12.

Таблица 12

Система защиты	Область применения	Достоинства	Недостатки
Газовая защита	Комбайны всех типов	1. Возможность отключения энергии на всем пути движения газа 2. Возможность применения отдельно, независимо от других систем защиты	1. Инерционность системы газовой защиты 2. Помехи технологическому режиму из-за сложного срабатывания системы 3. Неадекватность при изменении количества воздуха 4. Возможность выхода из строя при выбросах
Опережающее отключение	Комбайны избирательного действия	1. Безопасность цепей при механических повреждениях 2. Независимость от газовой защиты выработки (стабильность работы) 3. Возможность применения в особо опасных условиях, в том числе на пластах, одновременно опасных по выбросам и горным ударам	1. Необходимость дополнительного оборудования смежных забоев газовой защитой 2. Незащищенность выработки по исходящей струе в случае выброса

Газовая защита применительно к механизированному проведению подготовительных выработок имеет некоторые преимущества,

но вместе с тем ей присущи и существенные недостатки. Ее постоянное ложное срабатывание, связанное с повышенным газообразованием в процессе отбойки угля исполнительным органом комбайна, вынуждает отодвигать датчики для замера метана от забоя, что ухудшает контроль за состоянием атмосферы в призабойном пространстве.

*Газовыделение в выработку при работе комбайна на выбросоопасных пластах, проветривание и пылеподавление в комбайновых забоях\** В последние годы МинНИИ и ВостНИИ разработана методика определения газоопасности подготовительных выработок, которая базируется на таких критериях, как уровень максимальной концентрации метана в забое, связанный с различными периодами технологического цикла, и временной показатель, характеризующий скорость нарастания концентрации метана в забое.

К опасным по взрыву метано-воздушной смеси относятся выработки, в забое которых максимальная концентрация газа после взрывных работ превышает 3% и в которых при прекращении подачи в забой свежего воздуха в течение 30 мин концентрация метана превышает 2%.

К особоопасным по взрыву метано-воздушной смеси относятся выработки с предельно допустимой концентрацией метана, а также выработки, проводимые по газовым и выбросоопасным угольным пластам.

С увеличением скорости проведения подготовительных выработок метанообильность последних обуславливается главным образом метановыделением из отбитого угля.

В выработках, проводимых комбайнами с исполнительным органом непрерывного действия, метановыделение из призабойной части увеличивается и, достигнув максимума, сохраняется на одном уровне, обусловленном максимальной метаноспособностью данного пласта.

Изменение метановыделения объясняется неравномерным вымыванием метана из забоя вследствие трудности подачи воздуха к исполнительному органу. В выработках, проводимых комбайнами с исполнительным органом циклического действия (АПУ), вследствие благоприятных условий для дегазации в зоне выемки пласта и подачи воздуха к забою, максимальное метановыделение из призабойной части ниже, чем при работе комбайнов с исполнительным органом непрерывного действия. Для проведения выработок с помощью буровзрывных работ характерно значительное метановыделение в первый момент обнажения угольного массива вследствие нарушения его на глубину 1—2 м, что, в свою очередь, обуславливает дополнительное метановыделение. При проведении выработок комбайнами интенсивность метановыделения ниже, чем в выработках, пройденных буровзрывным способом. Через 15—

\* Написано совместно с Г. Я. Половинковым.

36 сут после обнажения метановыделение из стенок выработок, пройденных различными способами, становится примерно одинаковым. Зависимость интенсивности метановыделения из угольного массива от способа проведения обусловлена в основном влиянием способа проведения на характер изменения деформаций угольного пласта вокруг подготовительной выработки. При проведении выработок комбайнами с исполнительным органом непрерывного действия угольный массив испытывает минимальные деформации, но вследствие большого измельчения ими угля наиболее благоприятный газовый режим создается при выемке комбайнами 4ПУ, ГПК и др.

Таким образом, для достижения равномерности газовыделения из подготовительных выработок необходимо стремиться при прочих равных условиях применять такие способы проходки, которые сводили бы к минимуму осложнения, связанные со сдвижением и деформациями пород в горных выработках.

Значительная газоносность выбросоопасных пластов и высокая скорость газовыделения при отбойке угля проходческим комбайном обуславливают стремительное нарастание концентрации газа в призабойном пространстве, которая достигает опасных значений, что снижает производительность комбайна и заставляет прибегать к применению специальных мер по предупреждению загазований выработок. Поскольку подавляющее большинство способов борьбы с выбросами основано на предварительной дегазации массива, то имеется возможность рассчитать ожидаемую величину концентрации газа в призабойном пространстве при работе проходческого комбайна на склонах к выбросам пласта, когда призабойная часть массива приведена в невыбросоопасное состояние.

Для упрощения расчетов можно принять, что при внедрении исполнительного органа комбайна в выбросоопасную пачку пласта возможно разрушение угля до фракционного состава, близкого к составу бурового штыба. Это допущение позволяет использовать метод расчета, основанный на измерении параметров газовыделения в процессе бурения шпуров [21], и построить зависимости изменения максимальной концентрации газа при выемке угля различной газоносности от производительности проходческого комбайна с учетом конкретных свойств пласта.

Изучение условий проведения выработок по выбросоопасным пластам показало, что здесь возникает целый ряд сложностей, связанных с проветриванием забоя в процессе применения профилактических мер по предупреждению газодинамических явлений. Так, при проведении штрека комбайном 4ПУ по пласту Кемеровскому шахты «Северная» неоднократно наблюдались случаи, когда аппаратура АГЗ срабатывала и отключала электроэнергию из-за концентрации метана, превышающей 2%. Такие случаи, в основном, наблюдались в зонах геологических нарушений и интенсивно перемятых пачках угля (рис. 14). Одновременно происходило резкое увеличение нагрузки на крепь, осыпание угля из забоя.

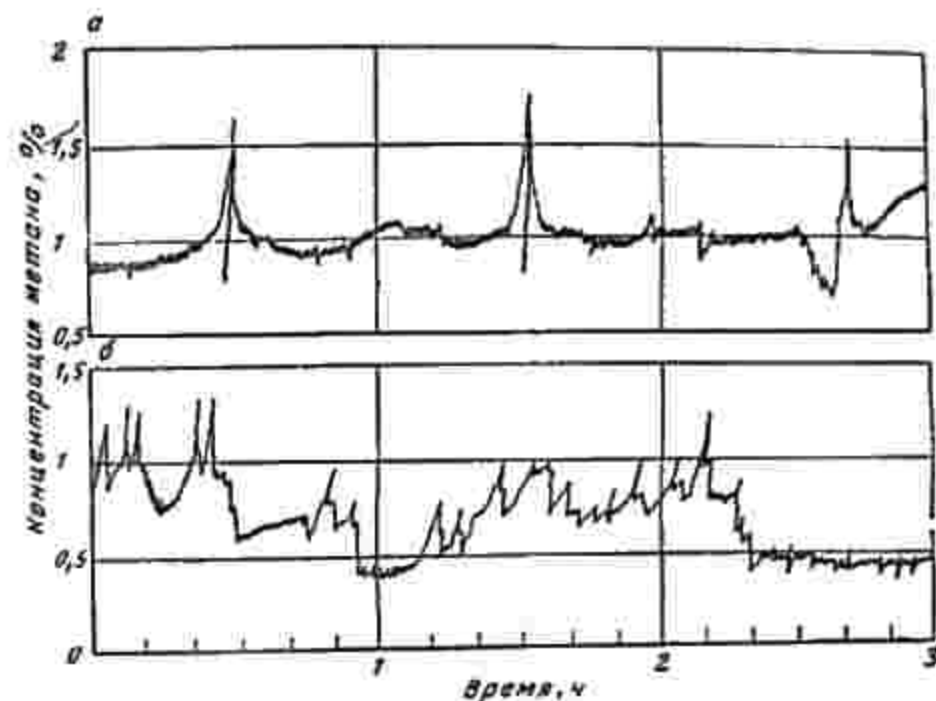


Рис. 14. Концентрация метана при проведении штрека комбайном 4ПУ по пласту «Кемеровскому» на шахте «Северная»: а — в зоне геологического нарушения, б — при наличии перемятой пачки угля в забое

Как уже отмечалось, применение мер борьбы с внезапными выбросами не только вызывает перераспределение напряженно-деформированного состояния пласта, но и приводит к изменению его газового режима.

Так, например, в процессе гидроотжима призабойной части угольного массива может быть получен двойной результат. Наибольший эффект газовыделения достигается при нагнетании воды до заметного смещения призабойной части пласта в сторону выработки. В случае обычной пропитки пласта при нагнетании воды через короткие шпуров газовыделение может снижаться.

Для определения влияния гидровываивания опережающих полостей на изменение газовыделения из угля в призабойной зоне пласта в процессе вымывания производились газо-воздушные съемки путем замера количества воздуха и содержания метана на расстоянии 20—25 м от забоя. Результаты съемок показывают, что во время вымывания полостей газовыделение в призабойную часть выработки резко увеличивается. В этом случае, как правило, при вымывании полостей на глубину 3—4 м повышения концентрации метана в забое выработки не наблюдается, что, очевидно, является следствием дренирующего влияния выработки на окружающий массив угля и призабойную часть пласта. Вымывание же полостей на глубину более 6—7 м обычно сопровождается значительным увеличением газовыделения в выработку и быстрым

ростом концентрации метана в исходящей струе выработки. Так, при вымывании полостей диаметром 350—400 мм на глубину 7—8 м концентрация метана в исходящей струе выработки увеличивалась с 0,5 до 1,35%, а при вымывании полостей диаметром 450—480 мм на глубину 7 м концентрация метана достигала 2,2—2,4%, т. е. увеличивалась в 4—5 раз по сравнению с концентрацией до начала вымывания.

Абсолютное метановыделение в выработки при гидровымывании увеличивается в 7—8 раз и достигает в некоторых случаях 17,5 м<sup>3</sup>/мин.

После окончания вымывания полостей газовыделение из забоя выработки обычно быстро снижается, но повышенная концентрация метана в исходящей струе выработки наблюдается еще в течение 20—60 мин. Дополнительное количество выделившегося газа при гидровымывании полостей составляет 160—220 м<sup>3</sup>.

Показатель эффективности гидровымывания опережающих полостей подсчитывается по формуле

$$N = X - X_{ост} - \frac{(c_{гв} - c_0) v t k}{100 \gamma (a + 2b) (l - l_{ост}) m_n}$$

где  $X$  — природная метаноносность пласта, м<sup>3</sup>/т;  $X_{ост}$  — остаточная метаноносность угля, м<sup>3</sup>/т;  $v$  — скорость вентиляционной струи, м/мин;  $l$  — продолжительность гидровымывания полостей, мин;  $s$  — площадь поперечного сечения выработки в свету, м<sup>2</sup>;  $k$  — поправочный коэффициент на положение наблюдателя;  $\gamma$  — плотность угля, т/м<sup>3</sup>;  $a$  — средняя ширина выработки по напластованию пачек перемятого угля (вчерне) м;  $b$  — ширина обработки пласта полостями за контуром выработки, м;  $l$  — длина полостей, м;  $l_{ост}$  — остаточная длина полостей предыдущей серии, м;  $m_n$  — суммарная мощность пачек перемятого угля, м.

Содержание метана до гидровымывания

$$c_0 = \frac{c_1 + c_2 + \dots + c_n}{n}$$

Содержание метана в процессе гидровымывания

$$c_{гв} = \frac{c'_1 + c'_2 + \dots + c'_n}{n'}$$

где  $c_1, c_2, \dots, c_n$  — среднее содержание метана в выработке по каждому замеру до гидровымывания, %;  $c'_1, c'_2, \dots, c'_n$  — то же, в процессе гидровымывания, %;  $n$  — число замеров до гидровымывания;  $n'$  — то же, в процессе гидровымывания.

Во время работы проходческих комбайнов при проведении подготовительных выработок по обработанным зонам газовыделение в призабойную часть выработки снижается по сравнению с проведением в необработанной зоне в 1,2—1,5 раза.

Несмотря на то, что правилами безопасности предусмотрена непрерывная работа вентиляторов местного проветривания, практически это осуществлять невозможно из-за систематического от-

ключения электроэнергии, повреждений, осмотра вентиляторов, во время которых происходят загазования выработок. Эти недостатки могут быть исключены только путем резервирования вентиляторов местного проветривания.

При газоносности угольных пластов более 12 м<sup>3</sup>/т, скорости подвигания забоя свыше 5 м/сут и мощности пластов, превышающей 3 м, длина тупиковой части подготовительной выработки обычно не превышает 120—140 м.

Наиболее перспективной и надежной схемой проветривания подготовительных выработок значительной протяженности при скоростном их проведении является комбинированная схема, при которой основная часть выработки проветривается за счет общешахтной депрессии с помощью параллельной выработки, тупиковые части их — с помощью вентиляторов местного проветривания.

Наличие опережающих скважин, заполненных метаном, представляет потенциальную опасность при работе проходческих комбайнов, так как в результате разрушения угля рабочим органом комбайна, особенно при наличии включений колчедана, происходит нагрев режущих зубков и образование искр.

Наиболее эффективным мероприятием с этой точки зрения является применение таких мер борьбы с выбросами, которые исключают необходимость создания опережающих скважин и полостей, заполняемых выделяющимся из угольного массива метаном. К числу таких мер относятся гидравлический отжим призабойной части угольного пласта и локальное увлажнение.

Для борьбы с пылью проходческие комбайны типа ПК-9р, 4ПУ, ГПК оснащаются оросительными системами с внешней подачей воды, комбайн ПК-3р — эжекторной системой, комбайн 4ПП-2 — оросительной системой с подачей воды на режущий инструмент, т. е. непосредственно к местам пылеобразования. Кроме того, все эти комбайны оснащены пылеотсасывающими установками.

При внешнем орошении форсунки устанавливаются на стреле исполнительного органа вблизи режущей коронки (табл. 13).

Таблица 13

Показатели	Комбайн			
	4ПУ	ПК-9р	ГПК	4ПП-2
Тип форсунок	КФ 1,6—40; ПФ 3,3—125	КФ 2,2—15; ПФ 3,3—125	КФ 2,2—75	Н—1,0; Н—1,5; ПФ 1,6—75
Число форсунок	7	9	9	21
Расход воды (л/мин) при давлении 2 МПа	65	110	90	130—170

Водовоздушные эжекторы располагаются на стреле исполнительного органа комбайна и производят отсос запыленного воздуха, очистку его от пыли и орошение зон пылеобразования.

Эжекторной системой по заказам шахт могут также оснащаться комбайны 4ПУ (табл. 14).

Таблица 14

Показатели	Комбайн	
	ПК-9р	4ПУ
Тип эжекторов	ЭВВЦ-200	ЭВВЦ-300
Число эжекторов	4	3
Диаметр эжектора, м	0,2	0,2
Расход воды (л/мин) при давлении 2—3 МПа	60—70	45—55
Количество отсасываемого воздуха, м <sup>3</sup> /мин	120—140	90—105

В настоящее время для пылеотсоса применяют установки, располагающиеся непосредственно на комбайнах, производительностью 80—110 м<sup>3</sup>/мин (комбайны 4ПУ, ПК-9р) и 160—180 м<sup>3</sup>/мин (комбайн ПК-9р). Разработаны автономные или полуавтономные пылеотсасывающие установки ППУ-2, ППУ-4 и 4ПУ повышенной подачи (340—530 м<sup>3</sup>/мин). Применение указанных средств пылеподавления позволяет снизить запыленность воздуха до 15—30 мг/м<sup>3</sup>.

Разработанные ВостНИИ водовоздушные эжекторы для пылепогашения при работе проходческих комбайнов являются эффективным средством перемешивания, разжижения и выноса газа из призабойной зоны подготовительной выработки.

Наблюдения показали, что при работе водовоздушных эжекторов в значительной степени увеличивается турбулентность потока воздуха в призабойном пространстве, в забой дополнительно поступает от 60 до 120 м<sup>3</sup>/мин воздуха со скоростью 16—20 м/с на выходе из сопла. Наблюдения за изменением концентрации метана, проведенные в параллельном штреке пласта Кемеровского на шахте «Северная» при работе комбайна 4ПУ, показали, что концентрация метана при применении трех эжекторов в призабойном пространстве снижается с 0,52 до 0,26%. Абсолютное метано-выделение из призабойной части составило 0,46 м<sup>3</sup>/мин. При этом в забой подавалось 85 м<sup>3</sup> воздуха в минуту.

Во всех особоопасных по метану забоях внедрены разработанные ВостНИИ электрические схемы и способы подключения резервных систем местного проветривания (СМП), а также устройство для разгазования подготовительных выработок. Все шахты Кузбасса оснащены устройствами телеуправления и телесигнализации (ТУ-ТС) типа «Ветер», которые представляют собой совокупность аппаратуры АКВ-2П и АМТ-3. Аппаратура «Ветер» позволяет с диспетчерского пункта автоматически управлять вентиляторами местного проветривания и в значительной степени повышает безопасность ведения горных работ, снижает затраты на обслуживание вентиляторов местного проветривания, а также расширяет область применения электрооборудования на шахтах, опасных по газу или пыли.

Функционирование различных систем газового контроля и систем контроля количества воздуха в забоях подготовительных выработок, работающих независимо и несогласованно, создает определенные неудобства как при организации работ по контролю аэрогазодинамических параметров проветривания, так и при обслуживании самой аппаратуры. Эти системы контроля газа и количества воздуха могут лишь однозначно реагировать на прекращение проветривания забоя — отключать электроэнергию от токоприемников забойных машин и механизмов.

Эти обстоятельства послужили основанием для разработки комплексной аппаратуры местной автоматизации. Соединение отдельных функций (контроля газа и контроля воздуха) позволило упростить ее обслуживание и повысить надежность функционирования.

Аппаратура КАМА производит разгазование выработок в автоматическом режиме. Она образует автоматизированную систему централизованного диспетчерского контроля и управления проветриванием подготовительных выработок. Действие аппаратуры состоит в обработке данных, поступающих от датчиков температуры, количества воздуха, содержания метана, и команд местного и телемеханического управления, преобразовании полученной информации и выдаче сигналов о контролируемых параметрах и команд на управляемую аппаратуру, автоматизирующую процесс проветривания и газовую защиту.

В условиях шахт Кузбасса при проведении выработок по пластам, характеризующимся значительной метанообильностью, наиболее эффективным способом проветривания является нагнетательно-всасывающий. Этот способ сочетает в себе преимущества нагнетательного и всасывающего способов проветривания и обеспечивает нормальные условия проведения подготовительных выработок по газообильным пластам. При таком способе проветривания запыленность на рабочем месте машиниста уменьшается на 97—99%, а концентрация метана в забое снижается в 1,5—2,5 раза по сравнению с нагнетательным.

Метаноопасность туниковой подготовительной выработки обусловлена ее длиной, метаноносностью пласта, скоростью продвижения забоя, способом проведения, а также способом и схемой проветривания.

Для снижения метановыделения в выработки во время их проведения комбайнами может применяться предварительная и ограждающая дегазация. В первом случае производится дегазация части пласта в районе будущей выработки. Так как проницаемость угольных пластов в не разгруженном от горного давления угольном массиве невелика, то метановыделение из скважин, расположенных в этом районе, незначительно. Во втором случае осуществляется дегазация части пласта, частично разгруженной от горного давления. Так как пористость и проницаемость угля, разгруженного от горного давления, во много раз больше, чем угля в неразгруженном массиве, то радиус влияния и дебит метана из



ограждающих скважин во много раз больше, чем из опережающих.

Как известно, при проведении выработки по плету состояние напряженного равновесия в массиве вокруг нее нарушается и происходит перераспределение горного давления. В окружающем выработку угольном и породном массивах образуются зоны упругих и остаточных деформаций или зона разгрузки от статических напряжений, которая характеризуется повышенной пористостью и проницаемостью.

Сущность метода ограждающей дегазации состоит в том, что до начала проведения выработки на некотором расстоянии от ее будущего контура пробуривают несколько дегазационных скважин, устья которых герметизируют и присоединяют к вакуум-насосной магистрали. При проведении выработки вокруг нее образуется зона разгрузки, из которой метан устремляется к выработке. Ограждающие скважины играют роль барьеров, обеспечивающих улавливание и изолированный отвод метана от выработки.

Одним из важных признаков и отличительной особенностью ограждающей дегазации является использование эффекта разгрузки, возникающего в окружающем выработку массиве при ее проведении, и улавливание скважинами метана из угля в зоне дегазации пласта выработкой. При этом чем больше газа улавливается ограждающими скважинами, тем меньше его поступает в выработку.

Выбор схемы ограждающей дегазации зависит от горно-геологических условий, в которых будет проводиться выработка. Основные параметры схемы определяются количеством метана, которое необходимо улавливать скважинами и отводить от выработки. В свою очередь, количество улавливаемого скважинами метана зависит от его количества, притекающего к плоскости расположения скважин, и величины вакуума в них.

Для уменьшения газовыделения в выработке в период их проведения скважины желательно располагать как можно ближе к выработкам. В то же время с уменьшением расстояния увеличивается вероятность вскрытия скважины выработкой; кроме того, растут подсосы воздуха из выработки.

Следовательно, ограждающая дегазация при проведении подготовительных выработок является важным средством уменьшения газовыделения в них, что имеет особенно большое значение при комбайновом способе проведения выработок с большими скоростями.

Проветривание подготовительных выработок вентиляторами местного проветривания при максимальном притоке воздуха 500—600 м<sup>3</sup>/мин эффективно при выделении газа до 5 м<sup>3</sup>/мин, что соответствует скорости проведения до 25 м/сут при природной газоносности пластов 20 м<sup>3</sup>/т. Назрела необходимость создания более мощных участков вентиляторов с подачей 1000—1200 м<sup>3</sup>/мин и проведения мероприятий по снижению природной газоносности в виде ограждающей дегазации и др.

#### 4. СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПРОХОДЧЕСКИХ КОМБАЙНОВ И РАЗРАБОТКА КОМПЛЕКСОВ ПРОХОДЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

##### 4.1. Основные параметры проходческих комбайнов \*

Основными параметрами проходческих комбайнов являются производительность, мощность привода исполнительного органа, установленная мощность и его масса.

Наиболее важным из основных параметров проходческих комбайнов является производительность, определяемая количеством угля, выданного из подготовительного забоя в единицу времени. Применительно к проходческим комбайнам различают теоретическую, техническую и эксплуатационную производительности. Методика определения производительности разработана кафедрой горных машин и комплексов Московского горного института [22].

*Теоретическая производительность* проходческого комбайна (т/мин) — максимальная производительность исполнительного органа для соответствующих горно-геологических условий при непрерывном разрушении забоя

$$Q = 60ld_n v_{n \max} \gamma,$$

где  $l$  — величина заглубления коронки в массив, м;  $d_n$  — мощность разрушаемого слоя угля или породы, равная среднему диаметру режущей коронки, м;  $v_{n \max}$  — максимально возможная скорость перемещения коронки по забою, м/с;  $\gamma$  — плотность угля, т/м<sup>3</sup>.

Теоретическая производительность проходческого комбайна зависит от конструктивных параметров исполнительного органа: диаметра, длины и формы режущей коронки; режимных параметров: скорости резания, скорости подачи исполнительного органа на забой, определяемой сопротивляемостью угля резанию, крепостью и объемом присекаемых пород.

*Техническая производительность* проходческого комбайна — максимально возможная среднечасовая производительность в конкретных условиях с учетом затрат времени на вспомогательные операции, присущие данному комбайну (комплексу), вызывающие перерывы в работе. К этим операциям относятся: замена инструмента, устранение неисправностей, несовмещенные маневровые операции.

*Техническая производительность* проходческого комбайна (комплекса) (т/ч) со стреловидным исполнительным органом

$$Q_t = QK_{\text{тех}}$$

\* Написано совместно с канд. техн. наук П. М. Лариным и В. Е. Новгородским.

где  $K_{\text{пр}}$  — коэффициент непрерывности работы комбайна в конкретных условиях, характеризующий степень использования возможностей комбайна (комплекса). Он определяется отношением времени работы комбайна (комплекса) во расчетном кадре к общему времени по разрушенному забой и простоям, связанным с выполнением вспомогательных операций:

$$K_{\text{пр}} = \frac{T}{T + T_{\text{в.о.}}}$$

где  $T$  — время работы комбайна (комплекса) по обработке забоя, мин,  $T_{\text{в.о.}}$  — время, затрачиваемое на выполнение вспомогательных операций, мин.

$$T_{\text{в.о.}} = T_{\text{з.н.}} + T_{\text{у.н.}} + T_{\text{м.н.}}$$

где  $T_{\text{з.н.}}$ ,  $T_{\text{у.н.}}$ ,  $T_{\text{м.н.}}$  — время, затрачиваемое соответственно на замену инструмента, устранение неисправностей, маневровые операции, мин.

Эксплуатационная производительность комбайна (комплекса) ( $q$ ) — это производительность, зависящая от степени использования комбайна (комплекса) в конкретных условиях эксплуатации. Она зависит от простоев по техническим и организационным причинам, которые обусловлены конструкцией комбайна (комплекса) в целом:

$$Q_s = QK_s \quad (2)$$

где  $K_s$  — коэффициент непрерывности работы комбайна (комплекса) при эксплуатации в конкретных горно-геологических условиях, учитывающий все виды простоев. Этот коэффициент определяет степень использования технических возможностей комбайна (комплекса) в конкретных условиях,

$$K_s = \frac{T}{T + T_{\text{п.о.}} + T_{\text{з.н.}}} \quad (3)$$

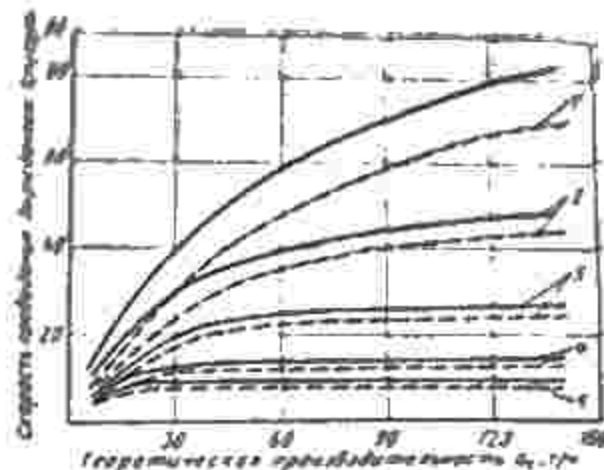
где  $T_{\text{п.о.}}$  — время простоев по организационно-техническим причинам, мин, затрачиваемое на крепление выработки ( $T_{\text{к.р.}}$ ), наращивание транспортных коммуникаций ( $T_{\text{т.к.}}$ ), доставку материалов в забой ( $T_{\text{д.м.}}$ ), осмотр забоя и приведение его в безопасное состояние, контроль за сохранением формы и размеров площади поперечного сечения выработки и направлением ее проведения ( $T_{\text{н.п.}}$ ). Не зависящими от конструкции комбайна (комплекса) являются потери времени ( $T_{\text{л.}}$ ), связанные с отсутствием порожняка, электроэнергии и т. п.

При подготовке выемочных полей наибольший интерес представляет определение суточной производительности комбайна (комплекса)  $\Pi$  (м<sup>3</sup>/сут), которая может быть представлена выражением

$$\Pi = \frac{Q_s T_{\text{сут}}}{15} = \frac{3Q_s T_{\text{см}}}{15}$$

где  $T_{\text{сут}}$  — продолжительность работы по проведению выработки в сутки, ч;  $T_{\text{см}}$  — продолжительность смены, ч;  $S$  — площадь поперечного сечения проводимой выработки, м<sup>2</sup>.

Рис. 15. Зависимость скорости проведения выработки (II) от теоретической скорости проведения выработки (I) в зависимости от времени простоя комбайна (комплекса) в цикле: 1 — 5 мин; 2 — 10 мин; 3 — 20 мин; 4 — 30 мин; 5 — 40 мин



Суточная производительность комбайна (комплекса) по проведению определяется горно-геологическими условиями работы, конструктивными и режимными параметрами оборудования и степенью использования его во времени.

Характер зависимости производительности по проведению выработок  $\Pi$  от ряда факторов установлен в результате анализа уравнений (2) и (3). По этим уравнениям были построены зависимости (рис. 15) производительности комбайна (комплекса) по проведению  $\Pi$  от теоретической производительности  $Q_s$ , площади поперечного сечения выработок ( $S = 8 \text{ м}^2$  — показано сплошной линией и  $S = 12 \text{ м}^2$  — показано пунктирной линией) и времени простоя комбайна (комплекса)  $T_{\text{п.о.}} = T_{\text{з.н.}} + T_{\text{л.}}$  в цикле. Эти зависимости позволили провести анализ влияния различных факторов на эффективность проведения выработок и определить производительность проходческого комбайна и мощность привода его исполнительного органа, необходимые (при конкретной организации работ) для достижения заданной суточной скорости проведения выработок определенной площади поперечного сечения.

Задаваясь необходимой суточной скоростью проведения выработки и временем  $T_{\text{п.о.}}$  по графикам (см. рис. 15) определяют теоретическую производительность. Например, для достижения скорости проведения выработки площадью поперечного сечения  $8 \text{ м}^2$ , равной  $40 \text{ м}^3/\text{сут}$ , необходим проходческий комбайн с производительностью рабочего органа около  $1,1 \text{ м}^3/\text{мин}$  при организации работ, предусматривающей десятиминутные простои при обработке забоя за цикл. Такая же скорость проведения выработок может быть достигнута с применением проходческих комбайнов, оборудованных исполнительными органами производительностью около  $0,5 \text{ м}^3/\text{мин}$ , но при организации работ, предусматривающей при обработке забоя пятиминутные простои в цикле. Этот пример подчеркивает решающее значение организации труда, позволяющей обеспечить минимальные значения времени простоев исполнительного органа. Скорость, обеспечиваемая комбайнами 4ПУ с теоре-

тической производительностью  $0,7 \text{ м}^3/\text{мин}$  в зависимости от организации работ в забое при проведении выработки площадью поперечного сечения  $S = 8 \text{ м}^2$ , изменяется от 18 до 50 м/сут. Этим объясняется тот факт, что при средней скорости проведения выработок комбайнами, равной 180 м/мес, в последнее время в различных бассейнах страны регулярно проводят выработки со скоростью 1000 м/мес и выше.

Рассмотрим влияние отдельных составляющих времени простоев на производительность комбайна (комплекса):

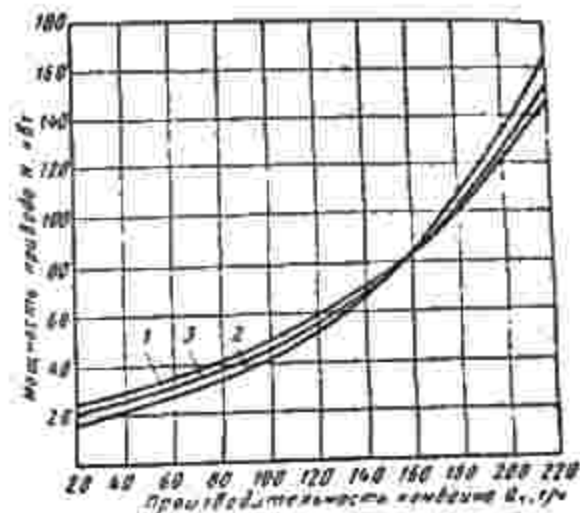
$$T_{\Sigma} = T_{\text{в.о.}} + T_{\text{з.о.}} = T_{\text{з.в.}} + T_{\text{г.н.}} + T_{\text{к.о.}} + T_{\text{к.з.}} + T_{\text{т.к.}} + T_{\text{д.н.}} + T_{\text{о.з.}} + T_{\text{о.}}.$$

По данным хронометражных наблюдений и в результате анализа графиков организации труда проходческих бригад, осуществляющих обычные и скоростные проходки [23], можно сделать вывод о том, что наибольшая доля в общем балансе времени принадлежит времени, затрачиваемому на крепление выработки. Далее в порядке убывания идет время на наращивание транспортных коммуникаций, на доставку материалов, на замену инструмента, на маневренные операции. Избежать затрат времени на крепление впереди комбайна можно, лишь обеспечив временную крепь призабойного пространства и установку постоянной крепи за комбайном. Следовательно, необходима конструкция комбайна, обеспечивающая крепление выработки над ним, без нарушения целостности пород кровли в процессе обработки забоя исполнительным органом и при передвижении комбайна на забой. Иными словами, временная крепь должна быть в комплексе с комбайном, причем она не должна терять контакта с кровлей, не изменять своего воздействия (усилий) на нее при передвижениях и не передавать кровле вибраций от корпуса комбайна. В определенной степени это положение реализовано в конструкции комплекса КН-5Н.

В настоящее время еще неудовлетворительно решен вопрос транспортирования материалов в забой. Для определенных условий (короткие искривленные выработки на крутых пластах) транспортирование горной массы из забоя и материалов в забой могут осуществляться самоходными вагонетками на пневмошинном ходу. Такие вагонетки входят в комплексе КСО-1, разработанный КузНИИУИ и ЦНИИподземашем. На очереди разработка средств транспорта для комплексов проходческого оборудования, предназначенных для проведения протяженных выработок. Значительный интерес представляет применение телескопических ленточных конвейеров, используемых для транспортирования по одной ветви горной массы из забоя и по второй — материалов в забой. Такой опыт уже имеется на шахте «Нагорная» производственного объединения Гидроуголь.

При эксплуатации проходческих комбайнов основное внимание должно уделяться организации проходческих работ, так как примеры многочисленных скоростных проходок и исследования производительности проходческих комбайнов и комплексов убедитель-

Рис. 16. Зависимость мощности привода исполнительного органа  $N$  от теоретической производительности комбайна  $Q_t$ :  
1 — отечественные, 2 — зарубежные, 3 — все в целом



но доказывают, что серийные проходческие комбайны (ПК-3м, ПК-9р, 4ПУ) обладают значительным резервом производительности и могут быть использованы с большим эффектом.

При выборе проходческого оборудования для конкретных условий важное значение имеют его масса, мощность привода исполнительного органа и обрабатываемая площадь.

Как показывает анализ опыта конструирования проходческих комбайнов, зависимость мощности привода  $N_{\text{н.о.}}$  исполнительного органа от его теоретической производительности не является прямо пропорциональной (рис. 16). Не являются прямо пропорциональными и зависимости массы комбайна от мощности привода исполнительного органа. Эти зависимости определены на основании анализа технических характеристик 45 отечественных и зарубежных проходческих комбайнов избирательного действия [24].

В общем виде эти зависимости описываются уравнением

$$N = aQ_t^b,$$

где  $a$  — коэффициент, равный для отечественных проходческих комбайнов 18,94, для зарубежных — 14,16 и для всех проходческих комбайнов в целом 17,53;  $b$  — коэффициент, равный соответственно 0,0094; 0,012; 0,0098; корреляционная связь при этом составляет соответственно 0,799; 0,805; 0,834.

Анализ графиков (см. рис. 16) показывает, что отечественные и зарубежные проходческие комбайны, предназначенные для работы в одинаковых условиях (ПК-3м, 4ПУ, Ф-5 и Ф-6А фирмы «Альпин»), имеют практически одинаковые технические характеристики. Рост мощности привода исполнительного органа значительно увеличивается с ростом производительности проходческого комбайна со значения 100 т/ч. Это объясняется тем, что у комбайнов производительностью до 60—70 т/ч энерговооруженность исполнительного органа равна 0,4—0,5 кВт/т (ПК-3м, 4ПУ и т. п.),

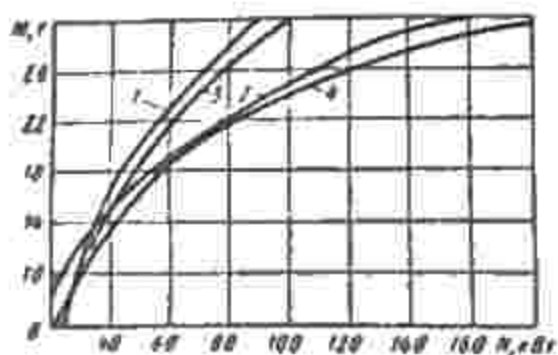


Рис. 17. Зависимость массы комбайна  $M$  от мощности привода исполнительного органа  $N$  комбайнов.

1 — зарубежный, 2 — отечественный;  
3 — шаг в делом; 4 — распорно-шагающего типа

а с увеличением производительности комбайнов до 150—210 т/ч наблюдается и рост энерговооруженности рабочего органа — 0,58 (комбайн ПК-9р), 0,84 (БПУ), 0,97 (ПК-11). Рост энерговооруженности комбайнов при увеличении производительности объясняется тем, что в последнее время создаются комбайны циклического действия, предназначенные для проведения выработок по крепким и вязким углям и породам с пределом прочности на сжатие до 100 МПа.

Мощность привода исполнительного органа  $N_{\text{и.о.}}$  связана с массой комбайна  $M$  логарифмической зависимостью (рис. 17) вида

$$M = a \ln N_{\text{и.о.}} - b,$$

где  $a$  — коэффициент, равный для отечественных, зарубежных и в целом для проходческих комбайнов циклического действия с механизмом передвижения на гусеничном ходу соответственно 12,04; 17,73; 16,3.  $b$  — коэффициент, равный соответственно 30,66; 49,58; 45,11, корреляционная связь при этом составляет соответственно 0,76; 0,675; 0,685.

Из графиков (см. рис. 17) видно, что при одинаковой массе комбайнов на гусеничном ходу и с распорно-шагающим механизмом передвижения последние имеют большую мощность привода исполнительного органа. Это объясняется большей устойчивостью комбайнов распорно-шагающего типа и возможностью более эффективного использования увеличенной мощности по сравнению с комбайнами на гусеничном ходу. Комбайны распорно-шагающего типа массой 15 т должны иметь мощность привода исполнительного органа 45—50 кВт. Необходимость увеличения мощности привода исполнительного органа комбайнов распорно-шагающего типа выявляется также и исследованиями колебаний нагрузки в зависимости от потребляемой мощности двигателя привода исполнительного органа. Анализ этих зависимостей позволяет сделать вывод о том, что с увеличением потребляемой мощности ее колебания уменьшаются, в соответствии с этим уменьшаются и динамические нагрузки, определяющие режимы работы проходческого комбайна.

Установленная мощность  $N_{\text{уст}}$  (кВт) может быть определена по мощности привода исполнительного органа. Эти параметры связаны зависимостью вида

$$N_{\text{уст}} = aN_{\text{и.о.}} + b,$$

где  $a$  — коэффициент, равный 1,67;  $b$  — коэффициент, равный 10,158 при коэффициенте корреляции  $K = 0,903$ .

Кроме основных параметров (производительности, мощности привода исполнительного органа, установленной мощности и массы), большое значение при выборе конструктивной схемы проходческого комбайна играют удельные характеристики, в частности, удельные массы основных узлов.

У отдельных комбайнов (ПК-3 и ПК-3м) масса ходовой части составляет 43—45% от общей массы машины; масса такого узла у комбайна 4ПУ равняется 3900 кг. Масса шагающего механизма передвижения составляет приблизительно 18—20% от общей массы конструкции, что для комбайна массой 10000 кг составит примерно 2000 кг. Следовательно, в результате применения шагающего механизма передвижения при одинаковой практически маневренности обеспечивается меньшая масса и стоимость комбайна, достигается большая простота конструкции и улучшается ее надежность.

Этими достоинствами механизмов передвижения шагающего типа объясняется их применение в последних конструкциях проходческих комбайнов и «рипперов» фирм «Вестфалия-Люнен» (PVS, PVII), «Галлик-Добсон» и др.

Поскольку удельная масса погрузочных устройств различного типа практически одинакова (нагребающие лапы — 23—25%, кольцевой конвейер — 19—21%), то, с учетом преимуществ нагребающих лап по сравнению с кольцевым конвейером, для комбайнов со стреловидным исполнительным органом предпочтение следует отдавать погрузочным устройствам в виде нагребающих лап.

Перспективным является уменьшение удельной массы электрооборудования за счет уменьшения числа электродвигателей, увеличения их мощности и более широкого использования гидродвигателей в качестве приводов исполнительного органа, ходовой части и погрузочных устройств. Это положение подтверждается опытом создания отечественных комбайнов 2ПУ, 4ПУ и зарубежных MRH-40 и MRH-40A (Япония), «Бретби», «Гриксайд» (Англия) и др.

Исследования производительности проходческих комбайнов и комплексов, выполненные по изложенной методике, позволили произвести оценку технического уровня существующих проходческих комбайнов, разработать рекомендации по их совершенствованию и установить основные требования к вновь разрабатываемым проходческим комбайновым комплексам.

Анализ удельного веса масс отдельных узлов различных проходческих комбайнов позволил разработать рекомендации по

выбору конструктивной схемы комбайна комплекса проходческого оборудования для ствольных условий проведения выработок в Промышленско-Хиславском районе Кузбасса.

#### 4.2. Исследование устойчивости проходческих комбайнов

Опыт эксплуатации проходческих комбайнов со стреловидным исполнительным органом показал, что наряду с известными достоинствами они обладают существенным недостатком — малой устойчивостью в процессе работы, что приводит к значительным отклонениям проводимых с их помощью выработок от заданного направления. Расширение области и объема применения комбайнов этого типа, улучшение их эксплуатационных качеств, от которых зависят точность и скорость проведения подготовительных выработок, связано с решением вопроса их устойчивости.

Под устойчивостью проходческих комбайнов понимается способность последних перемещаться в заданном направлении без накопления угловых отклонений и параллельных курсу смещений. Для увеличения устойчивости существующих и разработки проходческих комбайнов с избирательным исполнительным органом, обладающих необходимой устойчивостью, а также для создания на их базе полностью автоматизированных проходческих комплексов были проведены аналитические и экспериментальные исследования устойчивости.

Аналитические исследования включали разработку и анализ математической модели проходческого комбайна, представленной линейными дифференциальными уравнениями движения. Детальный анализ динамической системы «проходческий комбайн» производился матричным методом линейной теории колебаний. По уравнениям движения рассчитывались параметры динамической системы, характеризующие устойчивость комбайна. Результаты аналитических вычислений сравнивались с данными, полученными при проведении экспериментов. Правильность теоретических предположений и точность зарегистрированных параметров движения определялись степенью расхождения результатов.

Экспериментальные исследования в шахтных и лабораторных условиях были проведены на проходческих комбайнах ПК-3м, ПК-3, 4ПУ и экспериментальном комбайне ПУ. В результате анализа работы проходческих комбайнов выявлены характеризующие их динамическую устойчивость основные параметры, которые подразделены на группы, определяющие их значение, характер и направление действия:

входные неуправляемые параметры (сопротивляемость угля резанию  $A$ , скорость резания  $v_p$  и сила трения гусениц комбайна о почву  $R_n$ );

входные управляемые параметры (скорость подачи исполнительного органа на забой  $v_a$ , давление в сливной магистрали  $P_c$ , угол поворота исполнительного органа в горизонтальной плоскости  $\varphi$ );

входные непрерывно контролируемые параметры, качественно

и количественно характеризующие устойчивость движения комбайна (угол  $\alpha$  и скорость  $\omega$ , поворота продольной оси симметрии машины, величина  $X_n$  и скорость  $v_n$  параллельного смещения комбайна относительно заданного направления);

Закономерности, определяющие устойчивость комбайна, и статические характеристики выявлялись по установленным уравнениям статических взаимосвязей между зависимыми и независимыми параметрами.

При экспериментальных исследованиях изменялись значения  $v$ ,  $P_c$ ,  $\varphi$ . В процессе экспериментов производилось осциллографирование мощности  $N$  и тока  $I$ , потребляемых двигателем исполнительного органа, момента, разворачивающего комбайн в горизонтальной плоскости,  $M_n$ , скорости подачи  $v_a$ , угла поворота  $\varphi$ , давления в сливной  $P_c$  и напорной  $P_n$  магистралях, угла поворота  $\alpha$  и других параметров. Исследования проводились при нормальной работе комбайна, экстренном стопорении и упоре исполнительным органом в забой без резания.

Для измерения параметров, определяющих динамические свойства комбайнов, разработано специальное устройство для замеров смещения комбайнов (УЗСК), которое позволило проводить исследование динамики проходческих комбайнов любых типов в лабораторных и шахтных условиях [25]. Динамические характеристики определялись методом кривых разгона, их проверка и уточнение — методом статистической динамики. Импульсные переходные функции объекта были получены с применением ЭВМ «Минск-14» и описаны рядами Фурье.

Входным параметром являлся момент  $M_n$  (скорость  $v_a$ ), выходным — угловые смещения  $\alpha$ .

В шахтных условиях проводились исследования динамической устойчивости комбайна ПК-3 при проведении вентиляционного штрека площадью поперечного сечения  $6 \text{ м}^2$  по пласту трещиноватого угля с  $T=1$  по шкале проф. М. М. Протоdjeяконова; измерялись и регистрировались осциллографом Н-700 РВИ перемещения комбайна относительно оси выработки ( $\alpha$ ,  $X_n$ ) и давления в гидросистеме комбайна ( $P_n$ ,  $P_c$ ) при  $v_a = \text{const}$ .

В результате экспериментальных исследований статических и динамических характеристик проходческого комбайна установлено, что статические зависимости между угловыми смещениями оси симметрии комбайна и скоростью подачи исполнительного органа на забой (рис. 18) могут быть представлены семейством кривых вида

$$\alpha = a_1 v_n + a_2 v_n^2,$$

где  $a_1$ ,  $a_2$  — коэффициенты, определяемые конструктивными параметрами комбайна.

Полученные зависимости позволили установить характер и величину поворота комбайна вокруг центра тяжести и определить коэффициенты передаточной функции комбайна как звена системы автоматического регулирования. Анализом статических характеристик установлено, что с изменением угла  $\varphi$  происходит

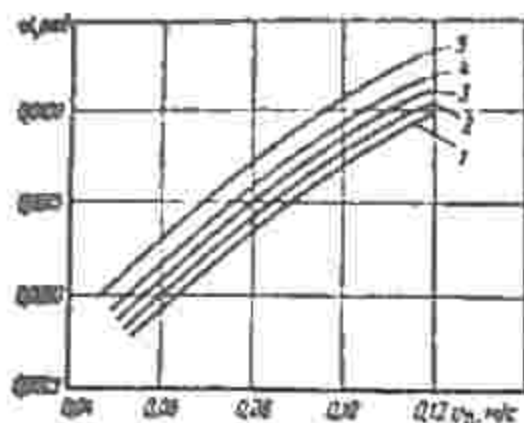


Рис. 18. Зависимость угловых смещений комбайна от скорости подачи в исполнительном органе  $v_n$  (кривые 1—5 соответствуют углу поворота исполнительного органа  $\varphi$ , соответственно равного 0; 0,28; 0,43; 0,67 и 0,88 рад)

изменении соотношения вращательного и поступательного движения, имеющих место при движении машины.

В результате анализа были обоснованы параметры регулирования комбайна — угловые и параллельные курсу смещения, необходимые при разработке системы автоматической стабилизации курса.

Для комбайнов ПК-3м (ПК-3) максимальные смещения достигают угловые — 0,15 рад, линейные — 0,12 м. За цикл обработки забоя, состоящий из четырех горизонтальных врубов, смещения составляют соответственно 0,02 рад и 0,03 м.

Установлено, что передаточная функция комбайна  $W_p$ , определенная методом кривых разгона по угловому смещению при входном возмущении  $v_n$ , может быть записана в виде

$$W_p = 0,018 \frac{1}{0,664p^2 + p}$$

Следовательно, проходческий комбайн может быть представлен инерционным интегрирующим звеном.

Для различных режимов ( $v_n = \text{var}$ ) методом статистической динамики определена импульсная переходная функция комбайна  $K_t$ , которая связана с передаточной функцией  $W_p$  преобразованием Фурье

$$W_p = \int_0^{\infty} e^{-st} K_t dt \quad \text{при } t > 0.$$

Функция  $K_t$  для  $v_n = 0,105$  м/с описывается уравнением

$$K_t = 0,00139 + 0,00062 \cos \omega t + 0,00011 \sin \omega t + \\ + 0,00108 \cos 2\omega t + 0,00029 \sin 2\omega t + \dots + 0,00006 \times \\ \times \sin 11\omega t + 0,00004 \cos 12\omega t.$$

Аналогичные функции  $K_t$  получены для случая, когда входным параметром являлся  $M_n$ . Анализ уравнений, описывающих функцию  $K_t$ , подтверждает, что комбайны с избирательным

исполнительным органом являются объектами, обладающими свойствами инерционного интегрирующего звена. Это указывает на отсутствие устойчивости комбайнов такого типа при проведении выработок в заданном направлении и подтверждает результаты, полученные методом кривых разгона. Кроме того, анализ функций  $K_t$  показал, что колебание комбайна в горизонтальной плоскости происходит в основном за счет периодических внешних возмущений, обусловленных взаимодействием исполнительного органа с забоем и корпуса комбайна на гусеничных тележках с почвой выработки. Уменьшение колебаний комбайна достигается уменьшением внешних нагрузок, частота которых зависит от числа оборотов режущей коронки.

Кроме того, было исследовано влияние скорости подачи исполнительного органа, давления в сливной магистрали гидросистемы и расположения гидроцилиндров подъема исполнительного органа на динамическую устойчивость комбайна, а также выбран привод подачи исполнительного органа.

Установлено, что при смещении комбайна — повороте в горизонтальной плоскости вокруг центра тяжести — происходят колебания угловой скорости  $\sigma$ , относительно ее средней величины. Величина колебаний угловой скорости оценивалась среднесquare отклонением скорости  $\sigma$ .

Исследованиями установлено, что зависимости  $\sigma = \sigma(P_c, v_n)$  могут быть представлены семействами кривых второго порядка, имеющих минимумы, которым соответствуют области максимальной устойчивости (рис. 19). Например, для скорости подачи  $v_n = 0,097$  м/с зависимость  $\sigma_1 = \sigma_1(P_c)$  может быть представлена уравнением

$$\sigma_1 = 0,1085 - 0,01828P_c + 0,000651P_c^2,$$

а зависимость  $\sigma_2 = \sigma_2(v_n)$  для  $P_c = 1,6$  МПа уравнением

$$\sigma_2 = 2,96 - 71,056v_n + 417,88v_n^2.$$

Эти зависимости позволили выявить закономерности (рис. 20), характеризующие устойчивость движения проходческих комбайнов

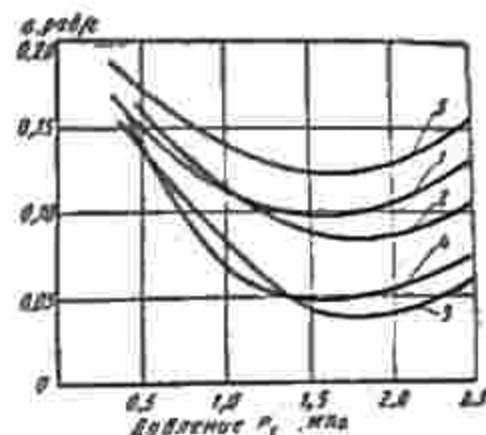


Рис. 19. Зависимость среднеквадратического отклонения угловой скорости поворота продольной оси гусеницы комбайна  $\sigma$  от изменения давления подпора в сливной магистрали гидросистемы (кривые 1—5 соответствуют скорости подачи  $v_n$  0,06; 0,686; 0,0846; 0,0971 и 0,11 м/с)

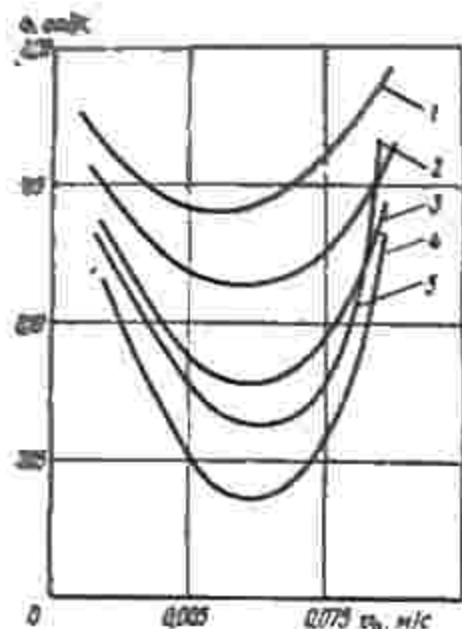


Рис. 20. Зависимость среднеквадратического отклонения угловой скорости поворота продольной оси симметрии комбайна  $\alpha$  от изменения скорости подачи  $v$  исполнительного органа на зуб (кривые 1—5 соответствуют давлениям 0,4; 0,75; 1,0; 1,5 и 2,4 МПа)

ния реакции забоя до точки поворота комбайна, м.

Общее решение уравнения, позволяющее определять угловые смещения:

$$\alpha = C_1 + C_2 e^{\frac{Rt}{J}} - \frac{\Omega}{R} + \frac{\Omega J}{R} - \frac{Ae^{-\lambda t}}{R^2 \lambda^2} \cos(\lambda t + \chi) \left(t - \frac{J}{R}\right); \quad (5)$$

$$C_1 = \frac{\Omega J}{R^2} \left(e^{\frac{Rt}{J}} - 1\right); \quad C_2 = -\frac{\Omega J}{R^2} e^{\frac{Rt}{J}}; \quad R = r_1 l_1^2 + r_2 l_2^2,$$

где  $r_1, r_2$  — коэффициенты пропорциональности, характеризующие зависимость силы сопротивления комбайна от скорости поворота, Н/м;  $l_1, l_2$  — расстояние от точек приложения усредненных сил трения до точки поворота комбайна — его центра тяжести, м;  $t$  — время, с;

$$A = F_{\text{уср}} a,$$

$F_{\text{уср}}$  — усредненная сила, связанная с упругостью гидросистемы, Н;  $a$  — постоянная величина, определяемая из начальных условий смещения колебательной системы, м;  $\lambda$  — частота колебаний, Гц;  $\chi$  — начальная фаза колебаний комбайна, рад.

Из формулы (5) следует, что периодический характер смещений комбайна зависит от коэффициента затухания в гидросистеме  $\nu$  и

ПК-3 как динамической системы. Коэффициент затухания в системе связан с величиной  $\alpha$  соотношением

$$\nu = K \frac{1}{\alpha},$$

где  $K$  — коэффициент пропорциональности.

Для определения  $\nu$  и  $\alpha$  составлено и решено уравнение моментов для центра массы комбайна с учетом упругости гидравлической системы:

$$J\ddot{\alpha} + R\dot{\alpha} + \Omega = Ae^{-\lambda t} \cos(\lambda t + \chi), \quad (4)$$

где  $J$  — момент инерции комбайна, кг·м<sup>2</sup>;  $R\dot{\alpha}$  — момент силы трения, Н·м;  $\Omega = -R_2 l$  — момент реакции забоя, Н·м;  $Ae^{-\lambda t} \cos(\lambda t + \chi)$  — момент, действующий на стрелу комбайна со стороны поршней гидродомкратов и зависящий от упругости гидросистемы, Н·м;  $l$  — расстояние от точки приложения

частоты колебания  $\lambda$  динамической системы «Проходческий комбайн». Коэффициент затухания в гидросистеме  $\nu$ , зависящий от скорости подачи рабочего органа на зуб и подпорного давления в сливной магистрали гидросистемы, может быть определен по формуле [73]

$$\nu = \nu_T = \frac{K_{im} K_n \frac{\sigma_n}{P_c}}{\left(K_{im} \frac{r_n}{P_c}\right)^2 + \lambda^2},$$

где  $K_{im}$  — коэффициент, зависящий от жесткости и массы системы;  $K_n$  — коэффициент, зависящий от жесткости и площади поршней.

Теоретические зависимости  $\sigma_T = \sigma_T(P_c)$ , где  $\sigma_T = K_T \frac{1}{\nu}$ , имеют тот же характер, что экспериментальные  $\sigma = \sigma(P_c)$ . Это говорит о правильности предположений, явившихся основой теоретических исследований, и указывает на то, что рассматриваемый объект — проходческий комбайн типа ПК-3 — необходимо представлять как многомассовую систему.

Анализ экспериментальных зависимостей  $\sigma = \sigma(P_c, v_n)$  показал, что комбайн имеет максимальную устойчивость при подпорном давлении в сливной магистрали  $P_c = (1,2 \div 1,6)$  МПа при скорости перемещения коронки по забою  $v = 0,085 \div 0,1$  м/с.

Решение уравнения моментов (4) с учетом упругости гидросистемы, динамики режущей коронки и корпуса комбайна имеет вид

$$\alpha = C_1 + C_2 e^{\frac{Rt}{J}} - K_2 [C_3 + (C_4 \cos \omega t + C_5 \sin \omega t) - (C_6 \cos 2\omega t + C_7 \sin 2\omega t)] \left(\frac{t}{R} - \frac{J}{R^2}\right) - \frac{e^{-\lambda t} A}{R \lambda^2} \left(t - \frac{J}{R}\right) \cos(\lambda t + \chi),$$

где  $K_2$  — постоянная, определяемая конструкцией режущей коронки;  $\Omega = [C_3 + \dots + C_7 \sin 2\omega t]$  — момент реакции забоя (Н·м), образующийся в результате взаимодействия режущей коронки исполнительного органа с забоем. Для описания характера изменения момента во времени он представлен в виде гармонического ряда Фурье;  $C_1, C_2, C_3, C_4, C_5, C_6, C_7$  — коэффициенты ряда Фурье.

Отсюда следует, что причиной колебаний комбайнов является наличие упругости гидросистемы и неравномерность распределения зубков в режущей коронке исполнительного органа. Возможно возникновение биений исполнительного органа и корпуса комбайна, что подтверждено данными лабораторных и шаттных исследований. Амплитуда биений при угловых смещениях продольной оси симметрии достигает 0,2 рад, параллельные смещения оси симметрии комбайна при биениях достигают 0,07—0,09 м.

Исследованиями установлено, что с ростом амплитуды колебаний комбайна, т. е. с увеличением  $\alpha$ , угловые смещения  $\alpha$  также растут. Зависимость  $\alpha = f(\alpha)$  является прямо пропорциональной. С увеличением  $\alpha$  от 0 до 0,2 рад  $\alpha$  изменяется от 0,035 до 0,12 рад.

Для улучшения рекомендаций по уменьшению интенсивности колебаний в гидравлической системе комбайна и, следовательно, увеличению ее устойчивости были проанализированы способы и основные этапы гидравлического цикла исполнительного органа, выбрана оптимальная конструкция условий работы и предъявляемым требованиям к ней гидравлической системы. Одновременно было определено влияние параметров основных элементов гидросистемы (подпорного клапана, клапана закрытия) на динамическую устойчивость системы. Выбранная гидросистема (с насосом постоянной подачи, регулируемой скоростью, включенным и отключенным от насосной магистрали, и подпорным клапаном на «выходе») исследована на устойчивость с использованием критериев Рауса — Гурвица. Динамические процессы в гидравлической системе комбайна могут быть описаны упрощенным уравнением [72]

$$x + \frac{1}{m} \left[ (\rho + \xi) + \frac{I_a m}{2A} \right] \dot{x} + \frac{I_a}{2ADm} \left[ \frac{s_2^2}{I_a} \left( 1 + \frac{As_1^2}{Ds_2^2} \right) + (\rho + \xi) \right] x + \frac{I_a s_1^2}{4ADm} x = C, \quad (6)$$

где  $x$ ,  $\dot{x}$ ,  $\ddot{x}$ ,  $\dot{\ddot{x}}$  — перемещение, скорость, ускорение и изменение ускорения поршня гидродомкрата, м; м/с; м/с<sup>2</sup>; м/с<sup>3</sup>;  $I_a$  — податливость подпорного клапана, м<sup>5</sup>/Н·с;  $m$  — масса перемещающихся частей гидротрансмиссии, кг;  $AD$  — коэффициенты, определяющие деформацию жидких звеньев, заключенных соответственно в рабочей и сливной полостях гидросистемы, м<sup>5</sup>/Н;  $\rho$ ,  $\xi$  — тангенсы углов наклона характеристик сил сопротивления, Н·с/м;  $s_1$  — площадь поперечного сечения поршня гидродомкрата, м<sup>2</sup>;  $s_2$  — площадь поперечного сечения поршня сливной полости гидродомкрата, м<sup>2</sup>.

Согласно критериям Рауса — Гурвица, система устойчива при положительных значениях коэффициентов уравнения (6) и в том случае, если при  $(\rho + \xi) < 0$  выполняется условие

$$|\rho + \xi| < \left[ \frac{I_a m}{4A} + \frac{s_2^2}{2I_a} \left( 1 + \frac{As_1^2}{Ds_2^2} \right) \right] - \sqrt{\left[ \frac{I_a m}{4A} + \frac{s_2^2}{2I_a} \left( 1 + \frac{As_1^2}{Ds_2^2} \right) \right]^2 - \frac{ms_1^2}{2A}}.$$

На основании этого неравенства сделан вывод, что динамика системы улучшается с повышением массы  $M$  и податливости клапана  $I_a$ . Так как увеличение устойчивости гидросистемы путем повышения жесткости клапана приводит к нежелательным энергетическим затратам на преодоление усилия пружины подпорного клапана, то увеличение жесткости клапана необходимо вести за счет повышения его демпфирующих свойств. Исходя из этого, при разработке гидросистем проходческих комбайнов следует рекомендовать применение подпорных клапанов с гидравлическими демпферами.

Вертикальные колебания комбайна, обусловленные изменяющимся моментом на вращающемся рабочем органе и упругостью гидросистемы, осуществляющей изменение положения исполнительного органа в вертикальной плоскости, являются причиной изменения давления на почву, что влечет за собой изменение силы трения. С учетом силы трения  $F_{тр} = \mu P(t) \cos \varphi$  и дополнительной смещающей силы  $P(t) \sin \varphi \sin \omega t$ , возникающей при повороте исполнительного органа на угол  $\varphi$ , уравнение моментов может быть записано в упрощенном виде

$$J \ddot{\alpha} + [\mu P(t) \cos \varphi - P(t) \sin \varphi] \times \times \sin \varphi / I_a = \Phi(t), \quad (7)$$

где  $P(t) \cos \varphi$  — нормальная составляющая давления на почву, Н;  $\varphi$  — угол между нормалью к горизонтальной плоскости и осью гидродомкрата вертикального подъема, рад;  $\mu$  — коэффициент трения.

Здесь  $\Phi(t)$ , ввиду периодического характера внешних возмущений, принимается равным  $b \cos \omega t$  ( $b$  — амплитуда колебаний, м),  $\omega$  — частота, с<sup>-1</sup>;  $t$  — время, с.

Результат решения уравнения (7) имеет вид

$$\alpha = \frac{b}{G \cos \varphi} \ln \frac{\cos \varphi}{G} (1 + b^2 \cos^2 \varphi),$$

где  $G$  — величина, определяемая моментом инерции комбайна  $J$ , плечом приведенной силы трения относительно центра тяжести комбайна  $l$  и коэффициентом симметрии скорости смещения  $\lambda$  в силу трения  $F_{тр}$ .

В результате решения этого уравнения на ЭВМ были получены зависимости  $\alpha = f(\varphi)$  (рис. 21). Анализ их позволил дать рекомендации по расположению гидравлических домкратов подъема исполнительного органа. Увеличение устойчивости комбайна обеспечивается при

$$-\frac{\pi}{3} < \varphi < +\frac{\pi}{3}.$$

Выводы аналитических исследований подтверждены результатами экспериментов на комбайне ПУ, где  $\varphi$  устанавливался равным 0,0522; 0,5242; 0,974 и 1,271 рад.

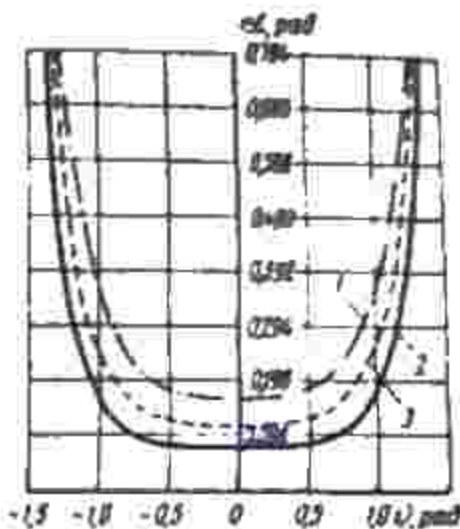


Рис. 21. Теоретическая зависимость угловый смещения продольной оси симметрии комбайна  $\alpha$  от изменения положения гидродомкратов подъема исполнительного органа в вертикальной плоскости.

1, 2 — эксперимент, зависимость углов от конструкции машин соответственно для  $\mu=0,1$  и  $\mu=0,15$ ; 3 — теоретическая зависимость



При аналитических исследованиях динамических процессов, имеющих место в процессе работы проходческого комбайна, комбайн был представлен трехмассовой динамической системой (исполнительный орган с поворотной колонкой, корпус комбайна и гусеницы).

Дифференциальные уравнения движения в матричной форме имеют вид

$$M(\ddot{q}) + C(\dot{q}) + K(q) = (T),$$

где  $M = [J_{ij}]$  — инерционная матрица;  $C = [C_{ij}]$  — матрица крутильного демпфирования;  $K = [K_{ij}]$  — матрица угловой жесткости;

$$\{\ddot{q}\} = \begin{bmatrix} \ddot{q}_1 \\ \ddot{q}_2 \\ \ddot{q}_3 \end{bmatrix}; \{\dot{q}\} = \begin{bmatrix} \dot{q}_1 \\ \dot{q}_2 \\ \dot{q}_3 \end{bmatrix}; \{q\} = \begin{bmatrix} q_1 \\ q_2 \\ q_3 \end{bmatrix} \text{ — обобщенные координаты;}$$

$$\{T\} = \begin{bmatrix} T \cos \omega t \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} \text{ — обобщенные возмущающие крутящие моменты.}$$

В развернутом виде эти уравнения запишутся так:

$$\begin{bmatrix} J_1 & 0 & 0 \\ 0 & J_2 & 0 \\ 0 & 0 & J_3 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \ddot{q}_1 \\ \ddot{q}_2 \\ \ddot{q}_3 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} C_1 \\ C_2 \\ C_3 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \dot{q}_1 \\ \dot{q}_2 \\ \dot{q}_3 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} K_1 & -K_1 & 0 \\ -K_1 & K_1 + K_2 & -K_2 \\ 0 & -K_2 & K_2 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} q_1 \\ q_2 \\ q_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} T \cos \omega t \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}.$$

Коэффициенты инерции, крутильного демпфирования и угловой жесткости определялись для комбайна ПК-3 аналитически и экспериментально. Для динамических расчетов принимались следующие значения коэффициентов:

$$J_1 = 1,84 \cdot 10^3 \text{ кг} \cdot \text{м}^2; C_1 = 17,24 \cdot 10^6 \text{ Н} \cdot \text{м} \cdot \text{с/рад};$$

$$K_1 = 7,1 \cdot 10^6 \text{ Н} \cdot \text{м/рад};$$

$$J_2 = 13 \cdot 10^3 \text{ кг} \cdot \text{м}^2; C_2 = 1,1 \cdot 10^6 \text{ Н} \cdot \text{м} \cdot \text{с/рад}; K_2 = 27,5 \cdot 10^6 \text{ Н} \cdot \text{м/рад};$$

$$J_3 = 1,24 \cdot 10^3 \text{ кг} \cdot \text{м}^2; C_3 = 3,31 \cdot 10^6 \text{ Н} \cdot \text{м} \cdot \text{с/рад}; T = 3,5 \cdot 10^4 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Общее решение уравнения движения  $\{q\} = \{q_0\} + \{q_1\}$  состоит из общего решения однородных уравнений  $\{q_0\}$ , определяющих собственные колебания системы, и из частного решения неоднородных уравнений  $\{q_1\}$ , определяющих вынужденные колебания системы. Поскольку  $\{q_0\} = 0$ , то  $\{q\} = \{q_1\}$ . Следовательно, общим решением уравнений движения является частное решение неоднородных уравнений, которое может быть записано в виде

$$\begin{bmatrix} a_1 \\ a_2 \\ a_3 \end{bmatrix} = \text{Re } e^{i\omega t} \begin{bmatrix} J_1 \omega_1^2 + C_1 \omega_1 + K_1 & & -K_1 & 0 \\ & -K_1 & J_2 \omega_2^2 + C_2 \omega_2 + K_1 + K_2 & -K_1 \\ & 0 & & -K_2 J_3 \omega_3^2 + C_3 \omega_3 + K_2 \\ \hline J_1 \omega_1^2 + C_1 \omega_1 + K_1 & & -K_1 & 0 \\ -K_1 & J_2 \omega_2^2 + C_2 \omega_2 + K_1 + K_2 & -K_1 & \\ 0 & & -K_2 & J_3 \omega_3^2 + C_3 \omega_3 + K_2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} T \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} \quad (8),$$

где  $a_1, a_2, a_3$  — амплитуда угловых колебаний соответственно исполнительного органа, корпуса комбайна и гусеничных цепей, рад;  $\omega_1, \omega_2, \omega_3$  — круговые частоты колебаний соответственно исполнительного органа, корпуса комбайна и гусеницы, рад/с.

Анализ этого решения показал, что уменьшение колебаний комбайна может быть достигнуто изменением коэффициентов  $J_1, J_2, J_3, C_1, C_2, C_3, K_1, K_2$ . Так как коэффициенты  $C_1$  и  $K_1$  характеризуются параметрами гидросистемы ( $\nu, P_c, v_n$ ), то уменьшение колебаний и, следовательно, повышение устойчивости комбайна может быть достигнуто подбором этих параметров. Коэффициенты  $C_2$  и  $K_2$  зависят от конструктивного исполнения гусеничных тележек. Для увеличения устойчивости необходимо увеличить демпфирование ( $C_2$ ) и уменьшить жесткость ( $K_2$ ) между корпусом и гусеницами комбайна. Коэффициент  $C_3$  определяет сцепление гусеницы с почвой. Влияние коэффициента  $C_3$  на систему позволяет рекомендовать увеличение коэффициента сцепления траков гусеницы с почвой.

Анализ решения системы однородных уравнений  $\{q_0\}$  показывает, что наибольшее значение в возбуждении колебаний комбайна имеет изменение момента на режущей коронке исполнительного органа. Кроме того, для рассматриваемой системы (комбайна типа ПК-3) большое значение имеет упругость гидросистемы, что подтверждается экспериментальными исследованиями.

Для уменьшения динамичности нагрузки на коронку, что необходимо для увеличения устойчивости комбайна, разработан и исследован на стенде уравновешенный исполнительный орган, выполненный в виде фрезерной головки с четырьмя режущими дисками.

#### 4.3. Разработка и совершенствование исполнительных органов проходческих комбайнов

*Динамика привода исполнительных органов\**. Опыт эксплуатации проходческих комбайнов со стреловидным исполнительным органом показывает, что исполнительный орган комбайнов имеет

\* Написано совместно с канд. техн. наук П. М. Ларичкиным.

недостаточную мощность привода для разрушения крепких и вязких углей, большую энергоемкость, повышенную динамичность в процессе эксплуатации, снижающую надежность работы и долговечность исполнительного органа, его элементов и комбайна в целом. Анализ распределения отказов по основным механизмам и узлам комбайнов показывает, что от 18,7 до 41,5% всех отказов приходится на привод исполнительного органа, а среднее время восстановления этих отказов в большинстве случаев превышает среднее время восстановления отказа по комбайну. В ряде случаев полученный с завода-изготовителя проходческий комбайн до спуска в шахту приходится частично реконструировать — усиливать некоторые узлы, изменять детали и т. д. При этом реконструкция происходит без учета статических и динамических характеристик привода исполнительного органа, которые в основном определяют распределение нагрузок в узлах привода, создают резонансные режимы работы, влияющие на усталостную прочность деталей и узлов, снижающие надежность и долговечность работы комбайна.

В работах по динамике горных машин [26] — [39] установлены общие закономерности процессов разрушения различных горных пород и индивидуальные особенности взаимодействия исполнительных органов горных машин с забоем. Установлено, что коэффициенты вариации показателей прочностных свойств для горных пород в 4—6, а иногда в 10—15 раз выше, чем для металлов. Это обусловлено наличием в породах разнообразных неоднородностей, анизотропией слагающих кристаллитов, различной прочностью связей между зернами и т. д. Само собой разумеется, что работа породоразрушающих машин уже по одной только причине высокой неоднородности разрабатываемой среды будет представлять стохастический процесс. Этот процесс характеризуется основными параметрами: математическим ожиданием, дисперсией, корреляционной функцией и спектральной плотностью нагрузок в элементах горных машин. Распределение нагрузок в элементах горных машин обуславливается их динамическими характеристиками — собственными частотами и формами колебаний, амплитудно-частотными характеристиками и диссипативными свойствами.

Анализ факторов, определяющих характер взаимодействия исполнительных органов с забоем, позволяет обосновать целесообразность определения и исследования динамических нагрузок исполнительных органов проходческих комбайнов с различным типом передвижения и изучения динамических характеристик, влияющих на распределение нагрузок в приводе. Для этого были проведены исследования привода исполнительного органа стреловидного типа, включающего электродвигатель, трансмиссию, стрелу и режущую коронку проходческих комбайнов на гусеничном ходу ПК-3, ПК-3м, 4ПУ и с механизмом передвижения распорношагающего типа СРПК, КРС-1 (КРС-2) и КН-5Н. Шахтные испытания проводились на шахтах «Чертинская-Южная», «Нагорная», «Байдаевская», «Кузбасская», «Тырганская».

Исполнительные органы комбайнов ПК-3, 4ПУ и экспериментальные образцы уравновешенного исполнительного органа с фрезерными дисками исследовались на углецементном блоке размером 10 × 6 × 2,5 м.

Экспериментальные исследования статических и динамических характеристик привода исполнительных органов, а также исследование демпфирующего устройства проведены на специальном стенде, изготовленном экспериментальным заводом КузНИИУ. Основным видом измерений являлось тензометрирование.

Аналитические исследования влияния параметров привода исполнительных органов на собственные частоты, формы колебаний и амплитудно-частотные характеристики проведены по эквивалентным расчетным схемам исполнительных органов проходческих комбайнов. Привод исполнительного органа комбайна ПК-3м представлен семимассовой эквивалентной схемой, 4ПУ — четырехмассовой. Уменьшение числа колеблющихся масс до двух произведено по известной методике Е. Н. Ривина [70].

Обработка результатов экспериментов и проведение аналитических исследований осуществлялось с помощью ЭВМ «Напри-2» по разработанным для этих целей программам.

В результате обработки экспериментальных данных установлено, что распределение нагрузок в приводе исполнительных органов проходческих комбайнов в значительной мере отличается от нормального закона распределения. В распределении нагрузок наблюдаются провалы, которые характерны для гармонической функции. Такой вид распределений нагрузок объясняется наличием периодических неслучайных составляющих нагрузок в приводе, обусловленных конструктивными особенностями исполнительных органов и числом оборотов коронки. Влияние периодических составляющих на характер распределения нагрузок особенно проявляется в приводе исполнительного органа комбайна с распорношагающим механизмом передвижения (СРПК, КРС-1), где доля этих составляющих значительна. Установлено, что корреляционные функции мощности (рис. 22), потребляемой двигателем исполнительного органа, аппроксимируются уравнением

$$R(\tau) = D_1 e^{-\alpha \tau} + D_2 \cos \beta_1 \tau + D \cos \beta_2 \tau,$$

описывающим случайную и периодическую составляющую нагрузок. На случайную составляющую нагрузок для комбайнов ПК-3,

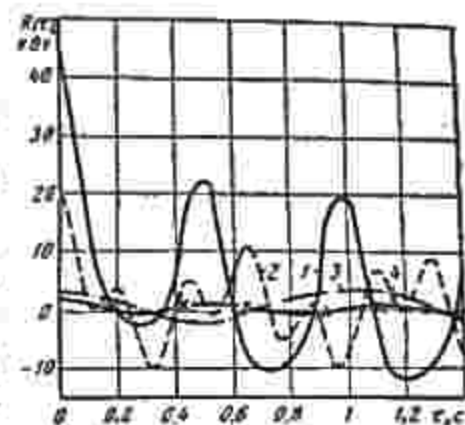


Рис. 22. Корреляционные функции мощности двигателей исполнительных органов проходческих комбайнов: 1 — 4ПУ; 2 — ПК-3м; 3 — СРПК; 4 — с исполнительным органом типа фрезерных дисков

ПК-3м и 4ПУ приходится 55—60% общей дисперсии нагрузок, а на периодические составляющие — 40—45%, из которых большая часть (25—30%) приходится на круговые частоты 10—13  $\text{с}^{-1}$  и меньшая — на частоты 25—35  $\text{с}^{-1}$ .

Преобладающие периодические нагрузки с частотами 10—13  $\text{с}^{-1}$  обуславливаются частотой вращения режущих коронок, а с частотами 25—35  $\text{с}^{-1}$  — особенностями конструкций коронок, типом зубурика и расположением резов.

Для комбайнов с распорно-шагающим механизмом передвижения дисперсия случайных составляющих нагрузок в приводе исполнительного органа уменьшается и составляет 25—27% общей дисперсии, а три четвертых всей дисперсии приходится на периодические нагрузки, что объясняется большей устойчивостью комбайнов с распорно-шагающим механизмом передвижения по сравнению с комбайнами ПК-3м и 4ПУ.

Анализ динамичности нагрузок экспериментального образца уравновешенного исполнительного органа с фрезерными дисками, созданного КузНИИИ, показал, что дисперсия периодических нагрузок снизилась до 38%, а общая динамичность нагрузки в приводе, оцениваемая среднеквадратическим отклонением, уменьшилась по сравнению с нагрузками на исполнительных органах комбайнов ПК-3, ПК-3м и 4ПУ в среднем на 70—75%, что говорит о верном конструктивном решении с целью уменьшения динамичности нагрузок в приводе.

Анализ зависимостей крутящих моментов нагрузок от угла поворота ротора электродвигателя позволил определить жесткости отдельных узлов исполнительных органов комбайнов ПК-3, ПК-3м и 4ПУ. На основании полученных данных и кинематических схем исполнительных органов динамические системы приводов проходческих комбайнов представлены многомассовыми приведенными схемами, которые позволили наиболее полно исследовать динамику привода исполнительного органа.

Экспериментальными исследованиями установлено, что максимумы амплитудно-частотных характеристик трансмиссий исполнительных органов комбайнов (рис. 23) соответствуют частотам 47—49  $\text{с}^{-1}$  для комбайна 4ПУ, 52—56  $\text{с}^{-1}$  — для ПК-3м и 53—57  $\text{с}^{-1}$  — для ПК-3. Максимальные значения амплитудно-частотных характеристик изменяются от 2,7 до 3,3.

Анализ результатов эксперимента показал, что двигатели исполнительных органов проходческих комбайнов усиливают колебания на более низких частотах, чем трансмиссии. Значительное усиление нагрузок с такой частотой приводит к резкому увеличению динамичности исполнительного органа, возникновению опасных резонансных нагрузок и снижению устойчивости комбайна. Практический интерес представляют исследования влияния параметров привода только на первую и вторую собственные частоты (рис. 23) и формы крутильных колебаний исполнительных органов.

Исследованиями установлено, что на первую собственную частоту (рис. 24, а) крутильных колебаний исполнительного органа

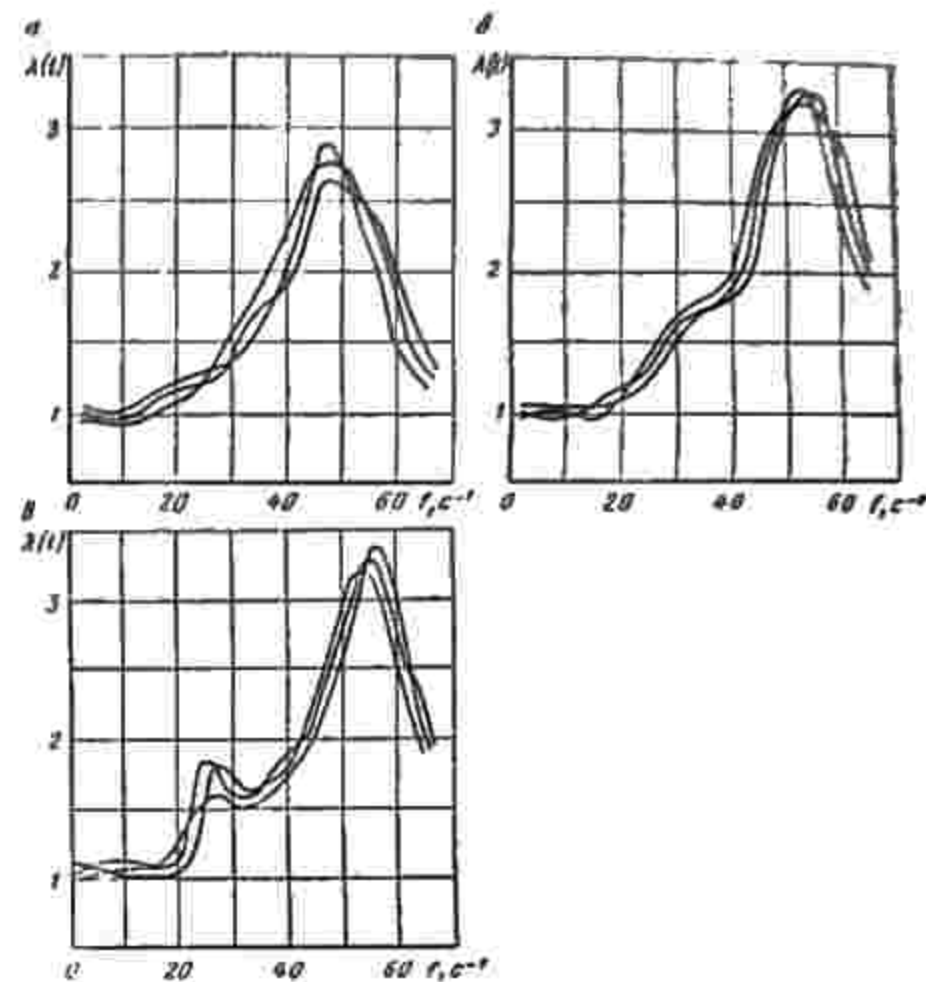


Рис. 23 Экспериментальные амплитудно-частотные характеристики трансмиссий исполнительных органов проходческих комбайнов  
а — 4ПУ; б — ПК-3м; в — ПК-3

комбайна 4ПУ наиболее сильное влияние оказывают момент инерции коронки, жесткость стрелы и второй ступени редуктора, практически не меняя вторую собственную частоту колебаний. Вторая частота (рис. 24, б) значительно зависит от изменения момента инерции и жесткости первой ступени редуктора.

Для комбайна ПК-3м на первую собственную частоту основное влияние оказывают изменения момента инерции коронки и жесткости стрелы исполнительного органа. Остальные параметры привода влияют только на вторую собственную частоту колебаний.

При первой форме колебаний с наибольшей амплитудой колеблются коронки исполнительных органов, а при второй форме колебаний — элементы трансмиссий. При этом амплитуда колебаний промежуточных масс во много раз превышает амплитуду колебаний коронки. Исследования показывают, что рациональный выбор

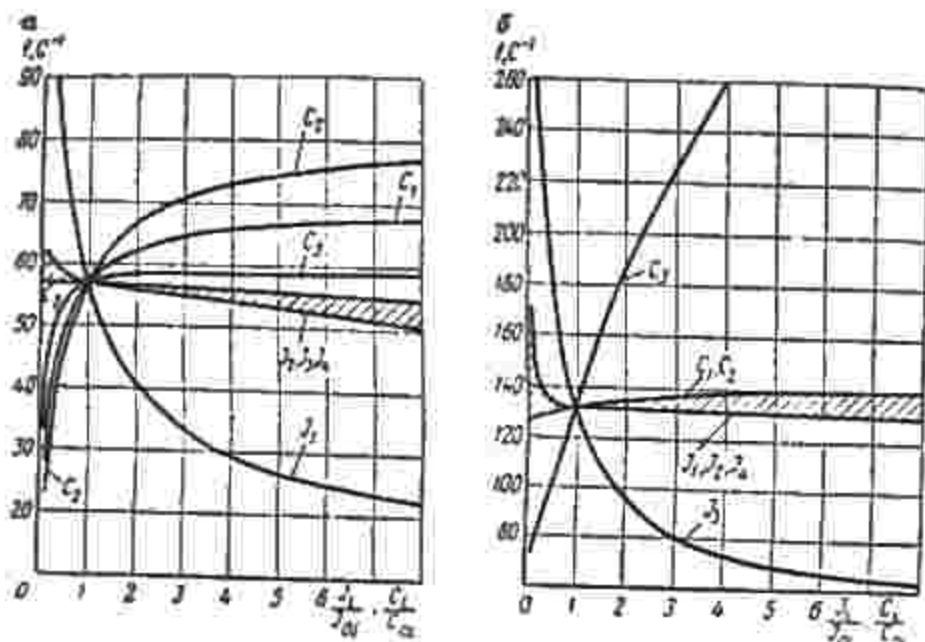


Рис. 24. Зависимости собственных частот крутильных колебаний исполнительного органа проходческого комбайна 4ПУ от изменения его параметров:

$J_1$  — момент инерции коронки;  $J_2$ ,  $J_3$  — моменты инерции первой и второй ступеней редуктора;  $J_4$  — момент инерции ротора двигателя;  $C_1$  — жесткость стрелы;  $C_2$ ,  $C_3$  — жесткость соответствующих первой и второй ступеней редуктора

отдельных элементов трансмиссий позволяет уменьшить амплитуды колебаний в 3—4 раза. Влияние параметров двигателей на динамические характеристики системы привода исполнительного органа проходческих комбайнов исследовано в результате решений дифференциальных уравнений движения двух связанных парциальных систем: системы двигателя и системы привода без учета электромагнитных свойств двигателя. Взаимное влияние этих систем друг на друга оценивается коэффициентом связности. Коэффициент связности тем больше, чем ближе друг к другу парциальные частоты рассматриваемых систем. При больших значениях коэффициента связности демпфирование привода может увеличиться в несколько раз за счет демпфирующих свойств электродвигателя. Как показали исследования, для стреловидных исполнительных органов проходческих комбайнов коэффициент связности очень мал (менее 0,1).

В связи с малостью коэффициента связности рассмотренных динамических систем амплитудно-частотные характеристики трансмиссий и двигателей, полученные при учете электромагнитных свойств двигателей, практически не отличаются от теоретических, рассчитанных отдельно для двигателей и трансмиссий, и хорошо согласуются с экспериментальными. Однако величина и положение максимумов этих характеристик будут меняться от изменения электромеханических параметров привода исполнительного органа.

Исследовано влияние критического момента, критического скольжения и момента инерции ротора электродвигателя, жесткости трансмиссии и момента инерции коронки исполнительного органа на величину и положение максимумов амплитудно-частотных характеристик трансмиссии и двигателя. Исследования показали, что для уменьшения нагрузок в двигателе последние нужно выбирать по возможности с большим критическим скольжением, а в трансмиссии следует увеличить коэффициент демпфирования.

Основными путями снижения динамических нагрузок являются: выбор рациональных значений и распределений маховых масс; выбор рациональных значений податливостей упругих элементов трансмиссии; выбор рациональных параметров двигателя; совершенствование конструкции исполнительного органа для уменьшения кинематических составляющих нагрузки; использование демпфирующих элементов; использование распорно-шагающего механизма передвижения комбайна.

Оценивая снижение динамических нагрузок в приводе стреловидных исполнительных органов проходческих комбайнов при одновременном использовании рассмотренных средств, установлено, что динамичность случайных составляющих нагрузок (в среднеквадратических отклонениях) снижается на 58—61%, периодических — на 66—68%, и в резонансных режимах — на 74—77%. Исследованиями установлено, что общая динамичность нагрузок на исполнительных органах при внедрении предложенных рекомендаций снижается для комбайнов на гусеничном ходу в среднем на 63%, для комбайнов с распорно-шагающим механизмом передвижения — на 66%, что позволит уменьшить в 3 раза долю отказов, приходящихся на исполнительные органы проходческих комбайнов.

Поскольку привод исполнительного органа представляет собой динамическую систему с наличием зазоров в передачах, были исследованы условия работы привода без раскрытия зазоров в передачах. Исполнительный орган представлен двухмассовой расчетной системой с зазорами в передачах:

$$\frac{J_1 J_2}{J_1 + J_2} \ddot{\theta} + C\dot{\theta} + K\theta = -\frac{J_2}{J_1 + J_2} (M + M_{тр}),$$

где  $\theta = \varphi_1 - \varphi_2$  — относительное смещение масс  $J_1$  и  $J_2$ , рад;  $\varphi_1$ ,  $\varphi_2$  — углы поворота коронки и ротора, рад;  $J_1$ ,  $J_2$  — моменты инерции коронки и ротора двигателя, кг·м<sup>2</sup>;  $C$  — коэффициент демпфирования привода, Н·м·с/рад;  $K$  — жесткость трансмиссии привода, Н/рад;  $M$ ,  $M_{тр}$  — моменты сил резания и трения в опорах, действующих на коронку, Н/м.

Возмущающий момент  $M$  принят в виде суммы постоянной и переменной составляющих нагрузок.

Как показали расчеты, привод исполнительного органа проходческого комбайна 4ПУ в большинстве случаев работает с раскрытием зазоров. Для улучшения работы привода необходимо установить демпфирующее устройство между режущей коронкой и

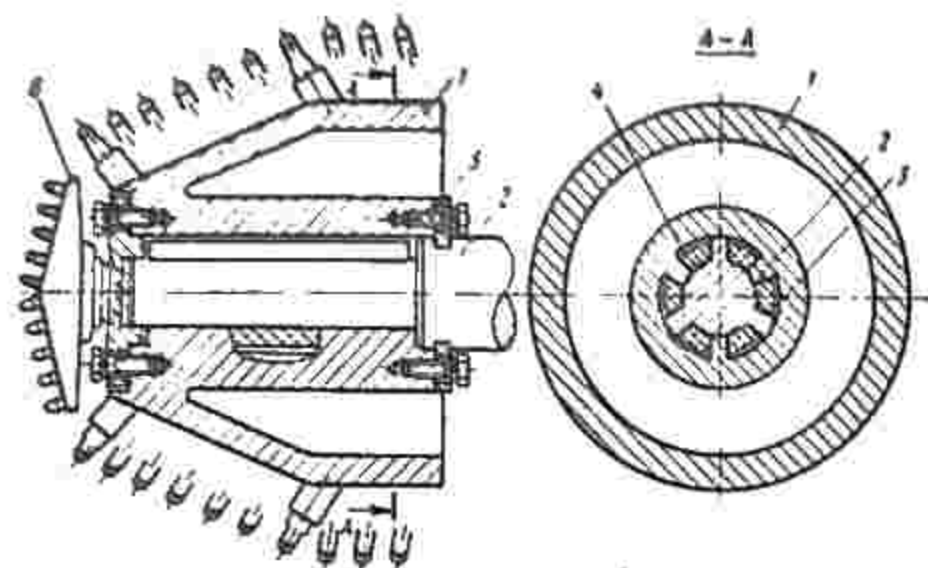


Рис. 25. Схема режущей коронки исполнительного органа комбайна с демпфирующим устройством

редуктором, увеличить мощность двигателя и обрабатывать забой при полном заглублении коронки.

Для уменьшения резонансных нагрузок в приводе, улучшения диссипативных свойств исполнительного органа и его динамических характеристик разработано демпфирующее устройство и определено место его установки. Схема коронки исполнительного органа комбайна с демпфирующим устройством изображена на рис. 25. Выходной вал редуктора 2 и коронка 1 имеют ряд шлицов (в данном случае по 3 шт.), между которыми находится демпфирующие элементы 3, имеющие форму усеченного цилиндрического сектора. Демпфирующие элементы могут быть изготовлены из технической резины, которая запечатывается в металлические обоймы 4. Для обеспечения демпфирующих свойств элементы 3 имеют высоту, меньшую высоты шлица. Режущая коронка 1 удерживается от осевого смещения на валу 2 стопорными полукольцами 5. Забурник 6 крепят к торцовой части коронки 1 болтами. Переменные нагрузки, возникающие в результате взаимодействия режущего инструмента коронки с забоем, передаются на вал 2 редуктора через демпфирующие элементы 3, чем обеспечивается снижение динамичности нагрузок в элементах привода исполнительного органа, уменьшается амплитуда крутильных колебаний при резонансе и в околорезонансной зоне.

Демпфирующее устройство испытано на динамическом стенде. Установлено, что оно может обеспечить коэффициент демпфирования в 2,5—3 Н·м·с/рад, что позволит снизить динамичность нагрузок на 30—40%.

Исследованиями установлена необходимость увеличения мощности двигателя привода исполнительного органа. Оптимальная

величина мощности дополнительно обоснована на основании анализа зависимостей между основными техническими характеристиками проходческих комбайнов со стреловидным исполнительным органом. Проводился анализ зависимостей энергоемкости, производительности и мощности двигателя привода исполнительного органа от скорости поперечной подачи при различной глубине вруба. Внедрение изложенных мероприятий обеспечивает эксплуатацию стреловидного исполнительного органа с большим по сравнению с существующими уровнем безотказности и уменьшает динамические нагрузки.

*Разработка и исследование уравновешенного исполнительного органа\**. На основе результатов анализа опыта применения существующих конструкций исполнительных органов отечественных и зарубежных проходческих комбайнов было определено, что наиболее полно требованиям минимальной энергоемкости, универсальности, уравновешенности и устойчивости отвечает исполнительный орган в виде дисковых фрез, производящих разрушение массива с поверхности забоя. КузНИИУ в 1968 г. был разработан экспериментальный исполнительный орган с четырьмя фрезами, попарно расположенными в вертикальной плоскости с двух сторон общего редуктора. Уравновешенность исполнительного органа в вертикальной плоскости достигается за счет встречного вращения фрез, благодаря чему улучшается устойчивость комбайна, так как на стрелу исполнительного органа в этой плоскости действует разность моментов от усилия резания каждой фрезы.

Расчет параметров экспериментального исполнительного органа проводился на основании работ А. В. Докукина [40], А. И. Берона и др. [41, 42] для условий резания вязких углей.

Диаметр режущего диска, исходя из условия минимального числа заходов (две заходки в цикле) при проведении типовых выработок площадью поперечного сечения до 8 м<sup>2</sup>, был принят равным 0,65 м; расстояние между нижней и верхней точками кромок резов на исполнительном органе — 1,24 м. Число резов фрезерного диска из условия динамики процесса разрушения на основании [40, 41, 42] принято равным 10 (по 5 резов в каждом ряду). Расстояние между рядами резов согласно работе [41] принято равным 60 мм. Приняты резы конусные тангенциальные и И-79 с пластинкой ВК-8В с округленной режущей гранью шириной  $B=0,5$  см. Конструктивные параметры исполнительного органа:

Диаметр фрезерного диска по кромкам резов, мм	650
Межцентровое расстояние дисков, мм	576
Число резов фрезерного диска	10
Число рядов резов на диске	2
Расстояние, мм	
между рядами резов	60
по резам между дисками	180
Скорость резания, м/с	3,3

\* Написано совместно с Н. А. Беланом и В. Е. Новотороловым

При указанных параметрах исполнительного органа расчетная производительность комбайна по проведению составила 6,3 м/ч, по добыче — 1,1 т/мин. Исполнительный орган был исследован на стенде.

Основная часть стендовых исследований состояла в определении рациональных конструктивных параметров и оптимальных режимов работы экспериментального исполнительного органа. Оценка совершенства его конструкции проводилась по энергетическим и силовым характеристикам, которые отражают зависимость энергоемкости от скорости подачи  $\mathcal{E} = \mathcal{E}(v_n)$ , производительности по добыче от скорости подачи  $\Pi = \Pi(v_n)$ , потребляемой мощности исполнительного органа от скорости подачи  $N = N(v_n)$  и усилия подачи от скорости подачи  $F = F(v_n)$ .

В проводимых исследованиях скорость подачи являлась независимым (входным) параметром, а энергоемкость, производительность, потребляемая мощность и усилия подачи — зависимыми (выходными) параметрами.

Рациональные конструктивные параметры определялись по результатам сравнительных испытаний двух типов исполнительных органов: обычного с конической коронкой и экспериментального с дисковыми фрезами с 8 и 10 зубками И-79 и с тангенциальными зубками на угленементных блоках различной крепости (сопротивляемость резанию:  $A_1 = 100 \pm 130$ ,  $A_2 = 160 \pm 180$  и  $A_3 = 200$  кгс/см) при скоростях подачи  $v_n = 2,5$ , 4,14, 5,0, 6,0; 7,5 м/мин и толщине стружки  $h = 40$  и 80 мм.

Исследования проводились методом непрерывного осциллографирования при помощи осциллографов И-700 величины мощности, усилия подачи, давления и расхода масла в гидросистеме, тока двигателя исполнительного органа, момента резания, углового положения стрелы исполнительного органа, вибрации стрелы комбайна в вертикальной и горизонтальной плоскостях, параметров устойчивости. Измерение мощности производилось по схеме Аарона паттметром П004. Скорость подачи исполнительного органа измерялась потенциометрическим датчиком, сигнал с которого дифференцировался цепочкой РС. Параллельно с того же реохорда зависывалось угловое перемещение исполнительного органа в горизонтальной плоскости. Момент подачи измерялся одновременно тензометром по давлению в гидродомкратах и тензометрическим датчиком с чувствительным элементом в виде пальца с наклеенными на него тензоэлементами. Давление масла в гидросистеме комбайна измерялось при помощи тензодатчиков ТМ-200. Датчиком расхода масла в гидросистеме служил гидродвигатель Г15-23, вращение выходного вала которого преобразовывалось в электрический ток тахогенератором ГОИ. Момент резания измерялся тензодатчиком, чувствительным элементом которого являлось разрезное кольцо с наклеенными тензоэлементами. Параметры устойчивости комбайна измерялись датчиком УЗСК [25]. Обработка данных экспериментов (осциллограммы с записями мощности, скорости подачи и т. д.) производилась методами математической статистики.

В каждом случае определялось математическое ожидание  $M(X)$ , характеризующее среднее установившееся значение измеряемых величин. По данным экспериментов получены зависимости производительности исполнительного органа при различных крепостях блока в функции скорости подачи  $\Pi = \Pi(v_n)$ . Эти зависимости представлены прямыми линиями, имеющими положительный наклон к оси абсцисс. Наибольшая производительность по отбойке горной массы была достигнута при применении дисковых фрез с тангенциальными зубками. Так, на блоке с  $A = 160 \pm 180$  кгс/см при скорости подачи  $v_n = 5$  м/мин производительность экспериментального исполнительного органа составила 1,12 м<sup>3</sup>/мин, или в 1,5 раза выше, чем производительность исполнительного органа с 10 тангенциальными зубками на фрезе при  $v_n = 3$  м/мин.  $A = 100 \pm 130$  кгс/см производительность исполнительного органа в 1,1 раза больше, чем производительность исполнительного органа с конической коронкой, а при скорости подачи  $v_n = 7$  м/мин — в 1,46 раза.

Зависимости  $\mathcal{E} = \mathcal{E}(v_n)$  представлены рядом экспоненциальных кривых, убывающих с увеличением скорости подачи. Минимальную энергоемкость имеет исполнительный орган с десятью тангенциальными зубками на фрезерном диске. Так, при работе на угленементном блоке с  $A = 160 \pm 180$  кгс/см,  $v_n = 4 \pm 9$  м/мин энергоемкость этого органа составила 0,19 кВт·ч/м<sup>3</sup>, что в 2—2,5 раза ниже энергоемкости, затрачиваемой на разрушение блока такой же крепости конической коронкой. При  $v_n = 3 \pm 7$  м/мин наименьшей энергоемкостью обладает исполнительный орган (рис. 26) с 10 тангенциальными зубками на фрезерном диске.

Потребляемая различными исполнительными органами мощность соответствует энергоемкости разрушения. Зависимости  $N = N(v_n)$  представлены прямыми, имеющими положительный наклон к оси абсцисс. Ординаты прямых возрастают с увеличением скорости подачи, глубины стружки и крепости разрушаемого массива. Минимальную мощность потребляет исполнительный орган с десятью тангенциальными зубками на фрезерном диске.

Динамические процессы взаимодействия исполнительных органов с забоем, определяемые изменениями нагрузок, характеризуются коэффициентом динамичности. В результате исследований установлено, что динамичность нагрузок на экспериментальных исполнительных органах в 2,3—2,9 раза меньше по сравнению с нагрузками на конической коронке исполнительного органа комбайна 4ПУ. Это способствует увеличению устойчивости комбайна в процессе обработки забоя, увеличению работоспособности, надежности и долговечности его конструкции.

Таким образом, стендовые исследования показали, что экспериментальный орган имеет лучшие энергетические параметры по сравнению с исполнительным органом в виде конической коронки.

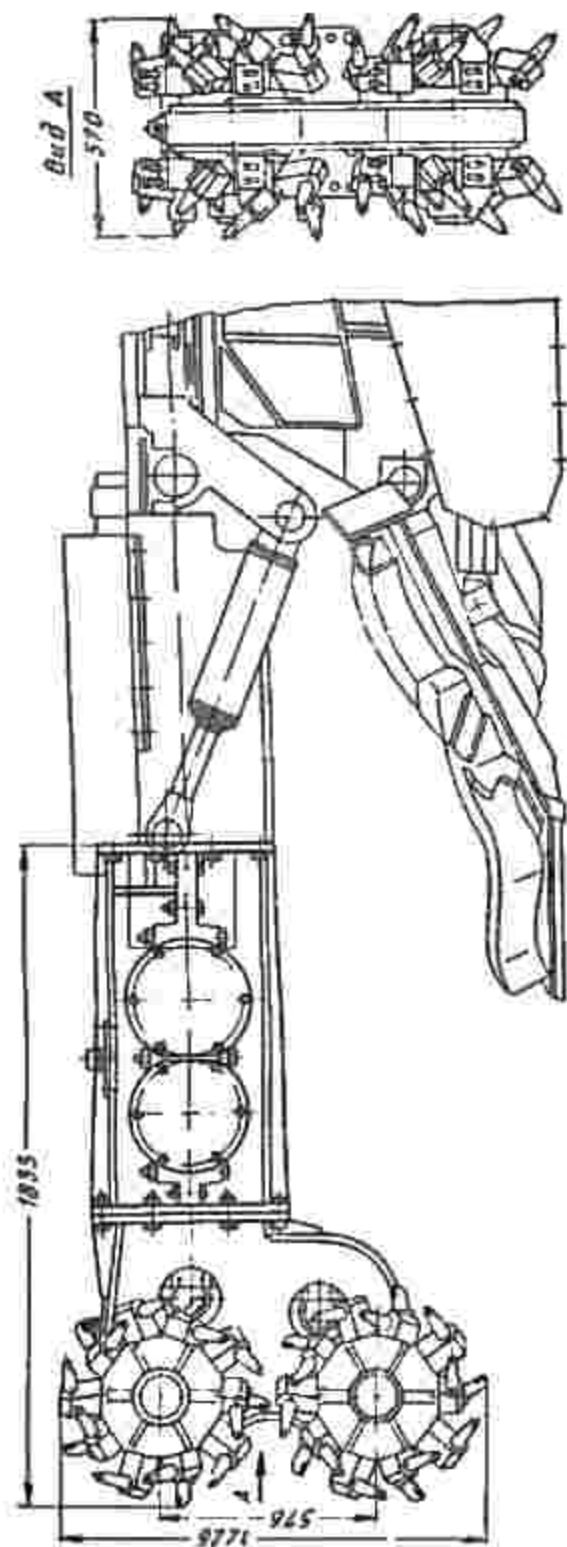


Рис. 26. Уравновешенный четырехосный исполнительный орган комбайна

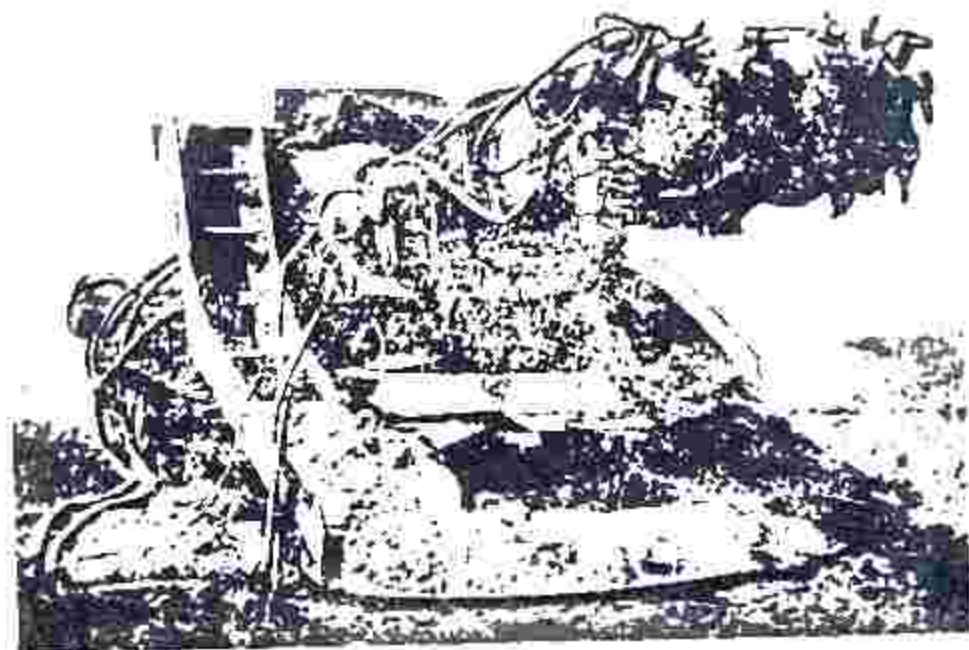


Рис. 27. Исполнительный орган комбайна с поворотной отбойной головкой

Разработка избирательного исполнительного органа с поворотной головкой. Известно, что наименее энергоемким является процесс разрушения угля с поверхности забоя, когда уступ горной массы отрывается на свободную поверхность. В 1968—1969 гг. такая схема разрушения была реализована КузНИИИ при создании исполнительного органа, оснащенного поворотной вокруг продольной оси отбойной головкой, оборудованной двумя имеющими вид усеченного конуса фрезами, вращающимися в одну сторону (рис. 27). Оси фрез расположены под углом друг к другу таким образом, что образующие конусов составляют прямую линию. Фрезы были оснащены конусными тангенциальными угольщиками (И-79, И-90) и породными зубками. Поворотная головка позволяет ориентировать в зависимости от направления подачи и фиксировать фрезы в наиболее выгодном по энергоемкости разрушения положении. Ориентация отбойной головки позволяет повысить производительность по отбойке горной массы, снизить энергоемкость процесса разрушения и улучшить режим работы по сравнению с обычной конусной коронкой.

Исполнительный орган был испытан на стенде при обработке углещементного блока с сопротивляемостью резанию 160 и 200 кгс/см. Производительность избирательного исполнительного органа, оснащенного тангенциальными зубками, на 5—10% выше, чем производительность такого же органа, оснащенного зубками

Н-90 и на 15–20% выше, чем производительность исполнительного органа, оснащенного стандартной конусной коронкой с зубами Н-4. Энергоемкость процесса разрушения соответственно на 15–20% ниже по сравнению с энергоемкостью режущих коронок с зубами Н-9. Недостатком избирательного исполнительного органа является наличие зубчатой передачи, обеспечивающей вращение фрез в одном направлении, и механизма поворота отбойной коронки.

Результаты испытаний исполнительных органов с коронками, оснащенными коническими тангенциальными зубками, позволяют рекомендовать последние к применению на режущих коронках любого типа (конических, барабанных, дисковых, сферических).

Одним из возможных направлений дальнейшего совершенствования стреловидных исполнительных органов является создание ориентруемых в направлении подачи головок с коронками, работающими по принципу отрыва горной массы на свободную поверхность. Такие исполнительные органы позволяют снизить энергоемкость процесса разрушения угольного массива за счет вращения режущих фрез в одном направлении, значительно повысить их производительную способность, производить бурение приемков под стойки крепи.

#### 4.4. Комплекс самоходного проходческого оборудования КСО

Наиболее эффективным направлением совершенствования горнопроходческих работ, как показывают опыт эксплуатации и исследования, является создание проходческих комбайновых комплексов, механизмирующих основные операции проходческого цикла. В течение ряда лет КузНИИИ совместно с производственными объединениями бассейна и ЦНИИподземмашем работает над созданием проходческих комбайновых комплексов для условий Кузбасса. В настоящее время серийно выпускается нарезной комбайновый комплекс КН-5И «Кузбасс», передан в серийное производство комплекс самоходного проходческого оборудования КСО. Анализ результатов испытаний и эксплуатации этих комплексов позволяет дать более всестороннюю оценку эффективности принятых направлений совершенствования проходческой техники для подготовительных работ.

*Разработка и результаты испытаний комплекса КСО\**. На шахтах Прокопьевско-Киселевского района при отработке крутых и наклонных пластов ежегодно проводят более 130 км конвейерных, вентиляционных и слоевых штреков площадью поперечного сечения 5–8 м<sup>2</sup>. Значительную часть этих выработок проводит в нарушенных и искривленных по простиранию пластах. Из-за непрямолинейности штреков в них требуется установка 3–5 скребковых конвейеров.

Наличие нескольких перегрузочных пунктов в линии конвейеров, установленных в штреке, осложняет транспортирование гор-

\* Написано совместно с Н. А. Белавов и Н. П. Васильевым.

ной массы из забоя и доставку материалов в забой. Кроме того, для перегонки комбайна по окончании проведения выработки требуется полный демонтаж конвейерной линии.

Для обеспечения наиболее полной механизации транспортирования горной массы и материалов при проведении искривленных штреков площадью поперечного сечения 5–8 м<sup>2</sup>, а также штреков, проводимых с присечкой породы, КузНИИИ были разработаны технико-экономические требования на комплекс самоходного проходческого оборудования КСО-1, в состав машины которого входит малогабаритная самоходная вагонетка [13].

По разработанным ТЭО ЦНИИподземмаш разработана техническая документация на опытный образец комплекса, который был изготовлен Скуратовским экспериментальным заводом.

Комплекс проходческого оборудования КСО-1 предназначен для проведения конвейерных, вентиляционных, параллельных и слоевых штреков площадью поперечного сечения 5–8 м<sup>2</sup> с минимальным радиусом закругления, равным 10 м, в крутых и наклонных пластах и с присечкой породы с коэффициентом крепости  $f = 4$ .

Комплекс (рис. 28) включает проходческий комбайн 4ПУ с ленточным перегружателем, аккумулярующий бункер, самоходную вагонетку и станок ПА-1 для установки анкеров. От перегружателя используются только приводная и натяжная секции.

Аккумулярующий бункер состоит из собственно бункера со скребковым донным конвейером

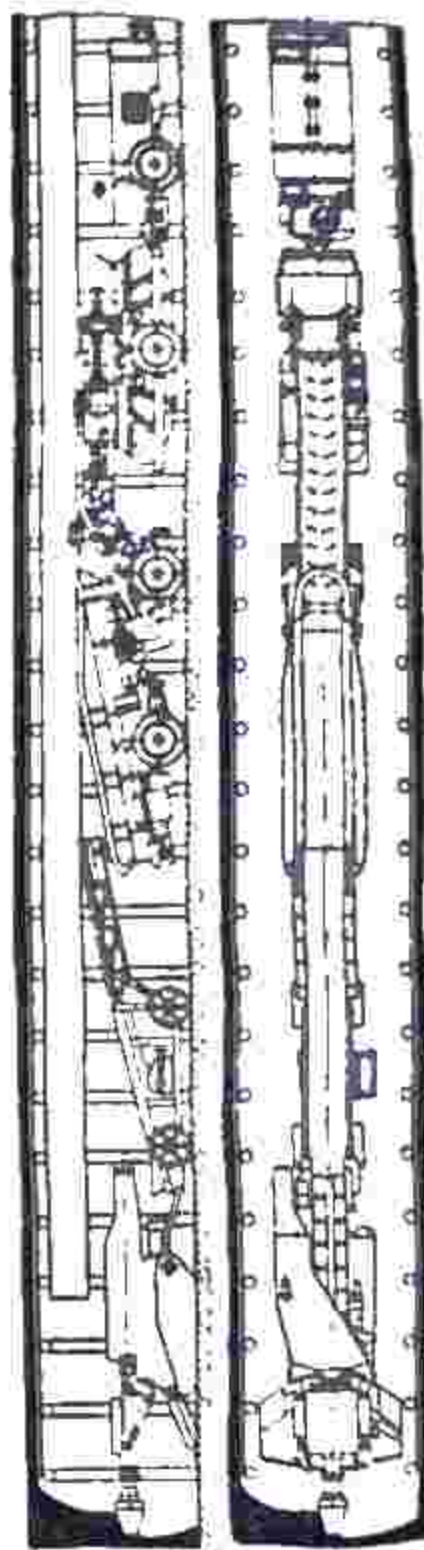


Рис. 28. Схема комплекса самоходного проходческого оборудования КСО-1



и ленточного перегружателя. Бункер установлен на пневмоколесной самоходной тележке и движется за комбайном собственным ходом. Он снабжен электроприводами хода, донного конвейера и ленточного перегружателя. Пульт управления смонтирован на самом бункере.

Самоходная вагонетка на пневмоколесном ходу состоит из одноосного тягача с электрическим кабельным питанием и бункера-прицепа самовывального типа. На тягаче размещены привод хода, кабельный барабан с гидравлическим устройством для подборки и укладки кабеля, кабина и маслостанция. Тягач оборудован рабочими и стояночными тормозами. Кабелесъемность кабельного барабана равна 130 м.

Станок для анкерования включает электросверло ЭРП18-ДМ, распорную стойку и буровой инструмент.

#### Техническая характеристика комплекса КСО-1

##### Комбайн 4ПУ

Производительность по отбойке угля, т/мин	До 1
Ширина погрузочного органа, мм	2350
Частота вращения фрезерной головки, об/мин	58
Скорость передвижения комбайна, м/мин	2,4
Общая установленная мощность, кВт	44
Основные размеры, мм:	
высота	1300
ширина	1250
длина	5000
Масса, кг	10000

##### Аккумуляторный бункер

Грузоподъемность, т	2,7
Вместимость, м <sup>3</sup>	2,7
Скорость передвижения, м/мин	15
Мощность электродвигателя хода, кВт	5,5
Мощность электродвигателя донного конвейера, кВт	2×5,5
Мощность электродвигателя ленточного перегружателя, кВт	5,5
Основные размеры, мм:	
высота	1800
длина	1300
ширина	9300
Масса, кг	6500

##### Самоходная вагонетка

Грузоподъемность, т	3
Вместимость бункера, м <sup>3</sup>	2,5
Скорость передвижения (первая—вторая), км/ч	3,15—6,3
Емкость кабельного барабана, м	130
Мощность электродвигателя, кВт	35
Основные размеры, мм:	
высота	1200
ширина	1300
длина	7100
Масса, кг	5500

#### Станок ПА-1

Мощность электродвигателя, кВт	1,4
Основные размеры, мм:	
высота	65
ширина	63
длина	1,7
Масса, кг	60

Комплекс самоходного оборудования испытывался на шахте «Краснокаменская» производственного объединения Прокопьевско-уголь с июня по октябрь 1974 г. при проведении трех вентиляционных штреков по пластам I, II и III Внутренним. Мощность пластов изменялась от 1,5 до 5,6 м, угол падения от 70 до 90°. Уголь пластов средней крепости и устойчивости. Почва и кровля пластов сложены алевролитами средней устойчивости с коэффициентом крепости  $f = 4-6$  по шкале проф. М. М. Протодаконова.

Пласты угля на участке испытаний сильно нарушены и иссривлены по простиранию. За время испытаний с применением комплекса было пройдено 676 м вентиляционных штреков площадью поперечного сечения 5,3 м<sup>2</sup> в свету. Из них 240 м пройдено по уголю, 226 м по уголю с присечкой породы и 210 м по породе. Объем присекаемой породы составлял от 15 до 80%.

Испытания комплекса проводились в три смены. В состав сменного звена входили три проходчика и один электрослесарь. Обработку забоя комбайном 4ПУ и погрузку горной массы в аккумуляционный бункер производил машинист комбайна. Распределение горной массы в аккумуляционном бункере с помощью донного конвейера, выгрузку ее ленточным перегружателем в самоходную вагонетку и управление бункером выполнял машинист аккумуляционного бункера. Транспортирование горной массы самоходной вагонеткой, разгрузку ее в углеспускную печь и доставку материалов и оборудования в забой производил машинист самоходной вагонетки.

Крепление выработки производилось всем звеном. Ввиду сложных горно-геологических условий анкерная крепь не применялась и выработки крепили деревянной рамной крепью с шагом, равным 1 м. Фактический график организации работ на два проходческих цикла представлен на рис. 29. Средняя скорость проведения выработок с применением комплекса составила 4,5 м/смену, максимальная — 9 м/смену. Производительность труда проходчиков при этом составила 2,1 м/чел-смену, что в 1,9 раза выше производительности труда проходчиков, достигнутой при проведении выработок в равных условиях с применением комплекта оборудования, состоящего из проходческого комбайна 4ПУ и конвейера С-53.

Средняя мощность, потребляемая электродвигателем самоходной вагонетки при скорости движения 5,5 км/ч, составила при движении без груза — 14,2 кВт, при транспортировании груза (рис. 30) массой 3000 кг — 16,8 кВт. Средняя мощность, потребляемая электродвигателем аккумуляционного бункера, составила: привода хода — 4,8 кВт, привода конвейера перегружателя —

Процесс	Объем работ на цех	Число про-ходов	Продолжительность операции, мин	Часы смены		
				1	2	30'
Подготовка и обработка оборудования	-	4	30	30		
Выемка угля комбайном, м <sup>3</sup>	9	1	30		30	30
Управление аккумуляционным бункером, погрузка угля в вагонетку, выемка угля из вагонетки	-	2	30		30	30
Транспортирование горной массы, м <sup>3</sup>	9	1	7	7	7	7
Возбуждение крепи, рам	1	4	26		26	
Прочие вспомогательные работы	-	-	-	9	9	9

Рис. 29. График организации работ при проведении вентиляционного штрека по плану II Внутреннем комплексе КСО-1

6,8 кВт, привода донного конвейера — 10,7 кВт. Максимальная мощность, потребляемая двигателями привода донного конвейера в процессе разгрузки, составила 12 кВт.

При испытаниях проводились наблюдения за состоянием почвы выработки при многократном воздействии на нее колес самоходной вагонетки. В сухой выработке колеса самоходной вагонетки при перевозке горной массы образовывали колею глубиной 30—50 мм. На участках выработки, проведенной по породе (аргиллиты с  $J = 4$ ), при увлажнении почвы водой, подаваемой для орошения в объеме до 40 л/мин, глубина колес достигала 150—200 мм.

Испытаниями установлено, что комплексе КСО полностью механизует основные операции проходческого цикла при проведении искривленных по простиранию выработок. Самоходное оборудо-



Рис. 30. Осциллограмма мощности, потребляемой электродвигателем привода хода самоходной вагонетки, при транспортировании груза массой 3 т

вание комплекса достаточно маневренно и удовлетворяет условиям эксплуатации в выработках площадью поперечного сечения 5—8 м<sup>2</sup> с радиусом кривизны 10 м и углом наклона до 10°. Размеры и масса самоходной вагонетки и аккумуляющего бункера позволяют доставлять их в шахту, транспортировать по выработкам как своим ходом, так и на платформе, спускать и поднимать по постоющим выработкам площадью поперечного сечения 2,25 м<sup>2</sup>.

Основными преимуществами комплекса по сравнению с проходческим оборудованием, при применении которого транспортирование горной массы и материалов осуществляется скребковыми конвейерами, являются возможность проведения искривленных выработок, полная механизация доставки материалов в забой, меньший объем монтажно-демонтажных работ и надежная работа самоходного оборудования при транспортировании породы.

По результатам промышленных испытаний проходческий комплекс КСО-1 рекомендован к серийному производству [44]. В настоящее время ЦНИИкоземмаш завершил корректировку чертежей на самоходную вагонетку для ее серийного производства, а Скуратовский завод в 1978 г. изготовил три самоходные вагонетки.

Направлен дальнейшее совершенствование комплекса самоходного проходческого оборудования\*. При рассмотрении и оценке результатов испытаний комплекса особое внимание уделялось возможности упрощения его конструкции и уточнению его параметров.

Для выбора оборудования комплекса КузНИИ анализируются два варианта машин, составляющих проходческий комплекс: проходческий комбайн 4ПУ и самоходная вагонетка грузоподъемностью 2,5 и 4,0 т и скоростью 5,5 и 8 км/ч, проходческий комбайн 4ПУ, аккумуляющий бункер и самоходная вагонетка грузоподъемностью 2,5 и 4,0 т и скоростью 5,5 и 8 км/ч.

Анализ зависимостей сменной скорости проведения выработки от длины транспортирования при различных значениях грузоподъемности и скорости движения самоходной вагонетки позволил установить, что увеличение грузоподъемности самоходной вагонетки от 2,5 до 4 т и скорости ее движения от 5,5 до 8 км/ч позволяет увеличить сменную скорость проведения выработки комплексом без аккумуляющего бункера на длине транспортирования 250 м от 4,42 до 5,4 м/смену, что на 8,5% меньше скорости проведения выработки (5,9 м/смену) комплексом, включающим аккумуляющий бункер [45]. Следовательно, при длине транспортирования до 200 м проходческий комплекс должен состоять из проходческого комбайна 4ПУ, станка для анкерования и самоходной вагонетки. С увеличением длины транспортирования в составе комплекса целесообразно применить аккумуляющий бункер объемом 4 м<sup>3</sup>.

\* Написано совместно с Н. П. Васильевым.

Следует отметить, что самоходная вагонетка с электрическим кабельным приводом имеет несколько ограниченный радиус действия, определяемый емкостью кабельного барабана.

В последние годы за рубежом и в СССР ведутся работы по разработке и внедрению на шахтах самоходных средств транспорта с дизельным приводом.

Преимущества дизельного привода перед электрическим и кабельным питанием состоят в максимальной автономности, сравнительной легкости создания машин во взрывобезопасном исполнении, отсутствии опасности поражения людей электрическим током, а перед транспортными средствами с аккумуляторным питанием в том, что при меньших массе и размерах силовых установок в одинаковых радиусах действия машин исключается необходимость создания зарядных камер и преобразовательных подстанций, тяговое усилие не зависит от продолжительности работы, обеспечивается необходимый запас мощности двигателя без увеличения его массы и размеров, значительно уменьшаются капитальные затраты и эксплуатационные расходы.

Недостатком дизельного привода является загрязнение атмосферы выработок токсичными составляющими выхлопа, что вызывает дополнительные затраты на проветривание выработок.

По данным ИГД им. А. А. Скочинского [46], работы по предотвращению загрязнения атмосферы выработок дают положительные результаты. Исследования токсичности и выброса сажи, проведенные ИГД им. А. А. Скочинского со всеми существующими типами дизельных двигателей, показали, что требованиям «Правил изготовления транспортных средств с дизельным приводом для угольных и сланцевых шахт» [71] в наибольшей степени отвечают ангрекамерные дизели, и позволили принять за базовый двигатель четырехтактный восьмицилиндровый ангрекамерный дизель ВЧ-9,5/10 Рижского дизельстроительного завода.

Исследование базовой модели дизеля и методов обеспечения ее взрывобезопасности и малотоксичности доказывает возможность создания машин, удовлетворяющих требованиям правил безопасности.

Анализ экономических показателей в области применения транспортных средств с дизельным приводом, проведенный ИГД им. А. А. Скочинского, показывает целесообразность разработки и использования в угольных шахтах самоходных вагонеток с дизельным приводом [46].

С созданием самоходной вагонетки с автономным, например, дизельным приводом появится реальная возможность применения самоходных вагонеток в составе проходческих комплексов для транспортирования горной массы, элементов крепи и материалов при проведении горизонтальных выработок любой длины и при эксплуатации горизонтальных безрельсовых горных выработок [47].

При проведении и эксплуатации горных выработок выполняется значительный объем вспомогательных операций (погрузка-разгрузка элементов крепи, материалов и оборудования, осмотр и

ремонт выработок; монтаж-демонтаж и доставка оборудования проходческих и очистных механизированных комплексов, зачистка выработок, оборка кровли, бурение шпуров и скважин различного назначения и др.), уровень механизации которых на шахтах отрасли остается еще низким, что отрицательно сказывается на эффективности горнопроходческих работ.

Следовательно, комплексная механизация операций при проведении и эксплуатации горных выработок является одной из основных проблем в снижении трудоемкости и сокращения продолжительности подготовки шахтных полей.

Существующее в настоящее время оборудование (конвейеры, шахтные вагонетки на рельсовом ходу, скреперы, лебедки) не решает вопроса комплексной механизации основных и вспомогательных операций, выполняемых при проведении и эксплуатации горных выработок, поэтому уровень механизации из-за наличия немеханизированного труда при этом сравнительно низкий. В связи с этим наиболее перспективным является создание на базе тягача самоходной вагонетки с автономным, например, дизельным приводом семейства полуприцепных рабочих машин многоцелевого назначения. Это должны быть, например, машина с бункером самосвального типа, грузовая платформа с грузоподъемным механизмом, станок для анкерования и установки крепи, ремонтная подъемная площадка, прицеп для длинномеров, монтажный кран, ковш, бульдозерный нож, выловный подхват, машина для оборки и крепления кровли, погрузочно-доставочная машина, бурильная машина для бурения шпуров, станок для бурения различного назначения скважин, платформа с грузоподъемным манипулятором для доставки и монтажа-демонтажа органичного ряда крепи при бесцеликовой выемке угля, машина для перевозки людей и др.

Наличие такого семейства машин значительно расширит область применения самоходных вагонеток на угольных шахтах, повысит эффективность проведения и эксплуатации подготовительных выработок, а также позволит максимально унифицировать узлы машин предлагаемого семейства.

Положение о перспективности разработок семейства самоходных машин на базе одного тягача самоходной вагонетки подтверждается результатами эксплуатации таких машин за рубежом [48], в горнорудной промышленности нашей страны [49], а также результатами опытной эксплуатации и самоходной грузовой платформы и монтажно-доставочной машины, разработанных КузНИИП и испытанных в шахтных условиях.

Необходимо отметить, что при проведении и эксплуатации подготовительных горизонтальных выработок доставка материалов и оборудования, монтаж и демонтаж проходческих и очистных механизированных комплексов сопровождаются выполнением ряда немеханизированных операций (например, погрузка и разгрузка материалов и оборудования, восстановление и ремонт выработок, доставка по выработкам, не имеющим рельсовых путей, всевозможных грузов, монтаж и демонтаж оборудования). Кроме того,

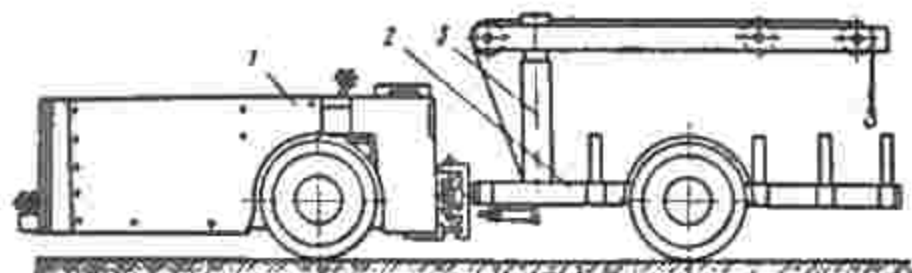


Рис. 31. Схема самоходной грузовой платформы

настилка рельсовых путей, при которой выполняется около 15 различных операций, на 15–20% сдерживающих скорость проведения выработок, отрицательно сказывается на технико-экономических показателях подготовительных работ. Создание же отдельных машин для механизации каждой из перечисленных выше операций экономически нецелесообразно из-за сравнительно небольшого объема отдельных работ в общем объеме выполняемых работ и из-за ограниченных возможностей применения нескольких машин в одной выработке. В связи с этим становится необходимым создание самоходных полуприцепов рабочих машин на базе тягача самоходной вагонетки комплекса КСО (самоходной грузовой платформы, монтажно-доставочной машины и др.).

Самоходная грузовая платформа (рис. 31), состоящая из тягача с электроприводом 1, шарнирно соединенной с ним платформы — прицепа 2 и поворотного гидравлического подъемника 3, установленного на опорной площадке рамы, предназначена для транспортирования элементов крепи, материалов и оборудования при проведении и эксплуатации горизонтальных выработок площадью поперечного сечения от 5 м<sup>2</sup> в свету и более.

Техническая характеристика самоходной грузовой платформы

Грузоподъемность, т	3
платформы	0,5
гидроподъемника с вылетом стрелы 2,3 м	0,8
Высота подъема груза, м	0,8
Скорость передвижения, км/ч:	
первая передача	3
вторая	6
Максимальный подъем, преодолеваемый грузовой платформой, градус	15
Общая установленная мощность электродвигателей, кВт	45
Емкость кабельного барабана, м	130
Длина транспортирования с учетом длины машин в две стороны от штрекового пускача, м	260
Тип гидромотора привода кабельного барабана	ННЛ 64
Колеса, мм:	
передние колеса	194
задние колеса	1085
Дорожный просвет, мм	203
Радиус поворота, мм:	
внешний	6000
внутренний	4000

Основные размеры, мм

длина	7,05
ширина	1,4
высота	1,58
Масса, кг	5000

Самоходная грузовая платформа испытывалась при комбайновом способе проведения вентиляционного штрека по пласту 26а мощностью 2,1–2,35 м на шахте «Нагорная» производственного объединения Гидроуголь.

За период испытаний экспериментального образца самоходной грузовой платформы с ее помощью были перевезены на расстояние 300 м элементы анкерной крепи, материалы и оборудование общей массой 180 т. Технологическая схема транспортирования грузов самоходной грузовой платформой по выработкам показана на рис. 32. Обслуживалась самоходная грузовая платформа тремя рабочими, из которых один управлял машиной, двое других стропили и укладывали груз при погрузке и разгрузке платформы с помощью гидроподъемника или вручную.

На основании полученных данных при наблюдении за работой самоходной грузовой платформы определены показатели эксплуатационной надежности: наработка на отказ, среднее время восстановления отказа и коэффициент готовности, равный 0,96.

В результате промышленных испытаний экспериментального образца самоходной грузовой платформы установлено, что основные

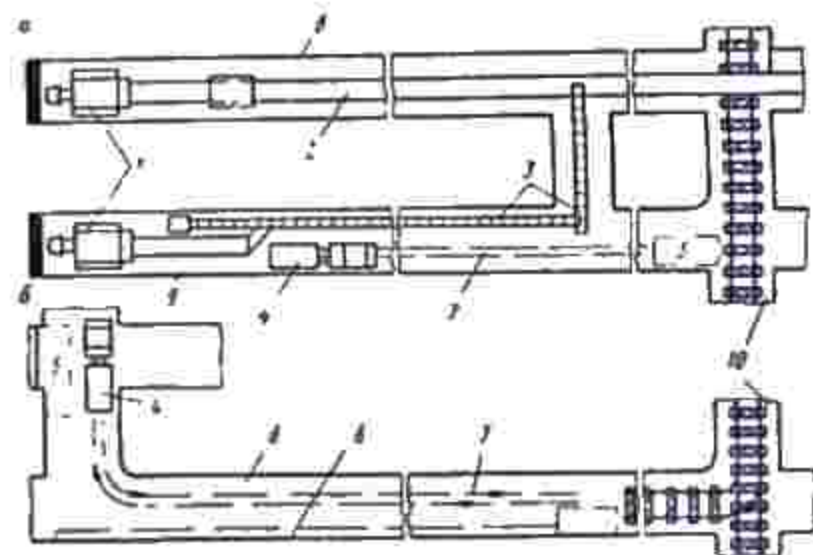


Рис. 32. Технологическая схема транспортирования грузов самоходной грузовой платформой

а — при проведении выработки; б — при установке рельсового пути и доставке оборудования; в — при установке рельсового пути и доставке оборудования. 1 — гидравлический комплекс КН-К; 2 — аккумулятор мощностью 2,1 кВт; 3 — гидравлический цилиндр С-53; 4 — самоходная грузовая платформа; 5 — место погрузки-разгрузки материалов и оборудования; 6 — место раскладки рельсов и шпал; 7 — трассы движения; 8 — ригельный комплект штрека; 9 — клинберный штрек; 10 — путь-рельс

производительность по доставке материалов и оборудования (включая последние механизмы), а также возможность замены оборудования с помощью приспособлений и инструментов, позволяющих осуществлять работу в свету 3 м и т.д.

Применение самодвижной грузовой платформы позволит механизировать процесс разработки и транспортировки материалов в оборудовании по горизонтальным выработкам как при применении ее в комплексе с проходческим оборудованием для проведения выработок, так и при самостоятельном применении для монтажно-демонтажных работ в выработках, не оборудованных рельсовыми путями. Производительность труда при этом возрастает в 1,5—2 раза по сравнению с производительностью, достигнутой при применении существующих средств механизации доставки материалов и оборудования. Конструкция самодвижной грузовой платформы предусматривает возможность разборки ее на транспортно-бельные узлы.

Результаты шахтных испытаний самодвижной вагонетки комплекса КСО-1, самодвижной грузовой платформы, изучения отечественного и зарубежного опыта эксплуатации самодвижных машин [47, 48, 49] позволили установить, что самодвижная грузовая платформа работоспособна, маневренна и надежна в работе, проста и удобна в обслуживании и управлении, обеспечивает безопасные условия труда рабочих. Испытания самодвижной грузовой платформы с электрическим приводом подтвердили возможность и экономическую целесообразность применения ее для доставки элементов крепи и материалов, монтажа и демонтажа оборудования при проведении и эксплуатации выработок.

Для механизации доставочных, монтажно-демонтажных и других вспомогательных операций при подготовке и ведении очистных работ на шахтах Кузбасса целесообразно создать семейство самодвижных машин многоцелевого назначения на базе одного тягача с электрическим или дизельным приводом со сменными полуприцепными устройствами (бункером самосвального типа, грузовой платформой с грузоподъемным механизмом, станком для анкерования и установки крепи, ремонтной подъемной площадкой, прицепом для длинномеров, монтажным краном, ковшем, бульдозерным ножом, вилочным подхватом, машиной для оборки и крепления кровли, погрузочно-доставочной машиной, бурильной машиной для бурения шпуров, станком для бурения скважин различного назначения, платформой с грузоподъемным манипулятором для доставки и монтажа-демонтажа органичного ряда крепи при бесцепковой выемке угля, машиной для перевозки людей). Базовой моделью для создания многоцелевого оборудования должна быть принята самодвижная вагонетка комплекса КСО-1.

Экономический эффект в народном хозяйстве от внедрения одной самодвижной грузовой платформы составит около 25 тыс. руб./год.

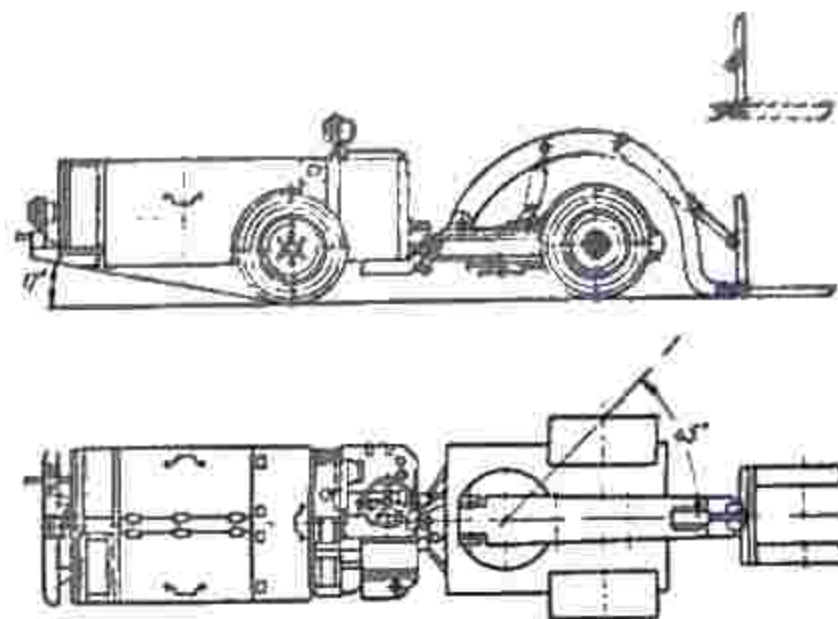


Рис. 33. Самодвижная монтажно-доставочная машина с вилочным подхватом

Разработанная совместно с шахтой «Нагорная» производственным объединением Гидроуголь самодвижная монтажно-доставочная машина на базе тягача опытного образца самодвижной вагонетки комплекса КСО-1 изготовлена в механическом цехе шахты, испытана под нагрузкой на поверхности и использовалась при восстановлении штрека.

Монтажно-доставочная машина состоит из тягача и прицепа на пневмоколесном ходу, на котором смонтирована поворотная стрела, снабженная вилочным подхватом (рис. 33) и сменным ковшем. Эта машина предназначена для доставки материалов и проходческого оборудования, его монтажа и демонтажа с использованием вилочного подхвата или другого сменного грузозахватного приспособления, для зачистки подготовительных выработок после их проведения, для выполнения работ по ремонту и восстановлению выработок (перекреплению, ликвидации завалов и др.) с помощью сменного ковша (рис. 34) и для извлечения крепи в выработках с помощью специального захвата.

Краткая техническая характеристика монтажно-доставочной машины

Грузоподъемность, т	6
платформы	3
гидроподъемника	3
Скорость передвижения по горизонтальному пути, км/ч	2,7
первая	5,5
вторая	360
Длина транспортировки, м	2,5
Вылет стрелы, м	0,5
Вместимость ковша, м <sup>3</sup>	3
Высота подъема, м	3

Работа машины на	8
по восстановлению штрека	4
по восстановлению забоя	
Остаточные ресурсы	6,5
длина	1,7
штрека	1,5
шахта	5000
Масса М	

Положительные результаты испытаний машины на поверхности, заключающиеся в подъеме различных узлов горношахтного оборудования (двигателей, редукторов, барабанов, железобетонных деталей и др.) массой до 1200—1300 кг, а также в зачерпывании сыпучего материала (гравия, горельника) ковшом вместимостью 0,5 м<sup>3</sup> с поворотом стрелы в обе стороны на угол 45° с подъемом ее на максимальную высоту, движении машины с грузом в транспортном режиме, повороте вилочного подврата и ковша под нагрузкой, испытаниях машины на поперечную устойчивость и опробовании гидросистемы под нагрузкой и на холостом ходу при движении и на месте, позволили начать шахтные испытания экспериментальной монтажно-доставочной машины. Шахтные испытания машины успешно проведены при восстановлении вентиляционного штрека на шахте «Нагорная», где машина использовалась для транспортирования горной массы, доставки материалов и оборудования. В настоящее время с помощью монтажно-доставочной машины восстановлено около 500 м вентиляционного штрека с настелкой рельсового пути по всей длине.

При этом с помощью машины грузили и транспортировали горную массу из завала с разгрузкой ее вдоль борта штрека; доставляли элементы анкерной крепи; сетки, стойки и затяжки от звезда до места крепления выработки, бурили шпурсы под анкерную

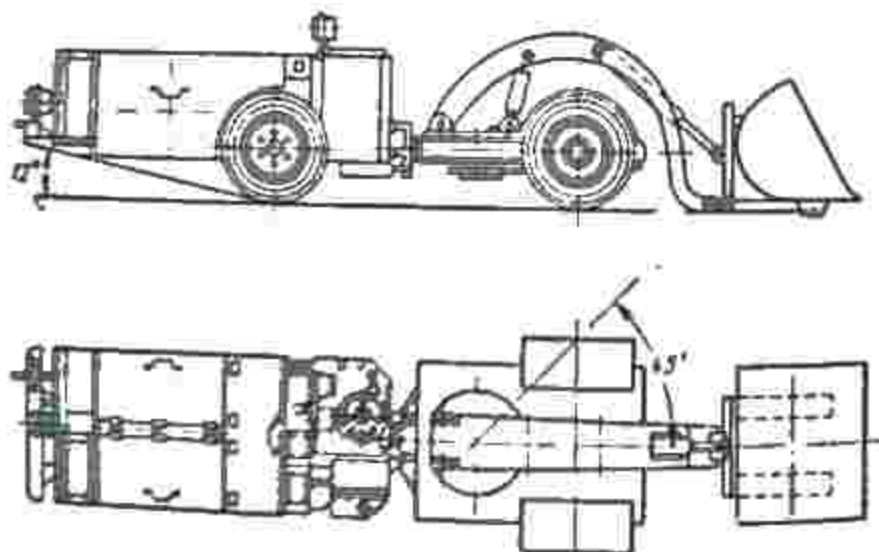


Рис. 34. Самоходная монтажно-доставочная машина с ковшом

крепь с помощью электросверла, установленного на машине; доставляли материалы (рельсы, шпалы и крепежные детали) с раскладкой их у борта по всей длине выработки.

Работа по испытанию машины была организована в одну (сервную) смену, обслуживало машину плено в составе 2 чел.

Хронометражные наблюдения показали, что производительность по восстановлению вентиляционного штрека составила 13,5 м/смену. Трудоемкость восстановления штрека составила 0,15 чел.смен/м, что в 5,5 раза меньше по сравнению с обычным способом восстановления подготовительных выработок, при котором горная масса транспортируется скрепером. Разборка завала, доставка элементов крепи и перекрепление выработки производится вручную. Первые результаты по испытанию монтажно-доставочной машины подтверждают необходимость создания таких машин для шахт угольной промышленности.

#### 4.5. Комбайны распорно-шагающего типа и проходческие комплексы на их основе\*

Проходческие комбайны со стреловидным исполнительным органом нашли широкое применение при проведении подготовительных выработок различного назначения. Опыт применения этих комбайнов показал, что наряду с достоинствами комбайнов со стреловидным исполнительным органом обладают и некоторыми недостатками, основными из которых являются: технологическая несостыковка операций по обработке забоя и креплению, отсутствие временной крепи призабойного пространства, малая устойчивость, которая объясняется действием на корпус комбайна значительных моментов, возникающих при обработке забоя коронкой исполнительного органа, расположенной на длинной стреле. Задача повышения устойчивости комбайна решается различными способами. Одним из способов увеличения устойчивости проходческих комбайнов является применение распорно-шагающего механизма передвижения.

Впервые распорно-шагающий механизм передвижения, объединенный с гидрофицированной временной крепью для крепления призабойного пространства, был применен в конструкции комбайнов ПКС-1 и ПКС-2. Такая конструкция позволяет не только увеличить устойчивость комбайна без увеличения его массы, но и производить, при сохранении необходимой безопасности труда проходчиков за счет возведения временной крепи, крепление выработки за комбайном, т. е. осуществлять совмещение операций по креплению выработки с обработкой забоя. Применение механизма передвижения распорно-шагающего типа позволяет расширить область применения комбайнов со стреловидным исполнительным органом и использовать их при проведении наклонных и восстающих выработок.

\* Написано совместно с Ю. Г. Казаниным и Ю. Г. Куликовым.

Опыт применения проходческих комбайнов с механизмом передвижения распорно-шагающего типа был накоплен в Кузбассе. По предложению инженерно-технических работников шахты «Нагорная» в 1970 г. был изготовлен и испытан проходческий комбайн СРПК (скользяще-распорный проходческий комбайн), представляющий собой проходческую машину, производящую разрушение угля в забое, погрузку горной массы, транспортирование ее до штрековых откаточных средств и временную крепь призабойного пространства. Основными узлами комбайна являются рабочий орган, грузчик-перегрузчик, гидрофинишные секции крепи, пульт управления и система пылегашения.

Передвижение комбайна осуществляется следующим образом. Сжимают давление и опускают перекрытие центральной секции, домкратами передвигают, опираясь на расперты боковые секции, перемещают ее на забой. Затем центральную секцию распирают. Снимают давление и опускают перекрытия боковых секций, домкратами передвигают и подтягивают их к забою.

В первом варианте экспериментального образца был применен грузчик бульдозерного типа, выполненный в виде приемного лотка, на котором отсутствовали активные средства погрузки. В дальнейшем грузчик был оборудован шнеками диаметром 150 мм, длиной 1200 мм.

Неудовлетворительная погрузочная способность шнекового грузчика заставила в последующем оборудовать комбайн погрузочным устройством комбайна 4ПУ.

Отличительной особенностью первого варианта экспериментального образца явилось наличие изгибающегося в плане на  $\pm 7,5^\circ$  двухцепного скребкового конвейера-перегрузчика длиной 15 м.

Экспериментальный образец комбайна СРПК (рис. 35) разработан с использованием узлов комбайна 4ПУ и механизированной крепи комплекса КМ-87Д, которая служит временной крепью призабойного пространства, средством распора и передвижения. Комбайн предназначен для проведения выработок площадью поперечного сечения до 8,2 м<sup>2</sup>. Масса его 15 т.

Экспериментальным заводом КузНИИУИ в 1971 г. изготовлены два комбайна шагающего типа. КузНИИУИ совместно с ЦНИИподземмашем и производственным объединением Южкузбассуголь разработали технико-экономические требования на нарезной комбайновый комплекс КН-5Н, включающий комбайн распорно-шагающего типа с временной гидрофинишной крепью, навесное бурильное оборудование для установки анкерной крепи и средства транспорта, который должен обеспечить комплексную механизацию проведения горизонтальных и наклонных подготовительных выработок.

Основной целью создания комбайнов распорно-шагающего типа является расширение области применения проходческих комбайнов циклического действия за счет обеспечения возможности проведения ими наклонных и восстающих выработок в результате значительного повышения их устойчивости.

Проходческие комбайны распорно-шагающего типа, техническая характеристика которых приведена в табл. 15, в Кузбассе начали применяться с 1970 г. С этого времени ими пройдено более 35 км горизонтальных выработок.

Комбайн СРПК на шахте «Нагорная» испытывали при проведении вентиляционного и конвейерного штреков по пласту 26а. Этим комбайном было пройдено 5 км горизонтальных выработок площадью поперечного сечения 6,5 м<sup>2</sup>. Средняя скорость проведения горизонтальных выработок составила около 300 м/мес, производительность труда 1,1 м/чел-смену.

С применением комбайна КРС-1 на шахте «Кузбасская» производственного объединения Южкузбассуголь была проведена горизонтальная выработка длиной 350 м по пласту угля мощностью 2,3—2,6 м с углом падения 45—50°. Проведение осуществлялось с присечкой пород кровли и почвы с коэффициентом крепости до  $f = 5$  по шкале проф. М. М. Протодяконова. Объем присечки изменялся от 40 до 50%. Максимальная скорость при этом составила 199 м/мес, а производительность труда — 0,483 м/чел-смену.

В 1974 г. по технико-экономическим требованиям, разработанным КузНИИУИ, производственным объединением Южкузбассуголь и ЦНИИподземмашем, последний был спроектирован и Скуратовским экспериментальным заводом изготовлен опытный образец нарезного комбайнового комплекса КН-5Н. Комплекс КН-5Н, выполненный на базе комбайна 4ПУ (рис. 36), предназначен для механизированного проведения подготовительных выработок с устойчивой кровлей, площадью поперечного сечения от 5,1 до 8 м<sup>2</sup> по углю и по углю с

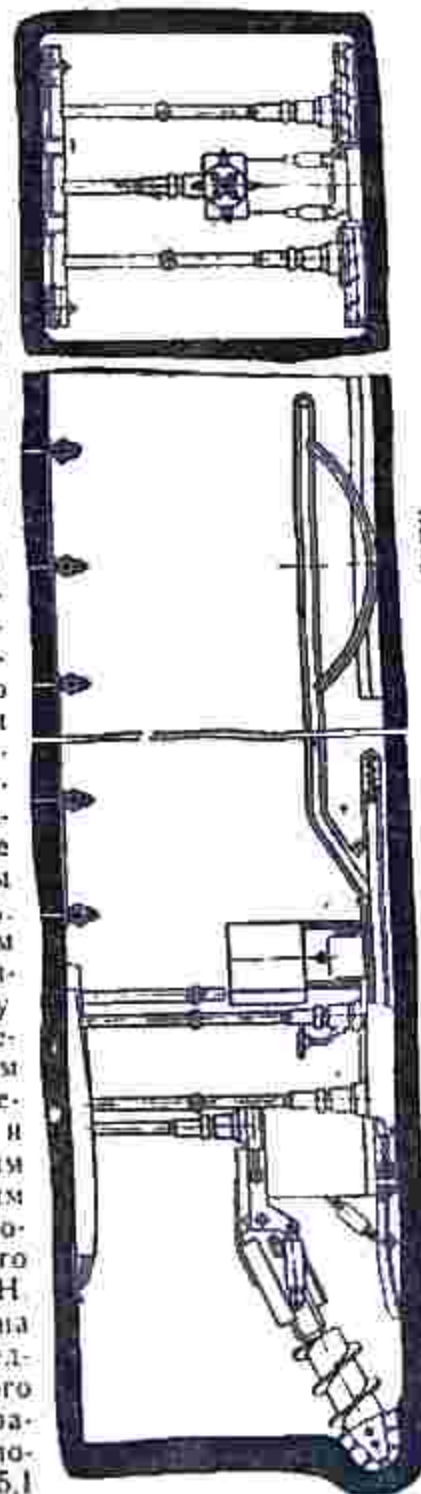


Рис. 35. Общий вид комбайна СРПК

присечкой до 20% породы с коэффициентом крепости до  $f=4$  по шкале проф. М. М. Протодяконова.

Таблица 15

Показатель	Производительность комбайна и комплексов					
	СРЛХ	КРС-1	КРС-2	ПКВВ	комплекс КН-5И на базе 4ПУ	комплекс КН-5И на базе ГПК
Производительность по отбойке, т/мин	До 1,0	До 1,0	До 1,0	До 1,0	До 1,0	До 1,5
Площадь поперечного сечения проходной выработки, м <sup>2</sup>	4,0—8,2	4,9—8,2	4,9—8,2	4,9—8,2	5,1—8,0	8,0—13,0
Установленная мощность электродвигателей, кВт	57	59,5	75	41	114	174
Давление в гидросистеме, кгс/см <sup>2</sup>	70—100	70—80 150—200	70—80 150—200	До 100	До 100	До 100
Скорость передвижения комбайна, м/мин	1,0	0,5	0,5	0,8	—	—
Основные размеры комбайна, мм:						
ширина	2500	2610	2600	2600	2610	3100
высота	1600—2520	1800—2750	1800—2750	1650—2400	1745—2680	2100—2800
длина	7300	9100	16500	4350	18800	15900
Масса, т	15	15	17	13,3	25,5	30,2

Комплекс КН-5И состоит из комбайна, системы пылеподавления, гидросистемы, крепиукладчика с оборудованием для возведения анкерной крепи, электрооборудования, лебедки для доставки материалов и электросверла.

Комбайн включает в себя центральную и две боковые секции, оснащенные перекрытиями. На центральной секции установлены исполнительный орган, грузчик, конвейер и пульт управления комбайном. Сзади к центральной секции крепится крепиукладчик, магнитная станция, насосная установка и маслобак.

На боковых секциях комбайна расположены гидродомкраты бокового распора и передвижения. На правой секции размещена пылеулавливающая установка, а на левой — предохранительная стойка.

Крепиукладчик состоит из двух оснований, жестко связанных между собой порталом, кассеты с верхником, двух бурильных установок, крана для подъема верхников и пульта управления.

Разрушение угля производится стреловидным исполнительным органом с режущей отбойной хоронкой. Погрузочным устройством служит наклонный стол с нагребающими лапами. Эти узлы заимствованы от комбайна 4ПУ. Основные элементы центрально расположенного двухцепного скребкового конвейера приняты от конвейера СП 63. Стеклотканевая рулонная затяжка для перетяжки кровли выработки находится в кассете, расположенной в передней части центрального перекрытия.

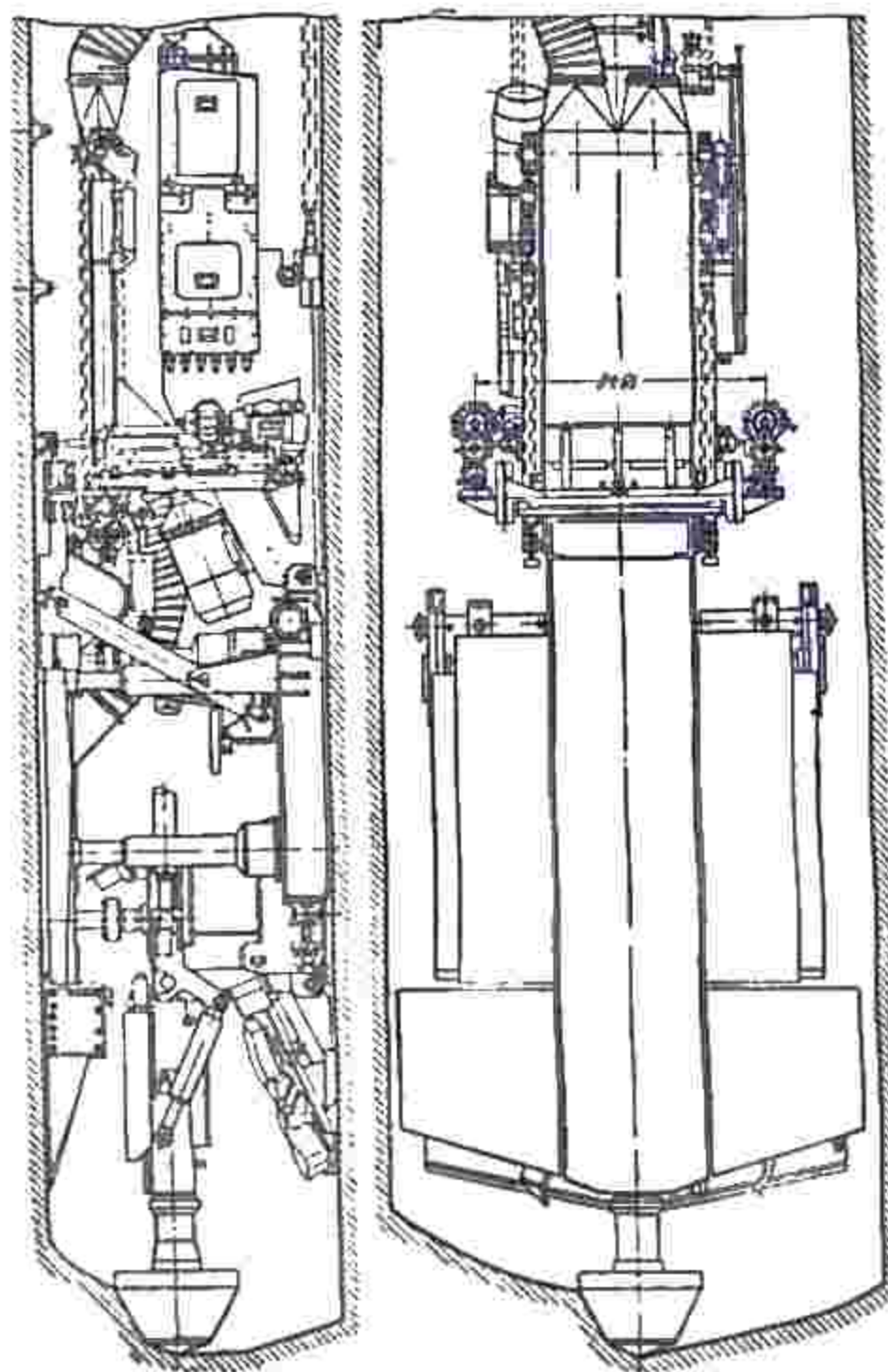


Рис. 35. Общий вид комплекса КН-5И



### Техническая характеристика комплекса

Производительность:		До 1,0
технической по отбойке углей, т/мин		
эксплуатационная по проведению выработки средней площади		1,5
поперечного сечения, м/ч		
Размеры проходной выработки в проходке:		
высота, м		1,8—2,8
ширина, м		2,9—3,3
площадь поперечного сечения, м <sup>2</sup>		6,1—8,0
Угол наклона выработки по восставию, градус		0—35
Основные размеры, мм:		
высота	1745—2820	
ширина по погрузчику	2610	
длина с конвейером	18810	
длина без конвейера	9360	
Масса, т:		
с конвейером	25,5	
без конвейера	23,6	

Испытания комплекса КИ-5Н на шахте «Нагорная» были проведены при проведении вентиляционного штрека по пласту 26а мощностью 2,0—2,2 м (рис. 37). За время испытаний комплексом КИ-5Н пройдено 757 м выработки площадью поперечного сечения 8,5 м<sup>2</sup>.

Работы по проведению штрека осуществлялись проходческой бригадой в составе 20 чел. Сменное звено состояло из 5 чел.: машиниста комбайна, помощника машиниста, проходчика, обслуживающего конвейер, и двух проходчиков, возводивших анкерную крепь.

Проведение штрека производилось при трехсменном режиме работы с восьмичасовыми рабочими сменами по скользящему графику.

Смена начиналась с профилактического осмотра машин комплекса и рабочего места, при котором заменялись зубки на режущей коронке исполнительного органа, смазывались узлы комбайна, проверялось наличие масла и гидросистеме и т. п. Эти работы выполняли 3 чел., остальные проходчики проверяли состояние крепи выработки, наличие необходимых материалов, наращивали вентиляционный и водяной трубопроводы, загружали кассету крепевладчика перфориками крепи. Конвейер наращивался через каждые 10 м подвигая забой.

После окончания подготовительных операций звено приступало к выполнению основных работ проходческого цикла. Машинист обрабатывал забой и грузил отбитую горную массу на конвейер С-53. Одновременно с этим два проходчика работали на бурильных установках.

На расстоянии 2,5 м друг от друга по ширине выработки через отверстия, сделанные в рудонной затяжке, бурили шпурь под анкера. В качестве затяжки использовалась металлическая сетка, так как стеклоткань при прижатии ее перекрытиями секций к кровле рвалась.

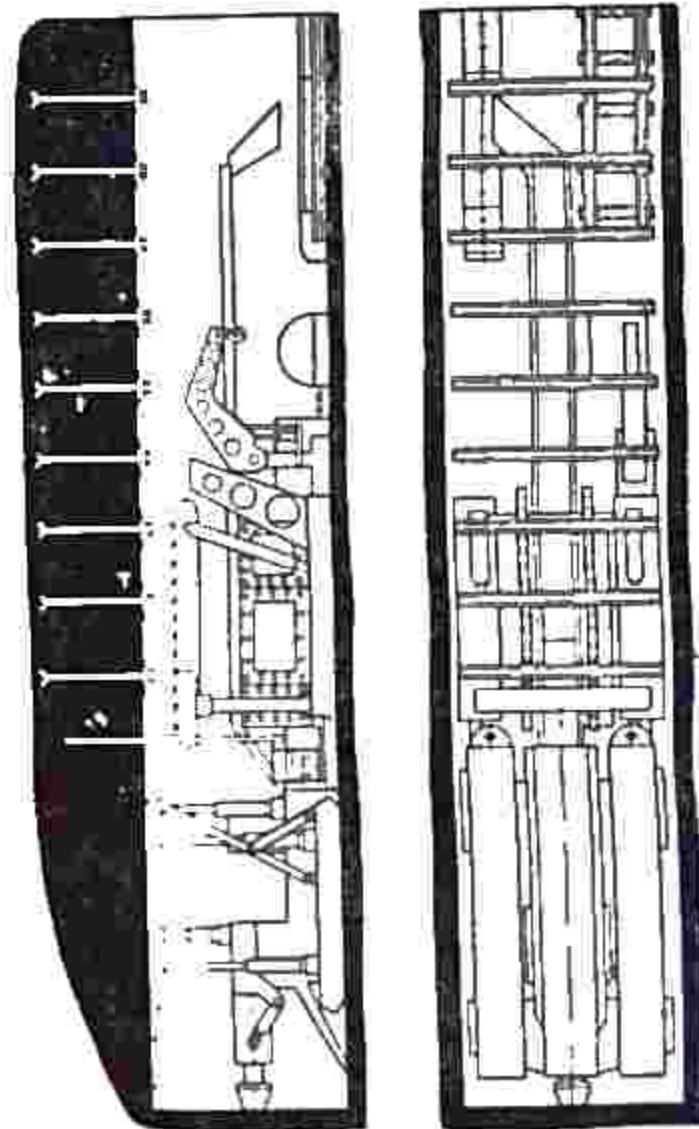
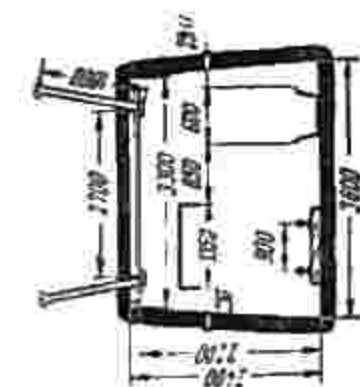


Рис. 37. Технологическая схема проведения вентиляционного штрека 26а по пласту 26а

По окончании бурения шпуров крепеукладчиком подавался и прижимался к кровле верхняк из спецпрофиля СВП-17, затем в его отверстия вставляли анкеры и с помощью электросверла в ключа на анкерах затягивали гайки. По мере подвигания комбайна один или два проходчика периодически зачищали почву выработки, следя за расположением кабеля, шланга, подтягиванием доставочной лебедки ЛВД-24 и работой хвостовой части конвейера.

Работы по отбойке и погрузке горной массы были полностью совмещены во времени с возведением крепи штрека. Время основных операций составило в первую смену 56%, а во вторую и третью смены по 75% от общей продолжительности смены.

В течение четырех смен сотрудниками НИС производственного объединения Южубассуголь проводились хронометражные наблюдения за работой комплекса.

По хронометражным данным время, затраченное на операции «обработка забоя» и «крепление» при проведении 1 м выработки с применением комбайнов распорно-штабующего типа, составляет в среднем 25—30 мин; время, затраченное на эти же операции при применении комбайнов без распорной временной крепи, составляет в среднем 60—70 мин. Время, требуемое на передвижение и распор секций комбайна при проведении 1 м выработки, составляет 3—4 мин.

Гидрофицированная временная крепь, используемая в качестве механизма передвижения, дала возможность создать безопасные условия труда в забое выработки и обеспечить необходимую устойчивость комбайна при его движении в заданном направлении.

Указанные достоинства конструкции комбайна КН-5Н и принятая организация работ позволили достичь следующих результатов: максимальная суточная скорость составила 40 м, а сменная — 18 м, средняя суточная скорость проведения составила 27 м, а сменная — 9 м. Производительность труда составила 1,8 м/чел-смену, а себестоимость проведения 1 м выработки 21,82 руб.

Сравнительные технико-экономические показатели работы опытного образца комплекса КН-5Н и серийно выпускаемых комбайнов ПК-3м и 4ПУ на различных шахтах приведены в табл. 16.

Из табл. 16 видно, что производительность труда проходчиков при проведении выработки комплексом КН-5Н в 3,25 раза выше, чем при проведении выработки комбайном ПК-3м на этой же шахте, в 2,9 и 2,2 раза больше, чем при проведении выработок комбайном 4ПУ на шахтах «Новокузнецкая» и «Байдаевская». Себестоимость проведения 1 м выработки комплексом КН-5Н соответственно меньше на 2,35; 1,62 и 6,31 руб.

С 1 июня 1976 г. шахта «Нагорная» организовала скоростное проведение конвейерного штрека и вентиляционного штрека площадью поперечного сечения 8 м<sup>2</sup> двумя комплексами КН-5Н по пласту 26а.

Пласт 26а мощностью 2,0—2,3 м с углом падения 0—5° сложен углями марки Ж. Ложная кровля мощностью 0,2—0,3 м представлена плиточным аргиллитом очень слабой устойчивости. Не-

посредственная кровля мощностью 3,4—4,0 м представлена аргиллитом средней устойчивости с коэффициентом крепости  $f = 4$ . Основная кровля мощностью 25—30 м представлена крепким алевродитом с  $f = 5$ . Почва пласта мощностью 10—14 м представлена крепким алевродитом с  $f = 5$ .

Таблица 16

Показатели	КН-5Н (шахта «Нагор- ная»)	ПК-3м (шахта «Нагор- ная»)	4ПУ (шахта «Ново- кузнец- кая»)	4ПУ (шахта «Байда- евская»)
Число рабочих дней	28	24	24	27
Площадь поперечного сечения выработки, м <sup>2</sup>	8,5	9,3	6,6	6,6
Численность бригады, чел.	15	24	17	12
Максимальная скорость проведения:				
м/сут	40	23	н. д.	17
м/смену	18	12	н. д.	8
м/мес	757	320	252	261
Средняя скорость проведения:				
м/сут	27	11,25	10,5	9,7
м/смену	9	3,75	н. д.	3,9
м/мес	675	270	252	н. д.
Производительность труда, м/чел-смену	1,8	0,55	0,62	0,81
Стоимость проведения 1 м выработки, руб.:				
заработная плата	10,26	10,70	9,97	9,23
материалы	11,56	13,47	13,47	18,8

Крепление выработок осуществлялось анкерной крепью, состоящей из верхняка (спецпрофиль СВП-17), двух металлических анкеров АК-8 (ШК-8) длиной 1,8 м и металлической сетки.

Выработки проветривали вентиляторами СВМ-6, диаметр вентиляционных труб 600 мм. Транспортирование угля от комплекса на конвейерном штреке производили ленточным конвейером ЛЛ-80, а на вентиляционном штреке скребковым конвейером С-53.

Бригада проходчиков состояла из 78 чел. Из них в забое на обслуживании комбайна и крепление выработки ежемесячно было занято 6 чел., три проходчика занимались доставкой материалов и оборудования в забой и 6 чел. в первую смену занимались доставкой материалов и настилкой рельсовых путей, а также наращиванием противопожарных ставов в обеих выработках.

Режим работы — три восьмичасовые смены в сутки. При проведении конвейерного штрека (рис. 38) ежедневно в начале первой смены в течение трех часов машинист комбайна и его помощник производили технический осмотр и необходимый ремонт комплекса. В это же время 4 проходчика занимались наращиванием ленты телескопического ленточного конвейера ЛЛ-80. Закончив подготовку комплекса к работе, все звено в течение 30 мин отдыхало. После перерыва машинист комбайна приступал к обработке забоя и погрузке отбитой горной массы. Одновременно с обработкой

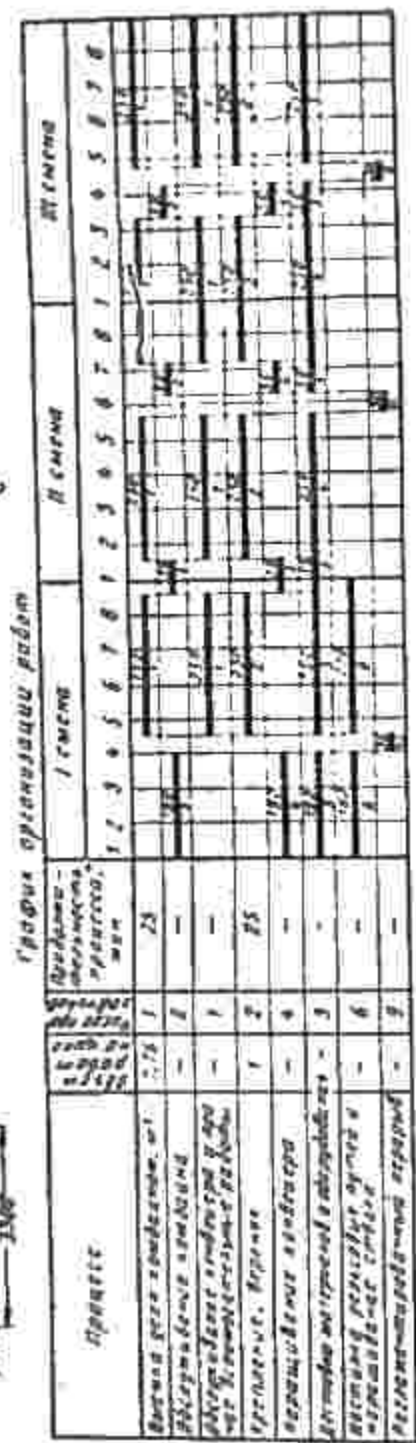
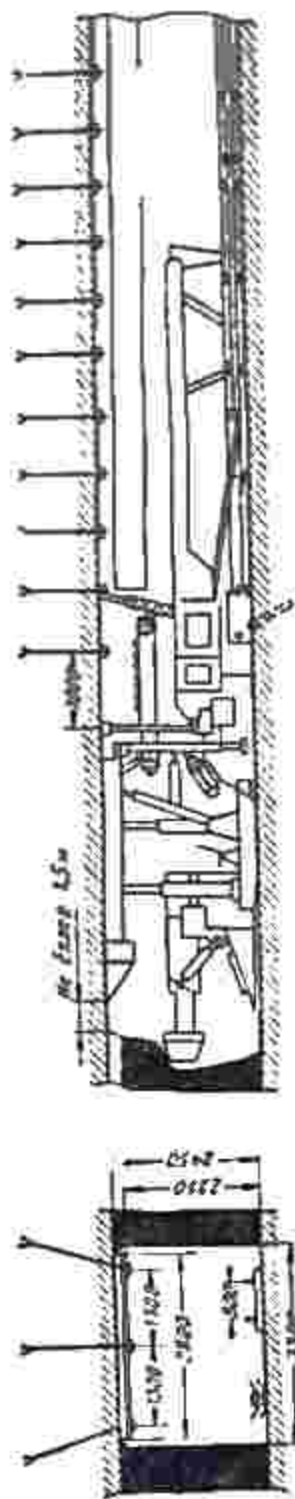


Рис. 38. Технологическая схема проведения конвейерного штрека комплексом КН-5Н

забой два проходчика занимались бурением шпуров и креплением выработки, двое наращивали телескопический конвейер, устанавливая промежуточные секции, вентиляционные трубы, зачищали почву выработки за комбайном, один проходчик обслуживал конвейер и выполнял прочие вспомогательные работы. Все эти процессы совмещались и выполнялись до конца первой смены в течение 4 ч 30 мин. В начале второй и третьей смены в течение 45 мин машинист комбайна и его помощник проводили технический осмотр комплекса, проходчики готовили забой к работе, после чего приступали к проведению выработки.

При проведении вентиляционного штрека (рис. 39) в начале первой смены машинист комбайна и его помощник в течение 3 ч производили технический осмотр и ремонт комплекса КН-5Н, а проходчики наращивали скребковый конвейер и вентиляционные трубы, переносили датчики АКВ и ДМТ. Скребковый конвейер наращивали через каждые 10 м по мере проведения выработки.

Затем все звено в течение 30 мин отдыхало. После перерыва машинист приступал к обработке забоя и погрузке отбитой горной массы. Одновременно с обработкой забоя проходчики занимались креплением выработки, доставкой материалов и оборудования в забой. В начале второй смены в течение 36 мин производилось обслуживание комбайна и наращивание конвейера.

За время скоростной проходки комплексами КН-5Н за 31 рабочий день пройдено 2020 м. Максимальные подвигания забоя при проведении конвейерного штрека составили 60 м/сут. Максимальная скорость при проведении вентиляционного штрека составила 63 м/сут или 29 м/смену. В 1977 г. на шахте «Нагорная» с применением комплексов КН-5Н и экспериментальных комбайнов распорно-шагающего типа было пройдено 9165 м пластовых выработок, а в 1978 г. — 8300 м.

В Кузнецком бассейне ежегодно проводят около 100 км наклонных выработок площадью поперечного сечения 5—8 м<sup>2</sup>. Из этого объема выработки, пройденные по пластам с углом наклона от 6 до 15°, составляют 72%, а выработки с углом наклона от 15 до 30° — 25%. Средняя длина наклонных выработок, определяемая размерами выемочных полей, для условий Кузбасса составляет 230—250 м. Скорость проведения наклонных выработок по углу не превышает 60—70 м/мес. Увеличение нагрузки на очистные забои и сокращение времени подготовки выемочных полей требуют значительного повышения скорости проведения наклонных выработок. Одним из путей повышения скорости проведения этих выработок является применение проходческих комбайнов распорно-шагающего типа. На шахтах производственных объединений Южкузбассуголь и Прокопьевскуголь комбайны шагающего типа испытывались при проведении наклонных и восстающих выработок.

На шахте «Нагорная» производственного объединения Южкузбассуголь экспериментальным проходческим комбайном СРПК

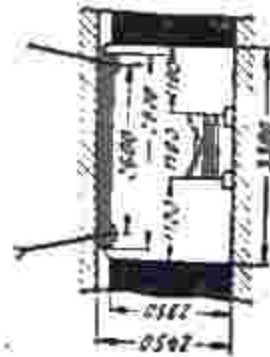
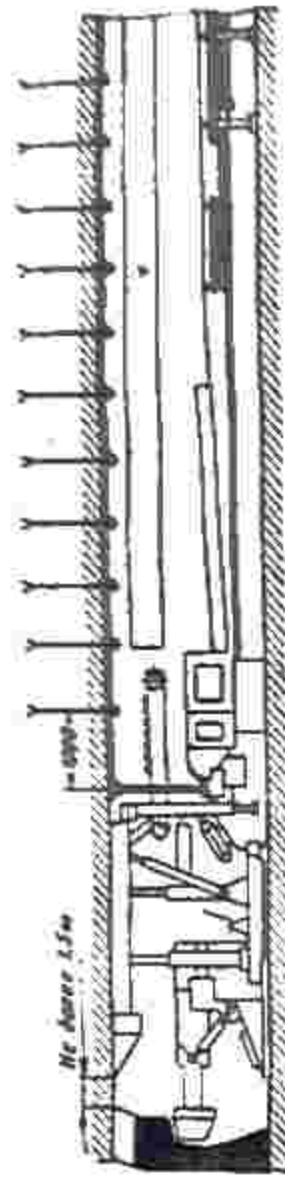


График производящих работ

Процесс	I смена								II смена								III смена							
	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8
Высота угла конвейера, м	7,75	1																						
Обслуживание конвейера		2																						
Обслуживание конвейера и прочие производственные работы			1																					
Крепление, бурение				1				27																
Парашивание лампы конвейера 10-м и др.																								
Парашивание лампочек конвейера																								
Восстановление и обслуживание																								
Реставрация и обслуживание																								

Рис. 39. Технологическая схема проведения вентиляционного штрека комплексом КН-5Н

распорно-шагающего типа была проведена разрезная печь площадью поперечного сечения 5,5 м<sup>2</sup> с углом наклона от 10 до 40°. Пласт имеет мощность 2,0–2,25 м. Дожная кровля пласта мощностью 0,2–0,3 м представлена аргиллитом с коэффициентом крепости  $f = 2$ , основная кровля мощностью 25–30 м — плотным, устойчивым алевролитом с коэффициентом крепости  $f = 5$ . За 20 дней работы было пройдено 89 м. Максимальная скорость при угле наклона выработки 20° составила 12 м/сут, при угле наклона 37° — 8 м/сут. Производительность труда проходчиков на выход при проведении наклонной выработки с применением комбайна СРПК в среднем составила 0,89 м.

Этим же комбайном на шахте «Байдаевская» был пройден бремсберг длиной 90 м площадью поперечного сечения 6,5 м<sup>2</sup> в свету. Угол наклона бремсберга менялся от 30 до 35°. Пласт 29а простого строения, имеет мощность 4,2–4,25 м. Непосредственная кровля пласта мощностью 2,5–3,0 м сложена мелкозернистым алевролитом средней устойчивости с  $f = 3$ . Максимальная скорость проведения при угле наклона выработки 35° достигла 4 м/смену. При этом производительность труда проходчиков на выход составила 0,835 м.

Испытания комбайна СРПК, проведенные на шахтах «Нагорная» и «Байдаевская», подтвердили целесообразность и эффективность применения комбайнов распорно-шагающего типа для проведения выработок с углом наклона от 10 до 35° по устойчивым и среднеустойчивым углям и породам.

Комплекс КН-5Н проходил промышленные испытания на шахте «Байдаевская» при проведении путевого бремсберга площадью поперечного сечения 7,4 м<sup>2</sup> по пласту 29а в районе квершлага № 6. Пласт в этом районе имеет мощность 3,8 м. Коэффициент крепости угля по шкале проф. М. М. Протодыконова  $f = 1,0 + 1,2$ . Сопротивляемость для резания 150–180 кгс/см. Угольная пыль считается взрывоопасной. Угол падения пласта на гор. +110 м составляет 30°, увеличиваясь по восстанию на гор. +210 м до 40°. На контакте с пластом имеется дожная кровля мощностью до 0,3 м. Непосредственная кровля пласта мощностью до 3 м — мелкозернистые алевролиты средней устойчивости с коэффициентом крепости  $f = 3,0 + 3,5$ . Основная кровля представлена чередующимися слоями разнозернистого алевролита и песчаника с коэффициентом крепости  $f = 4 + 9$ .

Непосредственно в почве залегает слабоустойчивый аргиллит с коэффициентом крепости  $f = 2$ . Мощность этого слоя изменяется от 1 до 1,4 м, ниже него залегает песчаник.

Работы по проведению путевого бремсберга осуществлялись проходческой бригадой, состоящей из 12 чел. Сменное звено состояло из 4 чел., из которых двое заняты работами на комбайне и двое — на крепеукладчике. Крепление бремсберга осуществлялось двумя анкерами под металлический верхник (швеллер № 10) со сплошной перетяжкой кровли металлической сетью. Под каждый верхник устанавливалась промежуточная деревянная стойка.

Бремсберг делился на ходовое отделение шириной 1 м и грузовое шириной 1,95 м. Ходовое отделение от грузового отшивали на всю высоту бремсберга деревянными плахами.

В грузовом отделении настилался решетчатый став для транспортирования угля к месту погрузки, рядом с решетками перемещался скип, в котором доставляли материал в забой. Пропеление бремсберга осуществлялось при трехсменном режиме работы с семичасовыми рабочими сменами. Операции по обработке забоя и креплению совмещались во времени. Отшивка грузового отделения от ходового и наращивание решеток осуществлялись силами всего звена. Вспомогательные операции (зачистка выработки, наращивание труб орошения, подвеска кабеля, подноска материалов) выполнялись двумя — четырьмя проходчиками. Доставка материалов в забой велась в ремонтную смену доставщиками-такелажниками с применением лебедки ЛВД-21 и скипа.

За время испытаний комплексом КН-5Н на шахте «Байдаевская» пройдено 186 м наклонной выработки площадью поперечного сечения 7,4 м<sup>2</sup>. Максимальная скорость составила 13 м/сут, а средняя — 6 м/сут. Производительность труда проходчиков составила 0,5 м/чел-смену, а себестоимость проведения 1 м выработки — 45,91 руб.

Опыт проведения бремсберга на шахте «Байдаевская» подтвердил возможность применения комбайнов распорно-шагающего типа для проведения восстающих выработок с углом наклона до 40°.

На шахте «Центральная» производственного объединения Проконьевскуголь испытывался разработанный ИТР шахты и объединения проходческий комбайн распорно-шагающего типа ПКВВ. В этом комбайне в отличие от комбайна СРПК имеется предохранительное устройство, расширяющееся в закрепленную часть выработки. С применением ПКВВ в 1975 г. были пройдены две восстающие выработки с углом наклона от 30 до 60° площадью поперечного сечения 8,2 м<sup>2</sup> общей протяженностью 364 м. В 1978 г. с применением комбайна ПКВВ пройден скат длиной 180 м площадью поперечного сечения 8,2 м<sup>2</sup> по пласту Пятилетки мощностью 4,6 м и углом падения до 45°.

Опыт показал, что применение проходческих комбайнов распорно-шагающего типа при проведении наклонных выработок является перспективным. Производительность труда и скорость проведения наклонных выработок по сравнению с достигнутыми в настоящее время увеличиваются в 2,5—3 раза.

В период промышленных испытаний комплекса КН-5Н на шахтах «Нагорная» и «Байдаевская» для определения силовых и энергетических характеристик были проведены замеры мощности, потребляемой двигателем исполнительного органа, скорости и усилия подачи исполнительного органа, усилия распора секций крепи при работе комбайна и усилия передвижения.

Мощность электродвигателя исполнительного органа измерялась ваттметром МИТ конструкции КузИНУИ [50]. Усилия, возни-

кающие в процессе перемещения комплекса и при его распоре, определялись по давлению в гидродомкратах передвижения и распора [51]. Для измерения давления в гидродомкратах применялись потенциометрические датчики давления типа П-100. Запись показаний производилась осциллографом ОР. Датчики давления устанавливались в напорной магистрали гидродомкратов. Замеры мощности, потребляемой двигателем исполнительного органа комплекса

КН-5Н на шахте «Нагорная», проводились при различных скоростях горизонтальной подачи исполнительного органа. По данным, полученным в результате обработки осциллографических записей исследуемых параметров, построены зависимости средних значений потребляемой мощности, энергоемкости процесса разрушения угля и производительности от скорости подачи исполнительного органа (рис. 40).

Характерная осциллограмма с записью мощности привода исполнительного органа приведена на рис. 41.

Из графиков, представленных на рис. 40, видно, что минимальное значение энергоемкости (в пределах проведенных измерений) для исполнительного органа комбайна составило около 0,68 кВт × ч/м<sup>2</sup>. Этот минимум соответствует скорости подачи 3—4 м/мин. Производительность  $\Pi$  и соответственно мощность  $N$ , потребляемая электродвигателем исполнительного органа, при скоростях подачи, равных 4 м/мин, имеют максимальное значение и составляют 0,98 м<sup>3</sup>/мин, а  $N = 50$  кВт.

Давление распора в гидродомкратах центральной секции при передвижке боковой секции составляет 7,5—10,0 МПа, а усилие

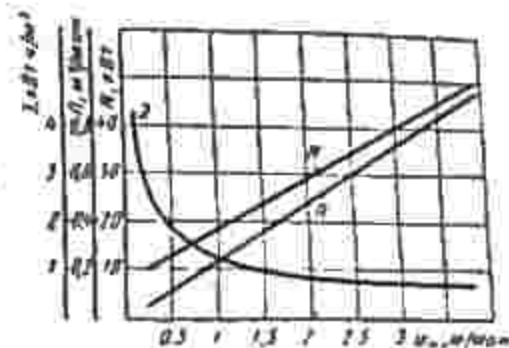


Рис. 40. Зависимость мощности  $N$ , производительности  $\Pi$  и энергоемкости  $E$  от скорости подачи  $v$ .



Рис. 41. Осциллограмма с записью мощности, потребляемой приводом исполнительного органа комплекса КН-5Н

распора секции изменяется от 0,31 до 0,39 МПа. Давление в гидродомкратах при передвижении при передвижке боковой секции составляет 2,0—4,0 МПа, а усилие передвижки — 0,017—0,035 МН.

Давление распора гидродомкратов боковых секций при передвижении центральной секции изменяется от 7,0 до 9,5 МПа, а усилие распора двух боковых секций составляет 0,56—0,73 МН.

Давление в гидродомкратах при передвижении центральной секции составляет 4—6 МПа, а усилие передвижки центральной секции 0,154—0,244 МН.

Замеры мощности, потребляемой двигателем исполнительного органа комплекса КН-5Н на шахте «Байдаевская», проводились при различном направлении движения исполнительного органа. По результатам обработки осциллограмм было выявлено, что мощность, потребляемая электродвигателем исполнительного органа при проведении наклонной выработки, изменяется от 9 до 14 кВт. Это объясняется большой клявизностью угля, который интенсивно обрушался при обработке забоя. Вследствие этого производительность исполнительного органа оказалась намного выше теоретической и достигла 2,9 м<sup>3</sup>/мин. Соответственно наблюдалось и значительное (до 0,2—0,015 кВт·ч/м<sup>3</sup>) уменьшение энергоемкости процесса разрушения угля.

Давление распора в гидродомкратах центральной секции при передвижении боковой секции составляет 8,2—8,7 МПа, а усилие распора секции 0,328—0,348 МН. Давление в гидродомкратах при передвижении боковой секции составляет 9,5—9,7 МПа, а усилие передвижения 0,056—0,0 МН. Давление распора в гидродомкратах боковой секции при передвижении центральной секции составляет 7,7—8,6 МПа, а усилие распора боковых секций 0,616—0,688 МН. Давление в гидродомкратах при передвижении центральной секции составляет 5,5—6,0 МПа, а усилие передвижения центральной секции — 0,22—0,24 МН. Из полученных результатов видно, что усилия передвижения боковой секции в наклонной выработке на 0,035 МН больше усилия передвижения этой секции в горизонтальной выработке, а усилия передвижения центральной секции в наклонной выработке по сравнению с усилиями передвижения в горизонтальной выработке больше только на 0,015 МН. Такая небольшая разница усилий передвижения центральной секции объясняется тем, что в наклонной выработке комплекс работал без конвейера. Анализ мощности, потребляемой двигателем исполнительного органа, и энергоемкости разрушения угля позволяет рекомендовать увеличение мощности привода исполнительного органа до 50 кВт.

Анализ силовых характеристик системы перемещения и распора показывает, что развиваемые усилия достаточны для перемещения комбайна на забой и создания необходимого напорного усилия при проведении горизонтальных и наклонных с углом наклона до 35° выработок по устойчивым породам. При взаимодействии с породами средней устойчивости и неустойчивыми (как

подтвердил опыт испытания комбайнов распорно-шагающего типа СРПК, КРС-1, КРС-2) наблюдаются топанье кроули и потеря комбайном управляемости.

При проведении восстающих выработок с углом наклона 55—60° для увеличения безопасности работ и устойчивости комбайна, кроме распора секций в кроулю и почву выработки, необходимо применять специальные удерживающие устройства, взаимодействующие с постоянной крепью, установленной за комбайном.

Опыт применения проходческих комбайнов распорно-шагающего типа, промышленные испытания и опытная эксплуатация проходческих комплексов КН-5Н при проведении наклонных выработок подтверждают перспективность применения проходческих комплексов и комбайнов с механизмом передвижения распорно-шагающего типа для проведения выработок с углом наклона до 35°, пройденных по устойчивым и средней устойчивости породам [52]. Для уменьшения влияния распорно-шагающего механизма передвижения проходческих комбайнов на состояние кроули необходимо уменьшить величину распора, что может быть достигнуто за счет уменьшения массы комплексов. Опыт проведения наклонных и восстающих выработок комбайнами КН-5Н и ПКВВ показал, что совершенствование конструкции удерживающих устройств, расположенных в закрепленном пространстве, позволит проходить выработки в различных горно-геологических условиях, в том числе по пластам угля со слабоустойчивыми и нарушенными породами кроули [53]. Применение комбайнов с механизмом передвижения распорно-шагающего типа и проходческих комплексов, выполненных на их основе, позволит повысить производительность труда и скорость проведения наклонных выработок по сравнению с достигнутыми в настоящее время в 2,5—3 раза.

Имеющийся опыт применения проходческих комбайнов циклического действия с механизмом передвижения распорно-шагающего типа позволяет сделать некоторые выводы об области применения и направлении развития конструкций комбайнов этого типа.

1. При проведении подготовительных выработок, наряду с широким применением комбайнов циклического действия на гусеничном ходу, будут применяться проходческие комбайны циклического действия с механизмом передвижения распорно-шагающего типа. Последние должны получить преимущественное распространение при проведении наклонных выработок. В связи с этим для упрощения эксплуатации и обслуживания комбайнов на шахтах представляются целесообразными максимальная унификация узлов комбайнов обоих типов и использование секций гидрофицированной крепи серийных механизированных комплексов в качестве элементов механизма передвижения для комбайнов шагающего типа.

2. Применение распорной крепи на комбайне позволяет увеличить его устойчивость и без существенного увеличения массы конструкции значительно увеличить мощность исполнительного органа.

По схеме с распорно-шагающим механизмом передвижения, объединенным с гидрофицированной крепью, возможно создание проходческих комбайнов массой не более 15 т с мощностью двигателя исполнительного органа до 80 кВт для проведения выработок площадью поперечного сечения 5—12 м<sup>2</sup> по углю и по углю с присечкой породы с  $f < 6$  по шкале проф. М. М. Протодьяконова. Кроме того, схема комбайна с механизмом передвижения распорно-шагающего типа наиболее приемлема для создания проходческих комбайнов циклического действия, предназначенных для проведения двухпутных выработок площадью поперечного сечения до 20 м<sup>2</sup> и выработок по породам с  $f = 8$  по шкале проф. М. М. Протодьяконова. Мощность двигателя исполнительного органа таких комбайнов может составлять 150—200 кВт.

#### 4.6. Разработка и совершенствование проходческих комбайновых комплексов для проведения подготовительных выработок

Повышение уровня концентрации и интенсификации очистных работ, обусловленное развитием комплексной механизации и автоматизации производственных процессов, требует значительного увеличения скорости и снижения стоимости проведения подготовительных выработок.

Решение этих задач должно осуществляться двумя путями: совершенствованием организации проходческих работ и использованием существующей высокопроизводительной проходческой техники, обладающей значительными резервами повышения производительности, и созданием новых проходческих комбайновых комплексов.

Совершенствование организации работ позволит увеличить эффективность применения существующей проходческой техники, а работы по созданию полностью механизированных проходческих комплексов позволят коренным образом улучшить существующую технологию горноподготовительных работ и обеспечить достижение качественно нового уровня технологии, отвечающего современным техническим и социальным требованиям. Совершенствование организации проходческих работ, как показал опыт скоростных проходческих бригад бассейна, позволит достичь высоких показателей, но не может значительно снизить объем немеханизированного труда, имеющего место при проведении подготовительных выработок.

Необходимость проведения значительного объема подготовительных и нарезных выработок в бассейне настоятельно требует выполнения научно-исследовательских, экспериментальных работ и широкого внедрения наиболее прогрессивных средств ведения подготовительных работ и в первую очередь создания комбайновых проходческих комплексов — проходческого оборудования, обеспечивающего непрерывную поточную технологию проведения выработок. По принятой в настоящее время классификации [54] про-

ходческие комбайновые комплексы подразделяются в соответствии со следующими основными признаками: по области применения — для проведения подготовительных и нарезных выработок; по углам наклона выработок — для горизонтальных и наклонных — до  $\pm 10^\circ$  и наклонных до  $\pm 35^\circ$  выработок; по характеристике забоя — для угольного и смешанного забоя с коэффициентом крепости пород  $f$  до 4, смешанного забоя с коэффициентом крепости пород  $f$  до 6, смешанного забоя с  $f > 6$  и т. д.; по форме кровли выработки — для выработок арочной формы и с плоской кровлей.

Наиболее актуальным в Кузбассе является проведение протяженных конвейерных и вентиляционных штреков по углю без подрывки почвы и кровли на пологих пластах, а также промежуточных, конвейерных и вентиляционных штреков по углю на пластах крутого падения. Разработка основных требований, которым должны удовлетворить будущие проходческие машины, обусловила необходимость комплексного исследования всей совокупности технологических, технических, организационных и экономических аспектов наиболее прогрессивной технологии проведения подготовительных выработок. Основным методом таких исследований является разработка и исследование обобщенной математической модели проведения подготовительных выработок комбайновым способом, которая наиболее приемлема для исследования сложных систем, характеризующихся деятельностью людей, работой различных машин и механизмов и выполняющих непрерывные и дискретные действия. В разработанной КуЗНИИИ математической модели системы выделены три основных критерия оптимальности: минимальные приведенные затраты  $C$ , минимальная удельная трудоемкость  $T$  и минимальные затраты времени  $t$  на проведение выработки. В соответствии с принятыми критериями оптимальности математическая модель системы записывается в общем виде функциями:

$$T = \sum_{i=1}^m T_i \rightarrow \min;$$

$$C = \sum_{i=1}^p C_i \rightarrow \min;$$

$$t = \sum_{i=1}^r t_i \rightarrow \min,$$

где  $T_i$ ,  $C_i$ ,  $t_i$  — зависимости, отражающие соответственно трудоемкость, стоимость и продолжительность проведения горной выработки;  $m$ ,  $n$ ,  $p$  — возможное число функциональных зависимостей по критериям  $T$ ,  $C$  и  $t$  соответственно.

На основании критериев оптимальности, выраженных функциями, были разработаны и исследованы модель трудоемкости проведения подготовительных выработок, экономико-математические модели приведенных затрат и затрат времени на проведение подготовительных выработок. Исследование влияния горно-геологи-

ческих и технических факторов, параметров проходческого цикла и организации работ в забое на функции цели проведено в результате решения обобщенной математической модели на ЭВМ «Папр-2».

Проходческие комбайновые комплексы должны обеспечивать непрерывную поточную технологию проведения подготовительных выработок при минимальных затратах средств, времени и труда.

Все основные операции проходческого цикла должны быть механизированы, а их выполнение совмещаться во времени, т. е. должно предусматриваться только параллельное выполнение отдельных операций проходческого цикла. Вновь разрабатываемые комплексы должны создаваться по принципу машины-автомата. Комбайновый проходческий комплекс должен представлять собой конструктивно и кинематически объединенные в единое целое машины, выполняющие все технологические операции проходческого цикла. Для совмещения операций по отбойке угля и креплению выработок оборудование, механизмирующее возведение анкерной крепи, должно являться узлом временной гидрофицированной крепи и монтироваться на минимальном расстоянии от режущей головки исполнительного органа. Оборудование для крепления анкерами должно включать не только средства для бурения шнуров под анкерную крепь, но и средства для механизированной установки анкеров, верхняков, завинчивания гаек и натяжения рудонной затяжки. Временная гидрофицированная крепь должна совершенствоваться в направлении установления рациональных форм, конструкции, размеров и жесткости верхняков, их числа, соединения друг с другом, подавляемости, числа и расположения стенок. В проходческих комбайновых комплексах должен быть принят комбинированный механизм передвижения, включающий гусеничный ход и распорно-шагающий механизм с гидрофицированной временной крепью.

Конструкция гусеничных тележек должна соответствовать условиям их работы как в качестве гусеничного движителя, так и в качестве опорного устройства. Должна быть установлена и принята наиболее рациональная схема механизма передвижения распорно-шагающего типа, которая позволила бы работать как в режиме шагающей с распором, так и в режиме передвижения комплекса на гусеничном ходу, когда временная гидрофицированная крепь являлась бы ограждающей.

Совершенствование конструкции комплекса должно идти не только в направлении совершенствования временной гидрофицированной крепи. Должна быть критически пересмотрена компоновка базовой машины — проходческого комбайна. Очевидно, что достоинства комбайнов со стреловидным исполнительным органом начинают при создании проходческих комплексов на базе комбайнов этого типа превращаться в недостаток — конструкции комбайнов (комбайнов со стреловидным исполнительным органом создавались для иных целей) затрудняет совмещение операций по отбойке угля и креплению. Компоновка узлов проходческой машины

должна быть выполнена таким образом, чтобы обеспечить удобную установку постоянной крепи на минимальном расстоянии от забоя, разместив вблизи от забоя оборудование для крепления.

В перспективе транспортирование горной массы от комплекса должно осуществляться телескопическим ленточным конвейером с самоходной натяжной головкой. Выполнять натяжную головку в виде единого узла с шагающей крепью нецелесообразно. Штреки должны будут оборудоваться ленточным конвейером для транспортирования угля при проходческих и очистных работах и, возможно, рельсовыми путями для монтажа очистных комплексов. Поэтому транспортирование материалов и оборудования в проходческий забой может осуществляться в вагонетках по рельсам либо в самоходных вагонетках с дизельным или автономным электрическим приводом на пневмошинном ходу. Самоходные вагонетки с дизельным или автономным электрическим приводом являются перспективным транспортом в проходческих комплексах, предназначенных для проведения нарезных выработок малой протяженности. Транспортирование угля из забоя и материалов в забой скребковыми конвейерами должно быть исключено из технологии горноподготовительных работ.

В перспективе проходческие комплексы должны быть оборудованы гидравлическим или пневматическим транспортом угля из забоя выработки.

Создаваемые комбайновые проходческие комплексы для сокращения времени процесса разрушения угля в забое должны иметь большую мощность привода исполнительного органа. В перспективе должны создаваться машины для проведения выработок по углю с мощностью привода исполнительного органа до 250—300 кВт. Производительность проходческих машин будущего должна приближаться к производительности очистных комплексов, т. е. в сущности это должны быть проходческо-добычные комплексы. Проходческие комплексы будущего должны быть оборудованы следующими системами автоматического управления: программным управлением исполнительным органом комбайна; автоматического регулирования нагрузки двигателя исполнительного органа, контроля и стабилизации направления движения комбайна; контроля и регулирования пылегазового режима.



## Б. СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ОРГАНИЗАЦИИ ПРОВЕДЕНИЯ ПОДГОТОВИТЕЛЬНЫХ ВЫРАБОТОК ПРОХОДЧЕСКИМИ КОМБАЙНАМИ

Для проведения подготовительных выработок различного назначения в Кузбассе применяют проходческие комбайны ПК-3м, 4ПУ, ПК-9Р, ГПК и 4ПП-2. На шахтах с пологим залеганием пластов успешно эксплуатируются комбайны ПК-3м (ПК-3Р) и ГПК.

На шахтах Прокопьевско-Киселевского района Кузбасса проходческие комбайны со стреловидным исполнительным органом начали применяться с 1970 г. Первыми инициаторами скоростных проходок на Прокопьевско-Киселевском руднике были горняки шахты «Центральная». В 1973 г. здесь с применением комбайна 4ПУ было пройдено 606 м промежуточных штреков площадью поперечного сечения 6 м<sup>2</sup>, с помощью комбайна ПК-9Р было пройдено 600 и 813 м основных штреков площадью поперечного сечения 11,4 м<sup>2</sup>. В дальнейшем опыт прогрессивной организации труда получил распространение на шахтах им. Дзержинского, «Дальние горы», «Суртвиха», «Краснокаменская», № 12.

В настоящее время имеется тенденция к увеличению объемов проведения подготовительных выработок с использованием прогрессивных методов организации труда, обеспечивающих повышение скорости и производительности труда проходчиков в 3—4 раза по сравнению с достигнутыми.

### Б.1. Скоростное проведение выработок с применением комбайнов ПК-3м (ПК-3Р) \*

Проходческие комбайны ПК-3м нашли широкое применение на шахтах, отрабатывающих пологие пласты. Более 54% объема выработок, проводимых с помощью комбайнов, и 12,5% от общего числа проходческих комбайнов, находящихся в наличии на шахтах бассейна, приходится на долю комбайнов ПК-3м (ПК-3Р). Средняя скорость проведения выработок этими комбайнами составляет 202,3 м/мес.

Например, на шахтах производственного объединения Ленинуголь проводят выработки по пластам мощностью от 2,3 до 2,7 м с углом падения до 10°. Уголь средней крепости, имеются включения оолитового железняка. Форма выработок трапециевидная, площадь поперечного сечения 5,8—8,1 м<sup>2</sup> в свету. Крепят выработки в основном деревянными рамами через 0,7 м. Некоторые

\* Написано совместно с Г. И. Колмаевым и В. И. Корюновым.

выработки крепят деревянными рамами и в промежутках между ними — анкерной крепью. Применение анкерной крепи в сочетании с деревянной позволяет крепить выработки постоянной крепью за комбайном, делая залодки по 1,4 м, что резко увеличивает скорость подгигания забоя.

Транспортирование угля из выработки до уклона, где он поступает на ленточные конвейеры, производится скребковыми конвейерами С-53, установленными у борта выработки. Общая длина скребковых конвейеров достигает 1,5 км, т. е. в линии работают до 10 конвейеров. Конвейерные линии автоматизированы по схеме АУК-10ТМ.

Материалы и оборудование доставляются по уклону в вагонетках вместимостью 3 м<sup>3</sup> или на платформах с помощью лебедки. По штрекам крепежные материалы транспортируются скребковыми конвейерами.

Вода из выработок откачивается насосами 1В20/10 или К-60. Для уменьшения запыленности воздуха на комбайне используются водовоздушные эжекторы и орошение, применяется также увлажнение угля в массе через шпур. Вентиляционные трубы диаметром 600—800 мм подвешивают к верхним каткам с противоположной от машиниста стороны. Для проветривания забоя монтируют рабочий и резервный вентиляторы СВМ-6, чаще — последовательно из двух-трех единиц. Питание вентиляторов осуществляется от различных трансформаторов с обеспечением электрической блокировки. При остановке рабочего вентилятора автоматически включается резервный. Контроль за количеством воздуха, поступающего в забой, осуществляется аппаратурой АКВ-2П, работающей в комплексе с аппаратурой телесигнализации и управления «Ветер». Содержание метана в выработке контролируется датчиками АМТ-3.

Высокие показатели работы на шахтах производственного объединения Ленинуголь объясняются одновременным использованием в работе двух проходческих комбайнов. Новый забой подготавливается заранее, в нем монтируется все необходимое оборудование (рис 42).

Доставку оборудования в забой и выдачу его на поверхность, а также переброску его из одной выработки в другую выполняет бригада такелажников. На подготовительном участке состав бригады определяется объемом работ, а число такелажников изменяется в зависимости от протяженности выработок от 15 до 24 чел. Монтаж оборудования в забоях осуществляется совместно бригадой такелажников и электрослесарей. Бригадой такелажников руководит горный мастер. За каждым комбайном ПК-3м закреплен опытный электрослесарь.

Работы по проведению выработок ведут в три смены по 7 ч. В каждый забой выходят 3—4 проходчика. Кроме того, в ремонтную смену на оба забоя выходят четыре проходчика на главе с бригадиром. В ремонтную смену за 3 ч производится наращивание и рихтовка забойных конвейеров, устанавливаются промежу-

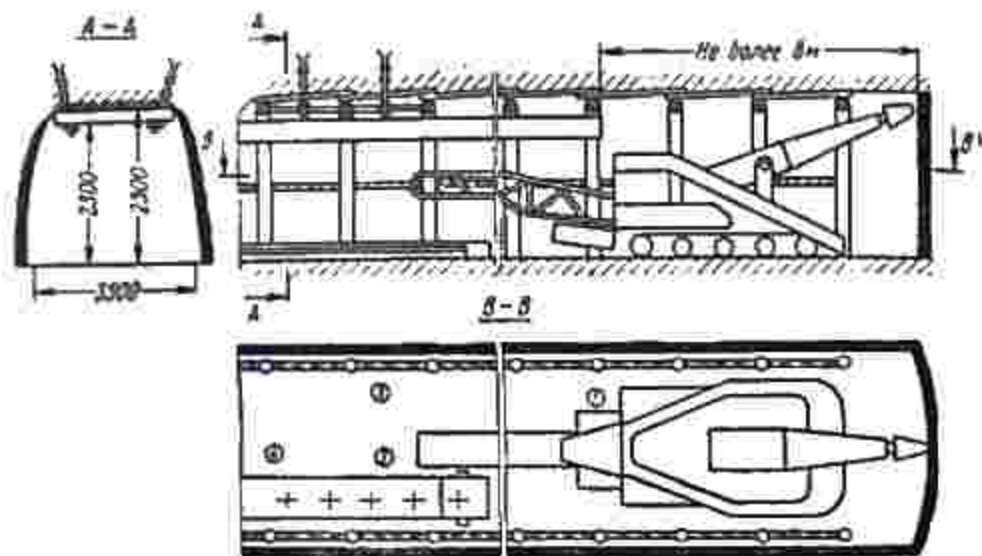


Рис. 42. Схема размещения проходческого оборудования

точные рамы крепи, а затем, когда приходят рабочие основной смены, совместно с ними доставляется крепежный материал. По уклону до штреков материалы доставляет специальная бригада.

В ремонтно-подготовительную смену также осуществляются техническое обслуживание и планово-предупредительный ремонт оборудования. Электрослесари осматривают электроаппаратуру, магнитные пускатели, проверяют надежность крепежных соединений редукторов ходовой и режущей частей комбайнов, цепь заземления, крепление ограждающих кожухов двигателей и редукторов.

На некоторых пластах состояние кровли позволяет возводить основную крепь с расстоянием между рамами 1,4 м, а промежуточную анкерную крепь устанавливать вслед за комбайном с отставанием от забоя на 15 м. Это дает возможность увеличить чистое время работы комбайна. Конвейер наращивается через каждые 10 м. Зачистку выработки на участке наращивания конвейера производят скрепером. Скреперы широко применяют также для зачистки выработки после окончания проходки.

Организация труда проходчиков — сквозная суточная комплексная бригада со сдельно-премиальной оплатой за месячные результаты работы. Звенья начинают свою работу с любых операций, не законченных предыдущей сменой. Предусматривается максимальное совмещение работ. На выполнении операций проходческого цикла заняты четыре человека: машинист управляет комбайном, два проходчика возводят промежуточные рамы, заделывают лес и подносят его к комбайну и один проходчик зачищает почву выработки и следит за работой перегружателя. При удалении комбайна совмещаются операции по установке промежуточной

крепи и наращиванию вентиляционных труб. На установке рамы основной крепи заняты все проходчики. Возведение рамы производится за 15—20 мин, выемка угля комбайном на глубину 1,4 м — за 25—30 мин.

Время, затрачиваемое на выполнение основных операций проходческого цикла (подготовительно-заключительные операции, выемка угля комбайном, крепление выработки, наращивание конвейера и вентиляционных труб), составляет 80,6% продолжительности смены.

Простои по техническим причинам (неполадки с механизмами и т. д.) составляют 15% [55]. Время работы комбайнов по проведению выработок в среднем за смену составляет 20%.

Технико-экономические показатели работы наиболее передовых бригад представлены в табл. 17.

## 5.2. Опыт скоростного проведения выработок с применением комбайнов 4ПУ

Наибольший успех при проведении подготовительных выработок с применением комбайна 4ПУ достигнут на шахте им. Дзержинского производственного объединения Прокопьевскуголь. За 31 рабочий день по пласту Прокопьевскому было пройдено 1300 м конвейерных штреков площадью поперечного сечения 6 м<sup>2</sup>. Среднее продвижение забоя составило 41,9 м/сут. Максимальная скорость проведения штрека арочной формы достигла 45 м/сут, а трапециевидной формы — 62 м/сут. Численность проходческой бригады составила 13 чел., численность звена — 4 чел.

В процессе скоростной проходки были проведены хронометражные наблюдения организации труда (рис. 43). Анализ графика рис. 43 показывает, что обработка забоя комбайном составляет 47,3% от общей продолжительности смены, крепление выработки — 42,9%, подготовительно-заключительные операции — 4% и наращивание конвейера — 4,8%.

Трудоемкость обработки забоя комбайном составила 217 чел-мин, трудоемкость крепления — 1028 чел-мин, наращивание конвейера 84 чел-мин. Подготовительно-заключительные операции составили 33 чел-мин.

Один проходческий цикл (3 м выработки) состоял из следующих операций: обработки забоя комбайном, затяжки кровли выработки и доставки материалов в рабочую зону (продолжительность операций 38—42 мин); крепления выработки (продолжительность операций 36—48 мин); наращивания конвейера (продолжительность 18—24 мин).

Такие результаты были достигнуты за счет совмещения обработки забоя комбайном с затяжкой кровли, доставкой материалов и подвеской вентиляционных труб, применения специального шаблона для разметки шпуров под анкерные болты; перегона комбайна из выработки в выработку без разборки решетчатого става

Показатели	Годы						
	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977
Общий объем проведенных работ, м	$\frac{4040}{4319} (121,7)$	$\frac{3407}{4361} (128)$	$\frac{5049}{7240} (121,9)$	$\frac{7205}{8721} (121)$	$\frac{7120}{8304} (120)$	$\frac{7110}{7956} (111,0)$	$\frac{8073}{8041} (117,0)$
Среднесуточная скорость проведения работ, м/мес	$\frac{337}{110} (121,7)$	$\frac{284}{303} (128)$	$\frac{248}{302} (121,9)$	$\frac{100}{403,5} (121)$	$\frac{206,5}{354} (120)$	$\frac{206}{332} (112,0)$	$\frac{267}{325} (116,0)$
Численность бригады	$\frac{24}{23} (95,8)$	$\frac{19}{17} (89,5)$	$\frac{29}{28} (96,0)$	$\frac{30}{30} (100)$	$\frac{30}{30} (100)$	$\frac{31}{30} (96,7)$	$\frac{23}{32} (87,2)$
Отработано выходов	$\frac{6525}{5873} (90,0)$	$\frac{5015}{4111} (87,4)$	$\frac{6554}{6142} (83,7)$	$\frac{7079}{6976} (98,6)$	$\frac{6809}{7166} (105)$	$\frac{6301}{7152} (87,2)$	$\frac{6427}{6427} -$
Производительность труда проходчиков на выход, м/чел-смену	$\frac{0,09}{0,64} (135,2)$	$\frac{0,67}{0,96} (146,4)$	$\frac{0,91}{1,10} (130,1)$	$\frac{1,03}{1,24} (120)$	$\frac{0,99}{1,03} (104)$	$\frac{0,87}{1,11} (126)$	$\frac{17,2}{17,6} (103,5)$
Среднесуточная производительность в труде проходчиков, м/мес	$\frac{14,03}{17,82} (127)$	$\frac{14,94}{21,38} (143,1)$	$\frac{17,1}{21,6} (126,1)$	$\frac{19,7}{24,2} (123)$	$\frac{19,2}{22,12} (114)$	$\frac{18,9}{22,0} (116)$	$\frac{17,2}{17,6} (103,5)$
Зарботная плата проходчиков на выход, руб.	$\frac{16,7}{16,7} -$	$\frac{18}{18} -$	$\frac{22}{22} -$	$\frac{24,4}{24,4} -$	$\frac{23,5}{23,5} -$	$\frac{24}{24} -$	$\frac{23}{23} -$

Примечание. В последнем столбце приведены значения показателей, в знаменателе — фактические, в числителе — расчетные, в скобках указаны коэффициенты в процентах.

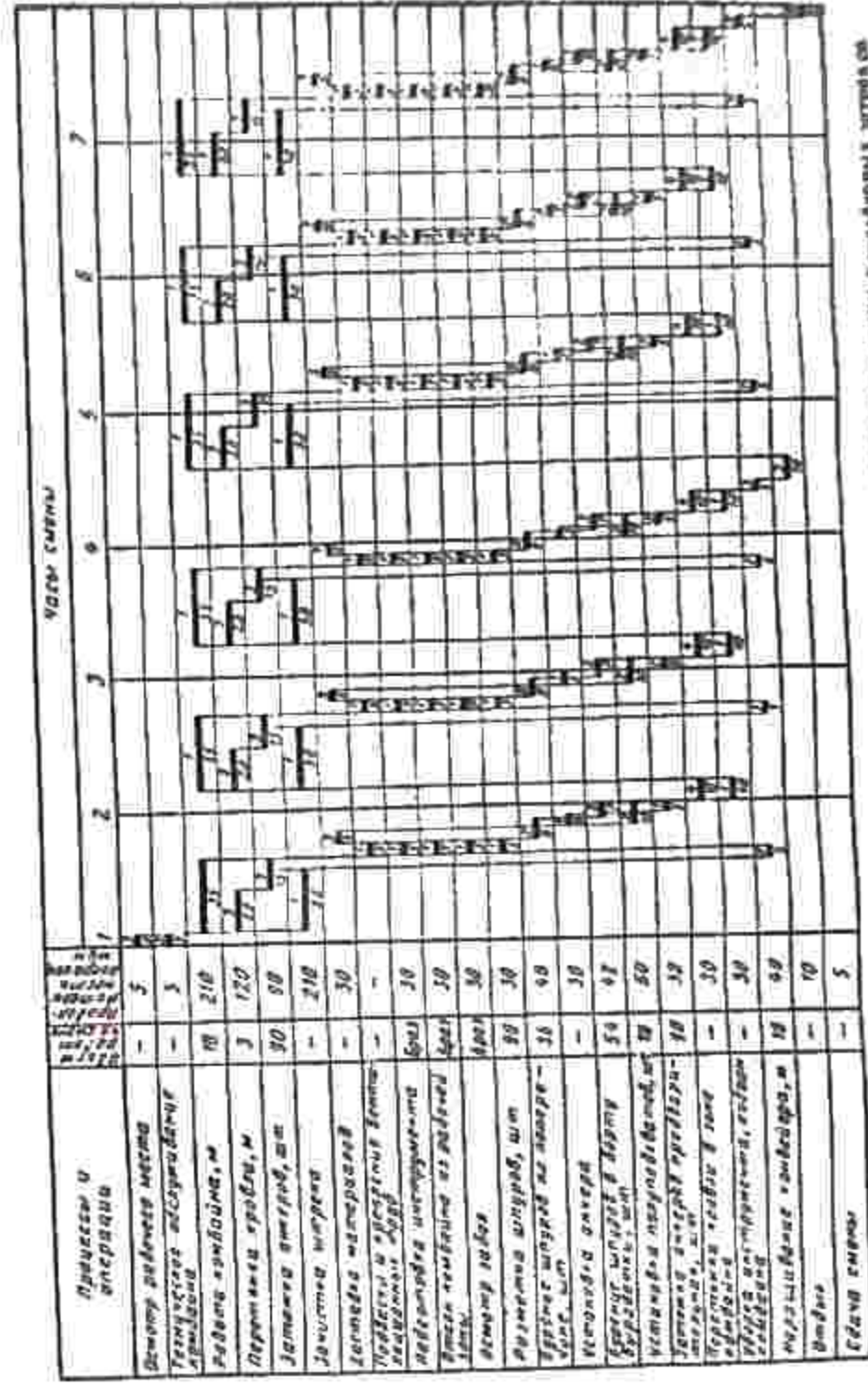


Рис. 43. График организации труда в бригаде Ф. К. Мельникова при скоростном проведении работ.

по уложенным рядом с конвейером деревянным брусам; квалифицированного технического обслуживания комбайна.

В 1974 г. на этой шахте за 31 рабочий день с применением комбайна 4ПУ было пройдено 1631 м конвейерных и вентиляционных штреков по пласту Прокопьевскому [56].

Пласт Прокопьевский на этом участке состоял из двух пачек угля. Мощность каждой пачки колебалась от 2,7 до 3,8 м. Пласт разделен прослойком алевролита средней крепости и устойчивости, мощностью от 2,6 до 6,0 м. Кровля пласта мощностью 3—4 м представлена приглитом, местами замещенного алевролитом или песчаником, средней и ниже средней устойчивости. Почва пласта — устойчивый алевролит с прослойками песчаника. Угол падения пласта изменился от 38 до 56°. Штреки площадью поперечного сечения 6,2 м<sup>2</sup> в проходке имели арочную форму. Штрек крепили металлическими полуподвзватоми типа ПА-2В из швеллера № 10 на пяти анкерах длиной 1,8 м и крепью МТК-3 с полной перетяжкой бортов и кровли выработки. Крепью МТК-3 было закреплено около 100 м вентиляционного штрека нижней пачки. Расстояние между полуподвзватами и рамами металлической крепи составило 1 м.

Проведение штреков осуществлялось двумя проходческими комбайнами 4ПУ, причем в работе находился только один комбайн. В связи с тем, что длина каждого из штреков не превышала 300 м, после того как заканчивалась проходка одного штрека первым комбайном, звено переходило в забой другого штрека, оборудованный вторым комбайном. В это время первый комбайн перегонялся в забой следующей выработки. Объем проведения выработок первым комбайном составил 841 м, второй — 790 м.

Комбайн по штрекам перегонялся своим ходом. При этом отсоединялся уширитель погрузочного лотка и демонтировался перегружатель. Убирался верхний став рештаков. Комбайн перегонялся над нижним ставом рештаков звеном из 5 чел.: 3—4 слесари и 2 проходчика из бригады. Трудоемкость перегона комбайна на 200 м с демонтажем перечисленного оборудования составила 5 чел.-смен.

Уголь из забоя транспортировали сарбковыми конвейерами С-53 до углеспускной печи и далее в вагонетках УВД-3.3 по откаточному штреку. Доставка материала и оборудования в забой производилась с поверхности по шурфу при помощи лебедки ЛГКН. Проветривание штреков осуществлялось вентилятором ВМП с квершлага № 8 по трубам диаметром 600 мм.

Работа в бригаде была организована в три семичасовые смены при пятидневной рабочей неделе с двумя общими для бригады выходными днями. Численность проходческой бригады — 16 чел., звена — 5 чел. Бригаду смененно обслуживали один электрослесарь, два доквашника-такельщика и один насыпщик-откатчик. Кроме того, в первую смену четыре электрослесаря занимались монтажом-демонтажем конвейера, наращиванием водопровода, ревизией и перегоном комбайнов, 2 чел. спускали с поверхности и

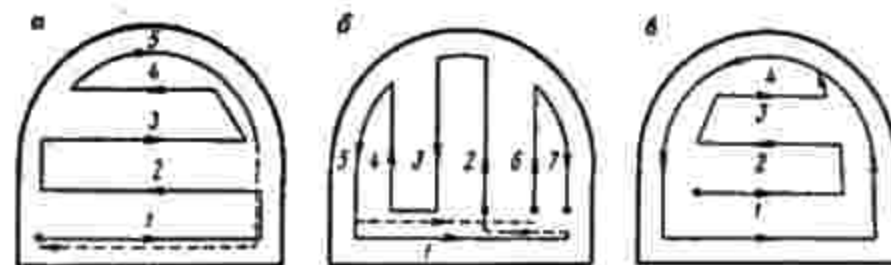


Рис. 44. Схемы обработки забоя комбайном 4ПУ при скоростном проведении выработок в бригаде Ф. К. Мельниора.  
а, б — при скорости 1300 м/мес; в — при скорости 1631 м/мес

2 принимали внизу на штреке материалы и оборудование для проходки.

Ежедневно в начале первой смены машинист комбайна и один проходчик производили профилактический осмотр комбайна. Остальные проходчики в это время осматривали и поправляли крепь, наращивали конвейер или занимались доставкой материалов в забой.

После окончания профилактического осмотра машинист комбайна приступал к выемке угля. Ранее в бригаде применялись две схемы обработки забоя: с вертикальными и горизонтальными резами. При этом резцовая коронка перемещалась до крайних точек профиля выработки, что неизбежно приводило к оставлению неровностей на бортах и кровле выработки, требовавших зачистки вручную. Для полного исключения этих непроизводительных операций при обработке забоя и для получения точного профиля сечения выработки бригадой была применена схема, при которой обработка забоя осуществлялась горизонтальными резами с оставлением пеллика угля толщиной около 2/3 диаметра коронки по периметру выработки. Этот пеллик угля разрушался последним круговым движением резцовой коронки (рис. 44).

Принятая схема обработки забоя позволила в 1,2 раз увеличить машинное время работы комбайна в смену, предусмотренное графиком организации труда.

За цикл забой подвигался на 3 м. Время обработки забоя изменялось от 25 до 59 мин, что объясняется наличием включений окислов железняков мощностью 0,2 м и более. Затем комбайн отгоняли в закрепленную часть выработки и устанавливали крепь. Крепь возводили всем звеном в следующем порядке. Первый и второй проходчики устанавливали по кровле выработки (по ее оси) шаблон из швеллера № 10 длиной 3,2 м с четырьмя отверстиями диаметром 46 мм, расположенными через 1 м друг от друга. При этом первый проходчик соединял конец шаблона с верхним анкером установленного подвзвата, а второй проходчик поддерживал другой конец шаблона у кровли выработки. Параллельно с этими работами третий проходчик подносил к забоя анкерный болт, приспособление для его расклинивания и электросверло ЭР-18д.

бурил вертикальный шпур через отверстие и шаблон и устанавливал анкер с приспособлением для расклинивания замка анкерного болта. Второй проходчик кувалдой расклинивал замок анкера. Четвертый и пятый проходчики доставляли в забой элементы крепи, вертыв и пятый проходчики доставляли соединяли полуподхваты и совместно со вторым проходчиком устанавливали анкерные болты для промежуточных кругов крепи. В это время третий проходчик бурил для промежуточных шпуров, первый и второй проходчики устанавливали анкерные болты и навешивали на них полуподхваты, а четвертый и пятый проходчики снимали шаблон и устанавливали его по оси нижнего ряда шпуров. Третий проходчик начинал бурить шпур ниже ряда от забоя. Четвертый и пятый проходчики помогали бурить, устанавливали и расклинивали анкерные болты и соединяли их с нижними концами полуподхватов. Первый и второй проходчики переносили шаблон на противоположный борт выработки, помогали третьему проходчику бурить шпур, устанавливали и расклинивали анкерные болты и совместно с четвертым и пятым проходчиками присоединяли к ним нижние концы полуподхватов. После этого через отверстия в полуподхватах бурили оставшиеся шесть шпуров, устанавливали анкерные болты с гайками и производили частичную перетяжку кровли. Время на бурение шпуров, установку анкерных болтов и полуподхватов составляло 20—26 мин. После установки рам крепи машинист комбайна приступал к обработке забоя, а четыре проходчика занимались полной перетяжкой кровли и бортов выработки и окончательно затягивали гайки анкерных болтов. На эти операции затрачивалось 7—10 мин. В дальнейшем проходчики наращивали трубы вентиляционной или водопроводной магистрали, подносили материалы, решетки и цепи для наращивания конвейера.

Наращивание скребкового конвейера производилось через 15 м. Для сокращения затрат времени на наращивание конвейера за работающей концевой головкой по мере продвижения забоя укладывались решетки со скребковой цепью. К трем решеткам подсоединялась транспортируемая комбайном резервная концевая головка. Затем концевая головка конвейера и собранный участок из трех решеток с головкой и цепью подвигались комбайном назад и присоединялись к основному стволу решеток. Такой порядок работы позволил почти в 3 раза сократить время наращивания скребкового конвейера.

По результатам хронометражных наблюдений за работой бригады, проведенных в производственном объединении Прокопьевскуголь, был составлен график организации труда (рис. 45). Графиком устанавливалось проведение шести циклов — 18 м готового штрека за семичасовую смену. Из графика видно, что обработка забоя комбайном составила 50% (или 3,5 ч) от общей продолжительности смены, крепление выработки составило 30%, подготовительно-заключительные операции — 10,5% и наращивание конвейера — 9,5% от общей продолжительности смены.

Трудоемкость обработки забоя комбайном составила 210 чел.-мин, трудоемкость крепления — 1033 чел.-мин, трудоемкость наращивания конвейера — 1704 чел.-мин; подготовительно-заключительные операции составили 678 чел.-мин.

Основные операции проходческого цикла: обработка забоя выполнялась в течение 25—33 мин, крепление выработки — 40—46 мин, наращивание конвейера длиной 15 м — 40 мин.

Новым в организации работ и технологии проведения выработки по сравнению с предыдущим примером проведения являлось: способ обработки забоя; способ наращивания конвейера; увеличение численности проходческого звена (с 4 до 5 человек); перемещение комбайнов из выработки в выработку над нижними решетками конвейера; организация работы с двумя комбайнами: одним — находящимся в работе, вторым — подготовленным к работе в новом забое.

Разработанные и внедренные проходческой бригадой организационно-технические мероприятия по выполнению отдельных операций проходческого цикла позволили значительно перевыполнить взятые обязательства, пройти 1931 м выработку за 31 рабочий день и значительно повысить производительность труда.

Среднесуточное продвижение забоя составило 52,6 м. Максимальное продвижение — 65 м. Производительность труда проходчиков достигла 3,29 м/чел.-смену.

Такие показатели проходки были достигнуты в результате совмещения операций по обработке забоя комбайном с перетяжкой кровли, доставкой материалов, подвеской вентиляционных труб и наращиванием конвейера; применения шаблона для разметки шпуров под анкеры; применения наиболее рациональной схемы обработки забоя; перегона комбайнов по выработкам без разборки решетчатого става по уложенным рядом с конвейером деревянным брускам; квалифицированного ежемесячного технического обслуживания комбайнов; организации работ по проведению выработки с применением двух комбайнов.

В последнее время на шахтах с крутым залеганием пластов все большее распространение находит многозабойный метод работы проходческих бригад по подготовке выемочных участков, который позволяет сконцентрировать горнопроходческую технику, укрупнить проходческие бригады и сократить сроки подготовки участков.

Достоинства этого метода были подтверждены результатами скоростных проходок на шахтах «Киселевская» и «Зиминка» производственного объединения Прокопьевскуголь.

В 1976 г. на шахте «Киселевская» была организована скоростная подготовка очистных участков на пластах II и II-бис Внутренних [57]. Пласты II Внутренний и II-бис Внутренний мощностью соответственно 6,6—7,0 и 3,2—4,3 м имеют угол падения 67—70°. Уголь пластов средней устойчивости с коэффициентом крепости  $f = 1,0 \div 1,3$ , полуматовой, с прослойками полублестящих разностей, сильно трещиноватый с частой сеткой (через 0,10—0,15 м)

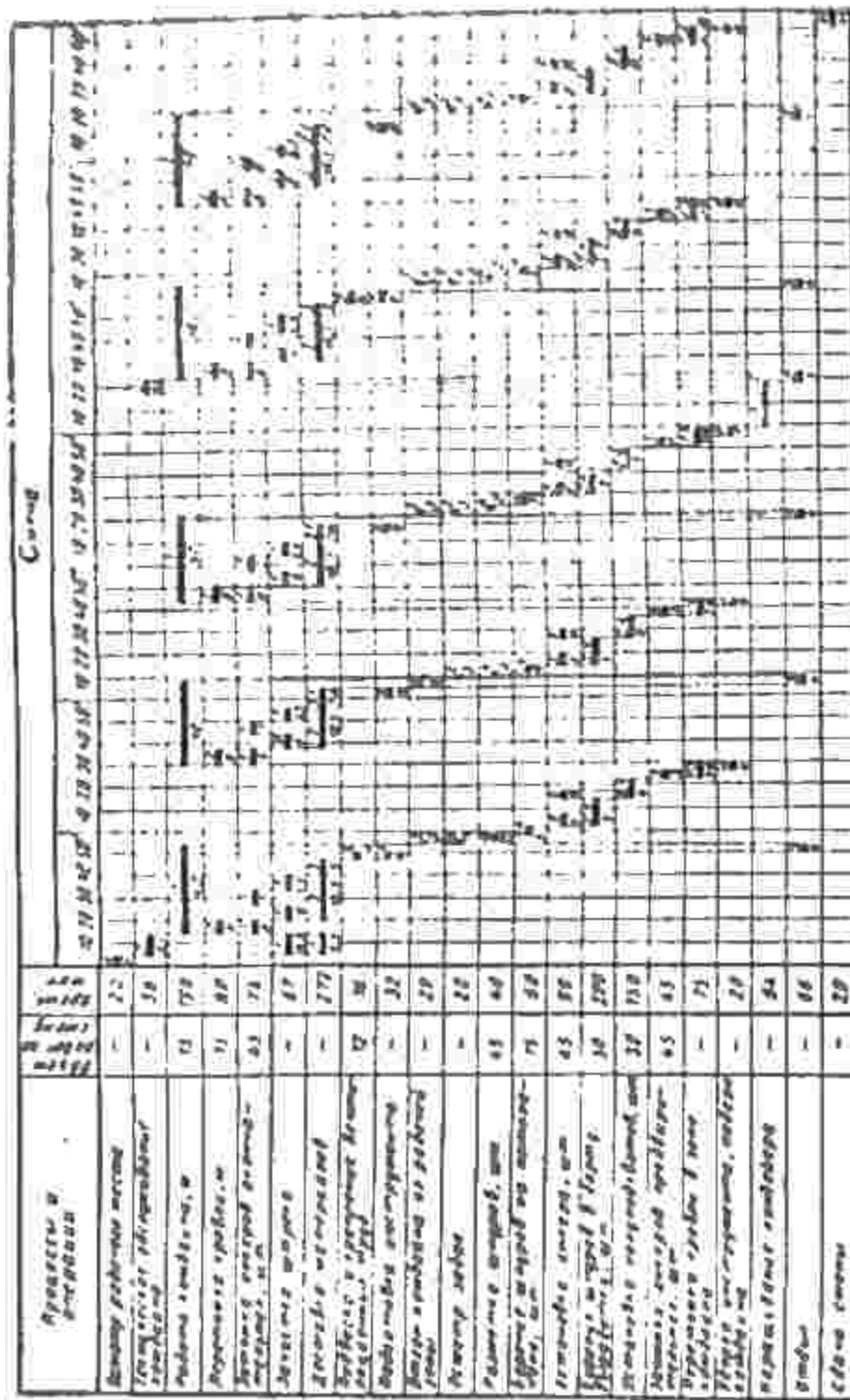


Рис. 45. График организации труда в бригаде при скоростном проведении выработок клинвертных штреков

клинвертная трещина. Уголь вместе пылью садится в самотекотворение и спускается по взрыву угольной пыли. В связи с большой пружинистостью выемочной породы (500 м) подготовленный уступ делится предком шириной 6 м на два блока.

Скоростными методами было необходимо пройти два промежуточных и два параллельных штрека площадью поперечного сечения 0,2 м<sup>2</sup> и свету общей длиной около 2000 м. Выработка проводилась одновременно двумя комбайнами 4ПУ и крепили через 1 м металлической крепию МТК-3. Перетяжка бортов и кровли производилась деревянными натяжками. Кроме того, имелся третий — резервный комбайн, который находился на вентиляционном штреке и вводился в работу в период монтажно-демонтажных работ или при аварии основных комбайнов.

Транспортирование угля по выработкам осуществлялось скребковыми конвейерами С-53 до блоковой печи или грузового отделения ската. По печи уголь самотеком поступал в аккумулярующий бункер над откаточным штреком и далее в вагонетках грузоподъемностью 3,3 т доставлялся до околоствольного двора электровозами. Маневренные работы при погрузке угля в вагонетки осуществлялись лебедкой МК-6.

Доставка материалов в забой осуществлялась: для параллельных штреков — с откаточного штрека по специально оборудованной печи, для промежуточных — с вентиляционного по грузовому отделению шурфа в специально оборудованном скипе.

Работа в бригаде была организована в три семичасовые смены при шестидневной рабочей неделе с одним общим и одним по скользящему графику выходными днями. Один час между сменами использовался для ремонта проходческого оборудования, доставки материалов, порожника и оборудования в забой. В каждую смену выходили 16 проходчиков, в том числе шесть доставщиков материалов. Кроме того, бригаду скоростников ежемесячно обслуживал дежурный электрослесарь по ремонту электрооборудования, который наращивал противопожарный став. Два машиниста электровоза выполняли маневренные работы, доставляли материалы, оборудование и порожник по откаточному штреку и вывозили груженные вагонетки на квершлаг. Была принята следующая расстановка проходчиков в забоях при обработке забоя: машинист управляет комбайном, четыре проходчика занимались креплением, доставкой материалов в забой и зачищали выработку. Проходческий цикл включал проведение 3 м выработки и ее крепление с перетяжкой бортов и кровли. Нарращивание конвейера осуществлялось в конце каждой смены.

Такая организация труда позволила проводить в среднем 70 м выработок двумя комбайнами за сутки. В процессе этой проходки был установлен своеобразный рекорд. 30 июня за три смены было пройдено 100 м выработок и добыто 944 т угля. Всего за 27 дней было пройдено 1 817 м и добыто при этом 180 000 т угля. Производительность труда проходчиков составила 2,4 м/чел-смену.

По рекомендациям КузНУИ и производственного объединения Прокопьевскуголь в 1977 г. был разработан проект скоростной подготовки очистного участка на пласте II Внутреннем шахты «Зиминка».

Пласт II Внутренний нормальной мощностью 2,5—2,8 м имеет угол падения 71—74°. Структура пласта простая. Основная почва и кровля пласта — темно-серый слоистый аргиллит с прослойками алевролита с коэффициентом крепости пород  $f = 6 \div 8$  по шкале проф. М. М. Протодыконова. Пласт в районе скоростной проходки осложнен тринадцатью тектоническими смещениями (согласный и несогласный взбросы), амплитуда которых колеблется от 0,8 до 10 м. Уголь и боксовые породы в зонах нарушения перематы и неустойчивы. Пласт опасен по газу и пыли. Уголь пласта склонен к самовозгоранию.

Для подготовки участка скоростными методами необходимо было пройти четыре конвейерных штрека площадью поперечного сечения 6,2 м<sup>2</sup> в проходке общей протяженностью 1700 м. Выработку проводили одновременно двумя комбайнами 4ПУ. Кроме того, два комбайна готовились к работе. Выработки крепили металлической крепью МТК-3 через 1,2 м, а в зонах нарушений через 0,8 и даже 0,4 м. Перетяжка кровли выработок производилась деревянными затяжками, бортов — на расстоянии 1,2 м от почвы — стеклотканью, а выше — деревом.

Транспортирование горной массы по выработкам производилось скребковыми конвейерами С-53 до скатов и далее самотеком до основного штрека в вагонетки УВД-3,3.

Доставка материалов в забой осуществлялась с основного и вентиляционного штреков по скатам специальной бригадой доставщиков-такелажников в составе 36 чел. Кроме того, на вспомогательных операциях ежедневно были заняты 16 чел. электрослесарей. Работа в бригаде была организована в три восьмичасовые смены по скользящему графику с одним общим выходным днем. Работу в каждой смене выполняли проходческие звенья по 10 чел. в звене.

Графиком организации труда предусматривалось совмещение операций проходческого цикла: одновременно с работой комбайна по отбойке и погрузке угля производились работы по зачистке почвы штреков, доставке материалов в забой. Одновременно с креплением выработок проводили техническое обслуживание оборудования, наращивание труб вентиляционных и водопроводных магистралей.

Наращивание скребковых конвейеров производилось всем звеном через каждые 12,5 м.

Во время подготовки забоя к работе машинисты совместно с электрослесарями осматривали комбайны, заменяли зубки режущей коронки, проверяли уровень масла и наличие инструмента. Остальные проходчики осматривали оборудование, доставляли материалы в забой, наращивали трубы вентиляционной и противопожарной магистралей.

После проведения 1,2 м выработки производилось ее крепление. Для предупреждения аварий предусматривалось выполнение ежемесячных профилактических мероприятий по обслуживанию и ремонту оборудования. Штреки проветривали с помощью вентиляторов местного проветривания «Проходка 500-2м».

Всего за 31 рабочий день было пройдено 1207 м выработок при среднесуточной скорости 39 м. Производительность труда проходчиков составила 1,33 м/чел-смену.

На шахте им. Дзержинского производственного объединения Прокопьевскуголь в октябре 1977 г. объединили две проходческие бригады в одну общей численностью 125 чел., что позволило сконцентрировать проходческую технику и проведение всех подготовительных выработок.

Бригада была укомплектована квалифицированными проходчиками, из которых 60% владели смежными профессиями. Здесь 32 чел. имели права машиниста электровоза, 16 чел. — машиниста проходческого комбайна, 85 чел. — машиниста погрузочных машин.

На техническом вооружении бригады находились три комбайна ГПК, один — 4ПУ, семь погрузочных машин ПНБ-2, две машины ППМ-4Э, четыре буровые каретки КБМ-3у и БКР-2, три буросбечные машины БГА-4 и ЛБС-4.

Бригада работала многозабойным методом, что позволяло сократить до минимума внутрисменные простои, в плановом порядке производить подготовку новых забоев и ремонт оборудования, снизить число проходчиков, отвлекаемых на посторонние работы, наиболее правильно производить расстановку проходчиков по звеньям, до минимума сократить перебои и обеспечить материалами и оборудованием.

В июле — августе 1978 г. на шахте им. Дзержинского за 31 рабочий день подготовлено 2200 м выработок по пласту Двойному.

Пласт Двойной мощностью 5—6 м имеет угол падения от 42 до 50°. Строение пласта простое, уголь средней устойчивости. Непосредственная кровля пласта мощностью 1,0—1,5 м представляет собой трещиноватый алевролит средней крепости. Непосредственная почва пласта мощностью 0,8—1,0 м — крепкий трещиноватый алевролит средней устойчивости.

Скоростным способом проводили откаточный штрек длиной 522 м, вентиляционный, промежуточный и конвейерный штреки длиной по 500 м каждый. Откаточный штрек площадью поперечного сечения 16 м<sup>2</sup> в проходке проводили с применением комбайна ГПК, который обрабатывал забой с двух-трех установок и производил выгрузку угля на почву выработки. Погрузка горной массы в вагонетки УВД-3,3 осуществлялась погрузочной машиной ПНБ-2 за комбайном; вентиляционный, промежуточный и конвейерный штреки площадью поперечного сечения 6,4 м<sup>2</sup> в проходке — с применением проходческих комбайнов 4ПУ и транспортированием горной массы скребковыми конвейерами С-53А.

Крепление откаточного штрека производилось металлической арочной крепью А13-22 через 0,5 м. Крепление вентиляционного,

промежуточного и конвейерного штреков осуществлялось металлической крепью МК-3 через 1 м. Перетяжка бортов и кровли выработок производилась деревом сплошную. Воздух для проветривания штреков подавался по трубам диаметром 660 мм вентиляторами местного проветривания. Выработки проводились одновременно комбайном ГПК и двумя комбайнами 4ПУ в три восьмичасовые смены при шестидневной рабочей неделе. Ежедневно выходили 48 проходчиков; комбайн ГПК обслуживали 6 чел., в смену, комбайн 4ПУ — 5 чел.

Кроме того, в каждую смену выходил один электрослесарь по ремонту оборудования, машинист погрузочной машины ИПНБ-2, машинист электровоза и, в зависимости от объема работ, 6—8 вспомогательных рабочих по доставке материалов в забой.

Материалы и оборудование доставлялись в забой с поверхности по шурфу до вентиляционного штрека и далее по скату до промежуточного и конвейерного штреков. Спуск (подъем) материалов осуществлялся по шурфу — с помощью лебедки БГА800, установленной на поверхности, по скату — ЛВД-34, установленной на вентиляционном штреке.

Среднесуточное продвижение забоев за время проведения выработок составило 71 м, максимальное — 110 м. Производительность труда проходчиков составила: при проведении откаточного штрека — 0,99, вентиляционного, промежуточного и конвейерного штреков — 1,83 м/чел-смену. Эта скоростная проходка позволила на восемь месяцев сократить срок подготовки очистных участков с общими запасами, равными 500 000 т, добыть 27 600 т угля и сэкономить 16 300 руб.

В ноябре 1978 г. на шахте им. Калинина производственного объединения Прокопьевскуголь было пройдено за 26 дней 800 м штреков площадью поперечного сечения 15,5 м<sup>2</sup> в проходке. Штреки проводили с применением проходческого комбайна ГПК по мощному крутому пласту Горелому.

Пласт Горелый простого строения имеет мощность 7,7—8,7 м и угол падения 70°. Угол пласта средней крепости с  $f = 0,6 \div 0,8$ , кливажистый, неустойчивый. Непосредственная кровля пласта представлена серым тонкозернистым песчаником с коэффициентом крепости  $f = 7 \div 9$  по шкале проф. М. М. Протодеяконова. Непосредственная почва пласта мощностью 1,5—2 м представлена аргиллитом с коэффициентом крепости  $f = 4 \div 6$ .

Погрузка горной массы производилась погрузочной машиной ИПНБ-2 в вагонетки УВД-3,3. Крепление штреков осуществлялось арочной металлической крепью А-13-22 через 0,5 м. Борты и кровля выработок перетягивались сплошную деревянной затяжкой.

Режим работы бригады — три восьмичасовые смены. Один час каждой смены отводился для профилактического осмотра оборудования, доставки материалов и прочих вспомогательных работ.

Ежедневно в забой выходили 8 чел. проходчиков, один электрослесарь и три доставщика-такелажника. Общая численность бригады — 51 чел. Среднесуточное продвижение забоев составило

28,6 м, максимальное — 39 м. Производительность труда проходчиков составила 1,1 м/чел-смену. При скоростном проведении штреков было добыто 16 000 т угля.

### 5.3. Примеры скоростного проведения основных штреков с применением комбайнов ПК-9р

В 1974 г. на шахте «Дальние горы» производственного объединения Прокопьевскуголь с применением одного проходческого комбайна ПК-9р по пластам Горелому и II Прокопьевскому было пройдено 902 м выработок [58]. Из них по пласту Горелому пройдено 442 м, по пласту II Прокопьевскому — 460 м. Скоростное проведение штреков позволило примерно в 4 раза сократить сроки подготовки к эксплуатации пластов Горелого и II Прокопьевского.

Пласт Горелый в районе восточного крыла нулевой синклинали с квершлага № 16 гор. +180 м имеет мощность 7—8 м и угол падения 85—87°. Непосредственная кровля пласта — сильно трещиноватый неустойчивый аргиллит мощностью 1,5—2,0 м. Основная кровля пласта — мелкозернистый неслонистый песчаник средней устойчивости. Непосредственная почва — устойчивый среднезернистый песчаник.

Пласт II Прокопьевский мощностью 4,5—5,0 м и с углом падения 85—87° сложен углем с сопротивляемостью резанию 120 кгс/см. Кровля пласта — устойчивый среднезернистый неслонистый песчаник. Непосредственная почва сложена мягким аргиллитом мощностью 0,2—0,5 м. Основная почва представлена устойчивым среднезернистым песчаником.

Основные штреки по пластам Горелому и II Прокопьевскому площадью поперечного сечения  $S_{ст} = 12,4 \text{ м}^2$  и  $S_{пр} = 14,4 \text{ м}^2$  проводились до границы выемочного поля. Крепление осуществлялось металлической податливой арочной крепью ОА2-9 из спецпрофиля СП-18. Рама крепи штрека по пласту Горелому устанавливалась через 0,8 м, по пласту II Прокопьевскому — через 1 м. Кровля и борта выработок полностью перетягивались деревянными затяжками. Горная масса из забоя штрека грузилась питателем и скребковым конвейером комбайна на мостовой ленточный перегружатель, с которого перегружалась на подвесной перегружатель ПЛ-1. Под перегружатель устанавливались 4 вагонетки УВД-3,3. Вагонетки транспортировались электровозами 8АРП.

За бригадой были закреплены четыре электровоза, два из которых работали, а два находились на подзарядке.

Забой штреков проветривались вентиляторами местного проветривания, установленными в квершлагах № 5. Контроль количества воздуха в забое производился аппаратурой АКВ-2м, непрерывный контроль метана — прибором СШ-2 (СМП-1).

Энергоснабжение забоев осуществлялось от передвижной подстанции ТКШВП-180, установленной в трансформаторной нише квершлага № 5.



Режим работы проходческой бригады, состоящей из четырех звеньев по 9 чел. и бригадира — пятидневная рабочая неделя с тремя восьмичасовыми сменами в сутки. Каждые сутки проходку вели три звена. Через три дня работы звено имело дополнительный день отдыха. К каждому звену был прикреплен электрослесарь.

Проходческий цикл начинался с осмотра и проверки комбайна, которые проводили машинист и электрослесарь. В это время три проходчика переносили датчик АКВ и наращивали вентиляционные трубы, пятеро проходчиков готовили материалы, необходимые на сменный объем проходки, и грузили их в вагоны и на специальные платформы.

При обработке забоя комбайном управлял машинист, второй и третий проходчики очищали почву штрека непосредственно за погрузочным органом комбайна. Четвертый и пятый очищали почву штрека за комбайном с обеих сторон от хвостового перегружателя, укладывали шпалы и настилали временный путь. Шестой управлял концевым перегружателем — производил погрузку угля в вагонетки и переводил стрелки. Седьмой — очищал канаву, укладывал в нее желоба и настилал пешеходные мостки. Два проходчика — машинисты электровозов (восьмой и девятый) — управляли электровозами при доставке порожняка под перегружатель и вывозке груженых вагонеток. В течение смены все проходчики, за исключением машинистов комбайна и электровозов, менялись рабочими местами. Каждый из них последовательно выполнял работу по очистке почвы штрека за погрузочным органом комбайна и за комбайном, укладывал шпалы, управлял концевым выключателем перегружателя, очищал канаву и т. д.

После отбойки 0,8 м машинист останавливал комбайн, два проходчика брали приямки и устанавливали стойки крепи, а трое проходчиков с легкого полка, устанавливаемого на рабочем органе комбайна и крепи, монтировали верхняк и производили затяжку бортов и кровли выработки. Остальные проходчики доставляли в забой элементы крепи, затяжки, настилали рельсовый путь, переносили подвески перегружателя.

После установки крепи цикл повторялся. Стрелочные переводы и разминовки переносились очередным звеном бригады через каждые пять дней работы по проведению. В это же время производилось наращивание водопроводной сети, переноска электрооборудования, ремонт вентиляционного става и пролеждение разведочных орт и ниш под оборудование. График организации работы, разработанный до начала проведения, как правило, перевыполнялся. В отдельные смены скорость проведения выработки достигала 12—13 м.

Для определения длительности отдельных операций проходческого цикла и анализа причин потерь времени в процессе скоростного проведения велись хронометражные наблюдения, которые показали, что продолжительность обработки забоя на длину 0,8 м изменялась от 20 до 35 мин и в среднем составила 21 мин, про-

Операции	Число звеньев	Число бригадиров	Число электрослесарей	Часы смены																
				1	2	3	4	5	6	7	8									
Осмотр и проверка комбайна и датчика АКВ	1	1	1	1																
Перенос датчика АКВ и наращивание вентиляционных труб	3	2	1	1																
Заготовка материалов	5	6	1	1																
Работа комбайна, м	0,8	1	21	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Затяжка бортов, верхняк на временном пути, м	0,8	4	21	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Прочистка канавы, настилание пешеходных мостков	0,8	1	21	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Крепление штрека	5	6	8	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Порядок надбесен перегружателя	1	1	8	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Обмен вагонеток	2	2	8	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Перегрузка угля в вагоны и их транспортирование	3	21	21	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Настилание пешеходного пути	5	1	10	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Рис. 46. График организации труда в бригаде при скоростном проведении штреков

должительность крепления — от 7 до 15 мин, в среднем — 8 мин (рис. 46). Затраты времени на настилку рельсового звена составляли в среднем 14 мин, а на подготовительно-заключительные операции — приведение забоя в безопасное состояние, осмотр и опробование комбайна — 60 мин.

Потери времени при скоростном проведении происходили в основном в результате остановки конвейера грузчика из-за заклинивания кусков угля в приемном окне корпуса комбайна. На второй день скоростного проведения по пласту Горелому было встречено геологическое нарушение, в результате чего объем присечки породы резко увеличился и из-за недостаточной пропускной способности шахтного подъема по выдаче породы на поверхность скорость проведения упала.

Скоростное проведение выработок показало, что у комбайна ПК-9р недостаточна мощность двигателя привода мостового ленточного перегружателя, которую необходимо увеличить с 8 до 11 кВт. В местах перегрузки угля со скребкового конвейера на ленточный перегружатель и с ленточного перегружателя на мостовой пролежит интенсивное просыпание угля на почву выработки, мала прочность гибких пластин, соединяющих поворотный питатель с корпусом комбайна, недостаточно надежно соединение вала двигателя привода исполнительного органа с моторной шестерней.

В результате скоростного проведения были достигнуты следующие технико-экономические показатели:

подвигание забоев штреков, м: за 23 рабочих дней — на 836 м, за 27 — 902 м.

Производительность труда проходчиков достигла 1,08 м/чел-смену; себестоимость 1 м штрека составила 129,75 руб.

В мае 1975 г. шахта «Дальние горы» организовала скоростное проведение основных штреков комбайном ПК-9р по пластам III и IV Внутренним с кваршлага № 5. Пласт III Внутренний мощностью 4,5—5 м и с углом падения 85° состоит из относительно устойчивого угля с коэффициентом крепости  $f = 1,5$ . Пласт склонен к самовозгоранию, слабо обводнен. Кровля пласта — аргиллит средней устойчивости.

Пласт IV Внутренний мощностью 7,5—10 м с углом падения 85° имеет прослойки аргиллита мощностью 0,1—1,5 м и включения оолитового железняка. Уголь пласта относительно устойчивый, средней крепости, с  $f = 1,5$ .

Кровля пласта — среднезернистый неслонистый слаботрешиноватый устойчивый песчаник. Почва пласта — неслонистый сильно-трешиноватый неустойчивый аргиллит.

Штреки проводили площадью поперечного сечения 15,5 м<sup>2</sup> в проходке и 12,4 м<sup>2</sup> в свету. Крепление штреков осуществлялось металлической крепью ОА2-9 с полной перетяжкой бортов и кровли выработки. Расстояние между рамами крепи составляло 1 м. Транспортирование горной массы от комбайна осуществлялось в вагонетках вместимостью 3,3 м<sup>3</sup> электровозом 8АРП.

Вначале штрек проводили по пласту III Внутреннему, затем — по IV Внутреннему.

До начала проведения были заготовлены лесные материалы, металл и метизы более чем на половину объема проходки. Места складирования были оборудованы на кваршлага № 5.

Форма организации труда — комплексная бригада. Проходческое звено состояло из машиниста комбайна, пяти проходчиков и двух машинистов электровозов. Кроме того, звено обслуживали один электрослесарь и три доставщика материалов. Работа была организована по скоростному графику предыдущего примера проведения в три восьмичасовые смены при шестидневной рабочей неделе с одним общим и одним по скользящему графику выходными днями.

За 23 рабочих дня было пройдено 851 м с максимальной суточной скоростью 45 м и средней — 37 м. Производительность труда проходчиков составила 1,28 м/чел-смену.

Представляет интерес также опыт использования комбайнов на шахте «Суртанха», где за 31 рабочий день одним комбайном ПК-9р пройдено 1075 м основных штреков, в том числе по пласту Мошному — 301 м, Безымянному — 385 м и I Внутреннему — 389 м.

Скоростное проведение штреков позволило на полгода раньше срока подготовить к эксплуатации три шифовых участка производительностью 350 т/сутки каждый.

Пласт Мошный с углом падения 70° и мощностью 14 м сложен углями с коэффициентом крепости  $f = 2$  по шкале проф. М. М. Про-

тодькопова, кровля и почва пласта — среднезернистый песчаник средней крепости.

Пласт Безымянный мощностью 9,85 м имеет угол падения 72°. Уголь пласта — матовый, коэффициент крепости  $f = 2$ . Кровля пласта — светло-серый крупнозернистый песчаник средней крепости. Почва пласта — мелкозернистый песчаник средней крепости.

Пласт I Внутренний сложен углями с коэффициентом крепости  $f = 1$ , угол падения пласта 73—75°, мощность 3,5—4,0 м. Непосредственная кровля пласта мощностью 2,0—2,5 м и почва мощностью 6 м представлены темно-серыми трещиноватыми аргиллитами средней устойчивости. Основная кровля мощностью 10 м сложена светло-серым алевролитом средней крепости. Основная почва мощностью 30 м сложена устойчивыми крепкими алевролитами.

Штреки проводили площадью поперечного сечения 15 м<sup>2</sup> в проходке и крепили металлической арочной крепью ОА2-9 из спецпрофиля СП-18. Рамы крепи устанавливали через 1 м. Кровля и борта выработки полностью перетягивались деревянными затяжками. Разрушенная горная масса из забоя грузилась комбайном на мостовой ленточный перегружатель, с которого поступала на ленточный перегружатель ПЛ-1. Под перегружатель устанавливали пять вагонеток УВД-3.3. Грузенные вагонетки транспортировали электровозами 8АРП. Штреки проветривали вентиляторами местного проветривания СВМ-Б, воздух в забой подавался по трубам диаметром 600 мм. Снабжение электроэнергией токоприемников забойного оборудования осуществляли от участковой подстанции ТКШВП-180 по гибким кабелям ГРШЭ.

До начала скоростного проведения были подготовлены и складированы в 130 м от устья проводимых выработок все необходимые материалы, укомплектована комплексная проходческая бригада, каждый из членов которой был ознакомлен с планом скоростного проведения, нормами выработки, расценками, организацией и техникой безопасного ведения работ в забое. Для наиболее целесообразного распределения проходчиков по звеньям в условиях обычного способа проведения комбайном ПК-9р отработались элементы технологического цикла скоростного проведения, организация работ и расстановка проходчиков.

Режим работы проходческой бригады — непрерывная рабочая неделя с тремя восьмичасовыми сменами в сутки. Проходческое звено состояло из восьми проходчиков. К каждому звену был прикреплен один электрослесарь. Доставка материалов до мест складирования осуществлялась рабочими транспортного участка, а от мест складирования до забоя — членами проходческой бригады. Организация работ в забое предусматривала максимальное совмещение операций. Проходческий шифт начинался с осмотра и опробования комбайна машинистом и электрослесарем. В это время остальные семь проходчиков (в их числе и машинист электровоза) занимались доставкой материалов в забой, проверкой

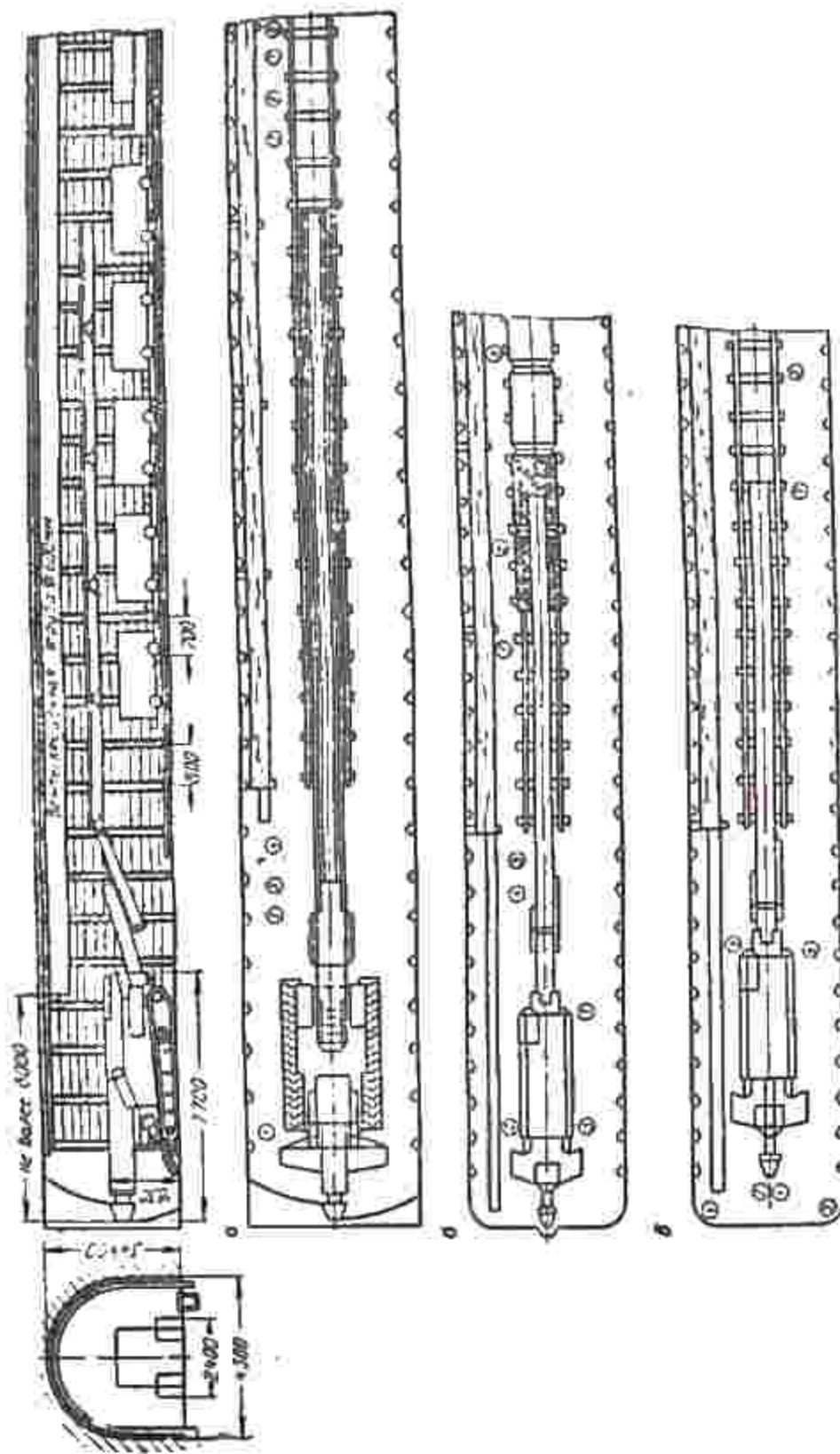


Рис. 47. Схема расстановки людей в забое при скоростном проведении выработок проходческими комбайнами ПК-9р:  
 а — подготовка забоя к работе; б — выемка угля; в — крепление штрека

направления проведения выработки, наращиванием вентиляционных и водяных труб, переноской датчика АКВ.

При обработке забоя комбайном управлял машинист, два проходчика зачищали почву штрека за погрузочным оргивом комбайна, четвертый и пятый зачищали почву за комбайном с обеих сторон хвостового перегружателя и укладывали шпалы, шестой управлял кощевым выключателем перегружателя и производил погрузку угля в вагонетки, седьмой проходчик очищал водоотливную канаву, укладывал желоба и тротуары, восьмой (машинист электролоза) занимался доставкой порожних и вывозкой груженых вагонеток (рис. 47).

После проведения I м выработки машинист останавливал комбайн, два проходчика зачищали приемки и устанавливали стойки крепи, трое проходчиков с легкого полка монтировали верхняк и производили затяжку бортов и кровли выработки. Еще два проходчика доставляли в забой крепежный материал, настилали рельсовый путь.

Переноска стрелочных приводов и разминок осуществлялась в воскресные дни или дни профилактики.

Для определения длительности различных операций проходческого цикла и анализа причин потерь времени в процессе скоростного проведения штреков вели хронометражные наблюдения, которые показали, что продолжительность обработки забоя изменялась от 20 до 25 мин, продолжительность крепления выработки составляла 9 мин (рис. 48). Из-за сложности транспортировки грузов по групповому квершлагу, который служил для транспортирования добычи от трех очистных забоев с общей нагрузкой

Операция	Число про-ходчиков	Время, мин	Часы смены														
			1	2	3	4	5	6	7	8							
Всмотр и обработка комбайном	2	10															
Работа комбайна	1	22															
Идентификация перегружателя и погрузка угля в вагонетки	2	22															
Зачистка штрека хвостового органа и постельного временного органа	4	22															
Укладка желобов и настилка тротуаров	1	22															
Крепление штрека	7	9															
Вывоз вагонеток	1	9															
Доставка материалов																	
Настилка постоянного пути и настилка вентиляционных труб	8	18															
Воды	8	18															
Сдача смены	8	8															

Рис. 48. График организации труда в бригаде при скоростном проведении основных штреков на шахте «Суртанга»

1000 т/сут, как правило, потери времени в среднем составляли 30 мин за цикл.

На скорость проведения выработок существенное влияние оказывала крепость угля пластов Мощного и Безымянного. Максимальная скорость проведения штреков по этим пластам не превышала 37 м/сут, в то время как при проведении штрека по пласту I Внутреннему она изменялась от 40 до 51 м/сут. Средняя суточная скорость составила 34,6 м. Норма выработки выполнялась на 140%.

В процессе скоростного проведения происходили поломки комбайна. Так, например, дважды выходил из строя электродвигатель привода исполнительного органа. На замену двух электродвигателей было затрачено две смены. Рвалась цепь, соединявшая комбайн с перегружателем. Выходил из строя редуктор грузчика, на замену шестерен которого затрачено 2 ч.

При скоростном проведении основных штреков было пройдено за 31 рабочий день 1075 м выработки.

Среднее продвижение забоев штреков за сутки было 34,6 м, а максимальное 51 м.

Производительность труда проходчиков при этом была равна 32,6 м/мес и 1,05 м/смену.

В 1978 г. скоростное проведение было организовано на шахте «Дальние горы» производственного объединения Прокопьевскуголь.

Основные штреки площадью поперечного сечения  $S = 15,1 \text{ м}^2$  в проходке проводили по пластам II и IV Внутренним с кварцита № 5 гор. + 180. Пласт II Внутренний простого строения имеет мощность 4,5—5,5 м и угол падения  $85^\circ$ . На расстоянии 2,5 м от почвы пласта имеется постоянный прослой слабого аргиллита мощностью 0,1—0,2 м. Уголь пласта средней крепости,  $f = 1,5$ . Кровля и почва представлена несложным трещиноватым алевролитом с коэффициентом крепости  $f = 4-6$  и мощностью 1,0—1,5 м. Пласт склонен к самовозгоранию и слабо обводнен.

Пласт IV Внутренний простого строения имеет мощность 8—10 м и угол падения  $80-88^\circ$ . Уголь пласта относительно устойчивый, средней крепости,  $f = 1$ , склонен к самовозгоранию и слабо обводнен. Кровля пласта представлена мелкозернистым песчаником с коэффициентом крепости  $f = 6-8$ . Почва пласта — несложный трещиноватый аргиллит с коэффициентом крепости  $f = 2-4$ .

Крепление штреков осуществлялось металлической арочной податливой крепью с расстоянием между рамами 0,8 м. Полная перетяжка бортов и кровли выработки производилась деревянной затяжкой. Штреки проводили одним комбайном ПК-9р. Отбитый уголь грузился питателем и конвейером комбайна на ленточный перегружатель. Далее уголь загружался в вагонетки УВД-3,3, устанавливаемые партиями в количестве из пяти штук под перегружателем. Вагонетки, груженные углем, доставлялись до главного кварцита электровозами, приделанными каждому звену, и далее электровозами участка ВШТ до околоствольного двора.

Вначале проводили основной штрек по пласту II Внутреннему, разведанному с ранее пройденного сближенного пласта III Внутреннего. После проведения данного штрека комбайн своим ходом перегоняли на пласт IV Внутренний. Перегон комбайна осуществляли по почве выработки без разборки рельсового пути. Перед перегонкой от комбайна отсоединялся ленточный перегружатель, который в вагонетках с помощью электровоза доставляли до устья выработки. За время перегона комбайна по штреку перегружатель полностью разбирался, оставаясь на вагонетках. От комбайна отсоединялись только уширители погрузочного органа.

Демонтаж ленточного перегружателя, перегон его и комбайна на длину 900 м, монтаж оборудования в забое штрека пласта IV Внутреннего выполняло звено в составе 9 чел. в течение 3 смен. Трудоемкость при этом составила 27 чел.-смен.

Работы по скоростному проведению выработок были организованы в три смены по 8 ч с одним общим и одним по скользящему графику выходными днями.

Численность сменного звена составляла 9 чел. Кроме того, в каждую смену выходили два проходчика для загрузки вагонеток и доставки материалов в забой и один электрослесарь по ремонту оборудования.

В каждую смену была принята следующая расстановка проходчиков:

при выемке угля машинист (в каждом звене был дублер с правами машиниста комбайна) управлял комбайном, два проходчика зачищали штрек за погрузчиком по обеим сторонам комбайна. Трое проходчиков очищали штрек под перегружателем, укладывали шпалы, проводили подводящую канавку и укладывали желоба и тротуары, устанавливали временный и постоянный рельсовый путь. Один проходчик следил за погрузкой угля в вагонетки и управлял концевым выключателем перегружателя. Два машиниста электровозов производили обмен вагонеток и доставляли материалы в забой.

при креплении штрека два проходчика слева и два справа от комбайна устанавливали в забое стойки крепи, соединяли их распорами, перетягивали выработку снизу и доставляли необходимые материалы. Три других проходчика с деревянного полка, устанавливаемого на исполнительном органе комбайна и распорах предыдущего круга крепи, устанавливали кровлю выработки. Машинисты электровозов в это время готовили порожняк и материалы на очередной цикл. Графиком организации труда предусматривалось выполнение 16 циклов в смену (12,8 м/смену), или 38,4 м штрека за сутки. При этом продолжительность одного проходческого цикла должна составлять 30 мин: 20 мин на выемку 0,8 м штрека и 10 мин на установку одной рамы крепи. По пласту II Внутреннему было пройдено 628 м штрека со среднесуточной скоростью 39,2 м; средняя продолжительность цикла при этом составила 29 мин. 23 мин — на обработку забоя и 6 мин — на

крепление штрека. Максимальное суточное подвигание составило 44 м, сменное — 17 м.

По пласту IV Внутреннему пройдено 597 м. Максимальное суточное подвигание составило 46 м, среднее — 39,8 м. Продолжительность проходческого цикла составила 28,5 мин. В начале штрека встретилось нарушение пласта, в связи с чем более 30 м выработки было пройдено в обход нарушения. При отработке забоя исполнительным органом уголь пласта обрушался большими кусками, которые приходилось разбивать вручную.

Всего за 31 день было пройдено 1225 м основных штреков и добыто при этом 23 000 т угля. Впервые в мировой практике при проведении выработок площадью сечения 15,1 м<sup>2</sup> в проходке проходческим комбайном ПК-9р производительность труда проходчиков составила 1,42 м/чел-смену.

Высокие показатели скоростного проведения выработок на шахте «Дальние горы» были достигнуты за счет увеличения численности проходческой бригады от 26 до 37 чел., умелой и четкой расстановки проходчиков, максимального совмещения операций проходческого цикла, своевременного и полного снабжения необходимыми материалами и оборудованием.

#### 5.4. Анализ примеров скоростного проведения выработок с применением комбайнов 4ПУ и ПК-9р. Новые способы, приемы и методы организации труда

Основные показатели скоростного проведения выработок с применением проходческих комбайнов приведены в табл. 18.

Скоростные примеры проведения и постоянный обмен опытом между проходческими бригадами позволили усовершенствовать организацию труда и технологию выполнения отдельных операций проходческого цикла. Из табл. 18 видно, что если в 1973 г. среднесуточная скорость проведения выработок комбайном 4ПУ на шахте им. Дзержинского при скоростном проведении составляла 41,9 м, то в 1974 г. она увеличилась до 52,6 м/сут, или в 1,25 раза.

При проведении выработок с помощью комбайна ПК-9р на шахте «Дальние горы» среднесуточные скорости увеличились от 33,4 до 37 м, а производительность труда проходчиков — от 1,08 до 1,28 м/чел-смену.

При организации скоростных проходок инженерно-техническими работниками шахты совместно с научными сотрудниками КузНИИИ были разработаны проекты скоростного проведения выработок с применением комбайнов 4ПУ и ПК-9р. В соответствии с проектами скоростного проведения выработок определялись: форма организации труда, технология, трудоемкость и продолжительность выполнения основных операций проходческого цикла и численность проходческой бригады. На основании данных о трудоемкости и продолжительности выполнения основных операций

Таблица 18

Показатели	Шахта, марка комбайна, год скоростного проведения											
	Им. Дзержинского		«Красная звезда»	№ 12	«Кедровый сад»	«Земляк»	«Дальние горы»			«Сурьяна»	№ 12	Им. Калашникова
	4ПУ (1973)	4ПУ (1974)					4ПУ (1973)	4ПУ (1974)	ПК-9р (1973)			
Площадь поперечного сечения выработки, м <sup>2</sup>	41,9	52,6	32,0	34,5	7,0	6,2	14,4	14,4	14,4	14,8	15,5	28,6
	1300	1631	863	930	1817	1207	851	851	851	25,0	800	800
Число дней работы комбайна	13	16	16	24	40	38	37	37	37	33	51	51
	31	31	27	27	27	31	23	23	31	27	26	26
Численность бригады забойной группы, чел.	41,9	52,6	32,0	34,5	7,0	6,2	14,4	14,4	14,4	14,8	15,5	28,6
	1300	1631	863	930	1817	1207	851	851	851	25,0	800	800
Скорость проведения, м/сут или м/мес	41,9	52,6	32,0	34,5	7,0	6,2	14,4	14,4	14,4	14,8	15,5	28,6
	1300	1631	863	930	1817	1207	851	851	851	25,0	800	800
Производительность труда проходчиков, м/чел-смену	3,23	3,29	1,55	1,34	2,4	1,33	1,28	1,28	1,42	0,92	1,1	1,1
	3,23	3,29	1,55	1,34	2,4	1,33	1,28	1,28	1,42	0,92	1,1	1,1

цикла и численности проходческой бригады строились графики организации труда и устанавливались содержание и технология проведения выработки.

Наиболее высокие результаты при скоростных способах проведения с применением проходческого комбайна 4ПУ были достигнуты на шахте им. Дзержинского. Опыт, накопленный при скоростном проведении, позволил значительно усовершенствовать организацию труда в забое, что дало возможность повысить производительность труда, увеличить среднесуточные скорости проведения выработок на 25% и пройти за 31 рабочий день 1631 м.

Практика применения анкерной крепи в подготовительных выработках показывает, что крепление 1 м нарезных выработок площадью поперечного сечения 6 м<sup>2</sup> проходческим звеном, состоящим из 3—4 чел., производится за 20 мин.

При скоростном проведении выработок в результате применения специального шаблона для установки анкеров и подхватов, совмещения операций по перетяжке бортов и кровли выработок и окончательной затяжке анкеров процесс крепления, не совмещенный с работой комбайна, составил 36 мин (12 мин на 1 м), т. е. сократился в 1,67 раза.

Увеличение численности звена при втором проведении до 5 чел. позволило сократить время крепления 3 м выработки с 36 до 20 мин.

Таким образом, организация работ, при которой крепление производится звеном из 5 чел., позволяет снизить время, затрачиваемое на крепление выработки, примерно в 1,8 раза по сравнению со временем, затрачиваемым на крепление аналогичной выработки звеном из 4 чел. Основное сокращение времени на крепление выработки за проходческий цикл достигается за счет совмещения операций по креплению и обработке забоя, а также в результате применения специальных шаблонов для разметки шпуров под анкера. При первом скоростном проведении наращивание конвейера производилось через 3 цикла (9 м), длительность наращивания изменилась от 18 до 24 мин и в среднем составляла 22 мин. При втором скоростном проведении наращивание конвейера осуществлялось следующим способом. К комбайну крепили резервную концевую головку конвейера и перемещали их по штреку на длину, равную суммарной длине трех рештаков. По мере продвижения комбайна под перегружатель укладывали три рештака. Затем эти рештаки и резервная концевая головка полностью монтировались, после чего отсоединялась концевая головка конвейера и подготовленный участок с помощью комбайна двигался к основной части конвейера. Отсоединение концевой головки и стыковка конвейеров занимала 5 мин. Всего на монтаж отрезка конвейера из трех рештаков и концевой головки затрачивалось 20 мин, из них 15 мин совмещалось с работой комбайна.

Такой способ монтажа конвейеров позволил уменьшить время монтажа, не совмещенное с работой комбайна, с 22 до 5 мин.

За счет внедрения организационно-технических мероприятий по выполнению отдельных технологических операций цикла общее время проходческого цикла уменьшилось на 10 мин и суточная скорость продвижения забоя увеличилась на 9 м.

Наиболее прогрессивная организация труда проходчиков при проведении выработок комбайном ПК-9р применялась на шахте «Дальние горы». Здесь при проведении основного штрека площадью 14,4 м<sup>2</sup> в проходке была достигнута наивысшая производительность труда, составившая 1,28 м/чел.-смену.

Была выбрана наиболее рациональная схема обработки забоя (рис. 49), позволявшая довести время его обработки при  $S = 15 \text{ м}^2$  на глубину 1 м до 20—25 мин.

Забой обрабатывался вертикальными резами глубиной 0,5 м и шириной 450—500 мм (на  $\frac{3}{4}$  диаметра коронки). Такая схема обработки, как правило, исключала вывалы кусков угля, приводившие к заклиниванию конвейера грузчика. Во время подготовки скоростных проходок и особенно в процессе проведения первой скоростной проходки на шахте «Дальние горы» были определены оптимальная численность звена (8 чел.) и бригады (33 чел.), а также схема расстановки проходчиков при выполнении операций проходческого цикла (см. рис. 47). Выявлены наиболее трудоемкие операции проходческого цикла, прежде всего зачистка почвы штрека за перегружателем, и предложена оптимальная организация работы в звене — смена рабочих мест через каждый цикл, позволяющая равномерно распределить нагрузку на каждого члена бригады. Рациональное размещение инструмента в забое, использование временного полка, устанавливаемого на исполнительном органе комбайна, позволило довести продолжительность крепления одного круга до 5—7 мин. Сокращение продолжительности мажаровых операций достигается в результате расположения размывов на расстоянии 200—250 м друг от друга. Длина размывов должна составлять 60—70 м.

Такая организация работ позволяет довести среднесуточные скорости проведения основных выработок комбайнами ПК-9р до 46—50 м.

В других бассейнах нашей страны (Донецкий, Карагинский) также имеются передовые коллективы, которые добились высоких показателей при проведении подготовительных выработок проходческими комбайнами ПК-9р. Так, в апреле 1975 г. на шахте им. Абакумова производственного объединения Донецкуголь с



Рис. 49. Схема обработки забоя комбайном ПК-9р при скоростном проведении основных штреков на шахте «Дальние горы»

примененном комбайна ПК-9р было пройдено 801 м вспомогательного уклона площадью поперечного сечения 12 м<sup>2</sup>. Численность бригады — 38 чел., производительность труда проходчиков — 0,4 м/чел-смену. На шахте «Благodatная» производственного объединения Павлоградуголь в июле и декабре 1975 г. было пройдено соответственно 710 и 1215 м штреков площадью поперечного сечения 12 м<sup>2</sup>. При этом численность проходческой бригады соответственно составляла 35 и 41 чел., производительность труда проходчиков — 0,6 м/чел-смену. На этой же шахте в июле 1976 г. было пройдено 1150 м бортового штрека площадью поперечного сечения 7,9 м<sup>2</sup>. Численность бригады при этом составила 61 чел., а производительность труда проходчиков — 18,9 м/мес [59].

Наивысших показателей при проведении подготовительных выработок комбайнами ПК-9р за рубежом достигли проходчики Польской Народной Республики с шахт «Явожно» и «Земовит» [60]. Месячные скорости на этих предприятиях соответственно составили 1231 и 1251 м горных выработок площадью поперечного сечения 11,4 м<sup>2</sup> за 25 рабочих дней. Значительные скорости проведения выработок объясняются тем, что проходческая бригада, состоявшая из 100 чел. (36 проходчиков и 64 вспомогательных рабочих), работала в шесть четырехчасовых смен. Основное звено проходчиков, находящееся в забое (6 чел.), выполняло работы только по обработке забоя и креплению выработки. Все остальные операции проходческого цикла выполнялись вспомогательными рабочими. Производительность труда проходчиков при этом составила 0,5 м/чел-смену.

#### 5.5. Определение основных технологических параметров проходческого цикла

По результатам анализа скоростного проведения выработок КузНИУИ совместно с производственным объединением по добыче угля Прокопьевскуголь разработали «Временные методические рекомендации по составлению проектов скоростного проведения подготовительных выработок с применением проходческих комбайнов ПК-9р и 4ПУ» [61]. В рекомендациях изложена методика выбора «живых» технических, технологических и организационных показателей при выборе скоростного проведения выработок и, в частности, методика расчета трудоемкости и продолжительности выполнения операций проходческого цикла.

Трудоемкость и продолжительность основных операций проходческого цикла определяются на основании экспериментальных данных, полученных в результате хронометражных наблюдений при проведении подготовительных выработок проходческими комбайнами в условиях шахт Кузбасса, и методики, изложенной в «Технологических схемах очистных и подготовительных работ на угольных шахтах», разработанных ИГД им. А. А. Скочинского.

Трудоемкость и продолжительность отдельных операций про-

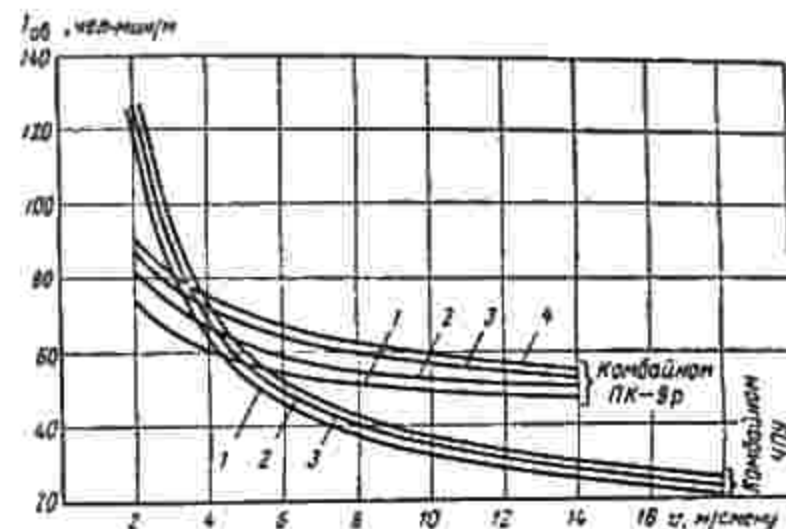


Рис. 50. Зависимость трудоемкости процесса обработки забоя и обслуживания комбайна 4ПУ от скорости проведения выработок площадью поперечного сечения  $S$ , равной 6 м<sup>2</sup> (1); 7,3 м<sup>2</sup> (2) и 8 м<sup>2</sup> (3); то же, для комбайна ПК-9р при проведении выработок площадью поперечного сечения  $S$ , равной 10 м<sup>2</sup> (1); 12 м<sup>2</sup> (2); 14 м<sup>2</sup> (3) и 15 м<sup>2</sup> (4)

ходческого цикла определяются эмпирическими выражениями, отражающими зависимости продолжительности и трудоемкости выполнения основных технологических процессов от заданной скорости проведения выработок, их площади поперечного сечения. Эти зависимости справедливы для угольных забоев в следующих пределах: для комбайнов ПК-9р площадь поперечного сечения выработок изменяется от 10 до 15 м<sup>2</sup> и скорость подвигания забоя — от 2 до 17 м/смену; для комбайнов 4ПУ — соответственно от 6 до 8 м<sup>2</sup> и от 2 до 20 м/смену.

Относительная трудоемкость ( $T_{об}$ , чел-мин/м) процессов обработки забоя комбайном и его обслуживания определяется зависимостями:

для комбайна ПК-9р

$$T_{об} = 60,48 + 0,97v^2 - 9,79v - 0,0285v^3 - 0,15vS - 3,39S;$$

для комбайна 4ПУ

$$T_{об} = 1,92S + \frac{230,1}{v} = 2,52,$$

где  $v$  — заданная скорость проведения выработки, м/смену;  $S$  — площадь поперечного сечения выработки в проходке, м<sup>2</sup>.

Графические зависимости трудоемкости обработки забоя комбайном и его обслуживания от скорости проведения выработок представлены на рис. 50. Из рис. 50 следует, что с увеличением скорости проведения подготовительных выработок трудоемкость обработки забоя комбайном и его обслуживания

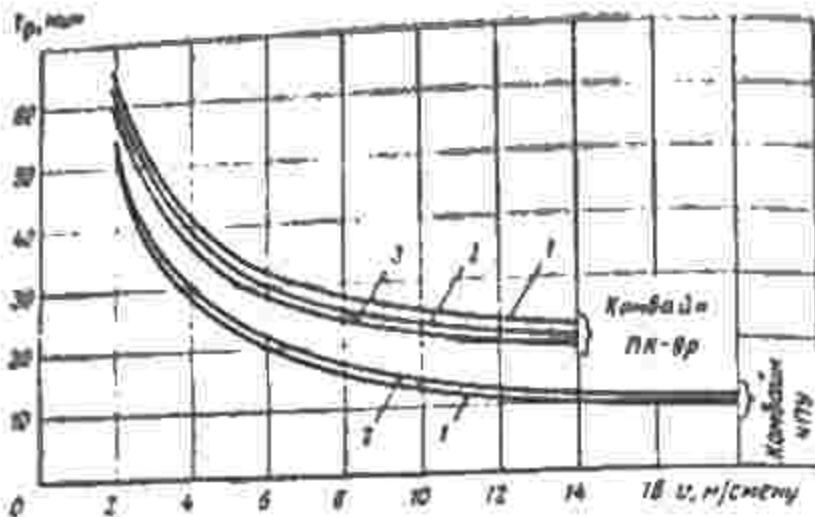


Рис. 51. Зависимость времени обработки забоя комбайном 4ПУ от сменной скорости проведения выработок площадью поперечного сечения  $S = 6 \text{ м}^2$  (1) и  $8 \text{ м}^2$  (2), то же, для комбайна ПК-9р при проведении выработок площадью поперечного сечения  $S = 10 \text{ м}^2$  (1);  $12 \text{ м}^2$  (2) и  $15 \text{ м}^2$  (3)

снижается. Это достигается применением рациональных схем обработки забоя и сокращением времени обслуживания комбайна.

Опыт работы проходческих комбайнов на шахтах бассейна показывает, что продолжительность обработки забоя существенно зависит от крепости угля. Например, для выработки площадью поперечного сечения  $15 \text{ м}^2$  средняя продолжительность работы комбайна по проведению  $1 \text{ м}$  составляет  $26 \text{ мин}$  при  $f = 0,7$ ;  $31 \text{ мин}$  при  $f = 1$  и  $36 \text{ мин}$  при  $f = 1,5$ .

Продолжительность работы комбайна по уголям различной крепости следует определять из уравнений:

для комбайнов ПК-9р

$$t_p = \left( 6,21 + \frac{93,7}{v} + 0,67S \right) K_1;$$

Для комбайна 4ПУ

$$t_p = \left( 0,86S - 1,27 + \frac{99,6}{v} \right) K_1,$$

где  $K_1$  — коэффициент, учитывающий крепость угля. Коэффициент  $K_1$  для пород с разными коэффициентами крепости имеет следующее значение:

$f$	0,5	0,6	0,7	0,8	1,0	1,2	1,5	1,8	2,0
$K_1$	0,85	0,96	1,03	1,13	1,24	1,33	1,45	1,55	1,62

Графические зависимости времени обработки забоя от сменной скорости проведения изображены на рис. 51. Из графиков видно, что время работы комбайна по обработке забоя сокращается с увеличением сменной скорости проведения выработок.

Среднее число рабочих, обслуживающих комбайн:

$$n_{\text{ср}} = \frac{T_{\text{об}}}{T_p}$$

По опыту сменных проходческих бригад оптимальное число проходчиков, обслуживающих комбайн, составляет 2 чел.

Относительная трудоемкость ( $T_{\text{ср}}$ , чел·мин/м) и продолжительность крепления выработки ( $t_{\text{ср}}$ , мин) определяются известными для металлической арочной крепи А1-9, А2-9 ( $S = 10 + 15 \text{ м}^2$ ):

$$T_{\text{ср}} = 5,04 - 0,454v + 6,042v + \frac{0,258}{v} - 0,061v^2 S + 1,16vS + 0,5385;$$

$$t_{\text{ср}} = 12,16 + 1,504v - 0,1165v^2 + \frac{15,4}{v};$$

для металлической крепи МТК ( $S = 6 + 8 \text{ м}^2$ ):

$$T_{\text{ср}} = 21,65 - 0,706v + \frac{3,4}{v} + 6,736S - 0,218vS;$$

$$t_{\text{ср}} = 1,67 + \frac{96,67}{v};$$

для деревянной крепи ( $S = 6 + 8 \text{ м}^2$ ):

$$T_{\text{ср}} = 0,111v^2 + 0,0383v^2 S - 3,31v - 1,146vS + \frac{6,305}{v} + 10,61S + 30,08.$$

$$t_{\text{ср}} = 0,051v^2 - 1,32v + \frac{62,598}{v} + 7,8311$$

для анкерной крепи ( $S = 6 + 9 \text{ м}^2$ ):

$$T_{\text{ср}} = 4,838 - 0,057v + \frac{0,756}{v} - 0,02vS + 1,647S;$$

$$t_{\text{ср}} = n \left( 2,14 + \frac{9,23}{v} \right),$$

где  $n$  — число анкерных болтов.

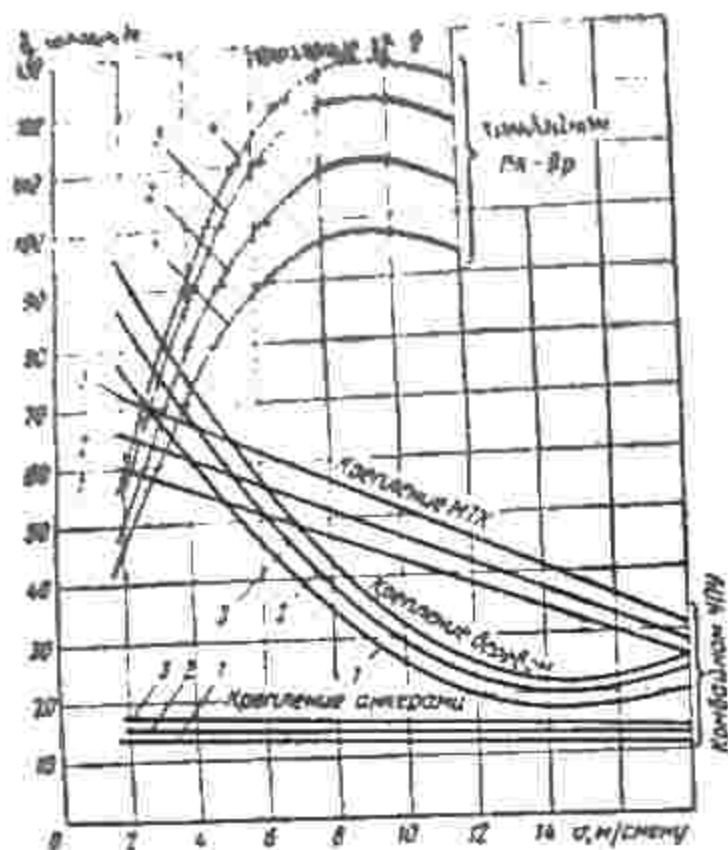
Зависимость трудоемкости крепления выработки от скорости проведения приведена на рис. 52.

Из рис. 52 видно, что трудоемкость крепления (деревом, металлической крепью МТК и анкерной крепью) выработок площадью поперечного сечения  $S = 6 + 8 \text{ м}^2$  снижается с увеличением сменной скорости проведения выработок комбайном 4ПУ.

При проведении выработок площадью поперечного сечения  $S = 10 + 15 \text{ м}^2$  комбайном ПК-9р трудоемкость крепления растет за счет увеличения численности проходчиков в звене до сменной скорости  $12 \text{ м}$ , а затем снижается за счет интенсификации труда при креплении.

Из рис. 53 видно, что продолжительность крепления выработок, проводимых комбайнами 4ПУ и ПК-9р, снижается с увеличением сменной скорости проведения.





Среднее число рабочих, занятых на креплении выработок.

$$n_n = \frac{T_n}{t_n}$$

и составляет для выработок площадью поперечного сечения  $S = 12 \div 15 \text{ м}^2$  с арочной крепью 6—7 чел., для выработок площадью поперечного сечения  $S = 6,2 \div 7,3 \text{ м}^2$  — 3 чел. Трудоемкость ( $T_n$ ) возведения одной рамы крепи со сплошной перетяжкой бортов и кравли соответственно составляет 60—90 и 18—45 чел.-мин/м. Причем время крепления ( $t_n$ ) для выработок большого сечения изменяется от 5 до 20 мин, малого сечения — от 6 до 15 мин.

Относительная трудоемкость ( $T_{об}$ ) и продолжительность операций ( $t_{об}$ ) по обмену вагонеток определяются из выражений:

$$T_{об} = 110,7 - 7,21v + 0,214v^2;$$

$$t_{об} = t_y + t_{обн},$$

где  $t_{обн}$  — время на обмен вагонеток, мин;  $t_y$  — продолжительность работы комбайна, мин.

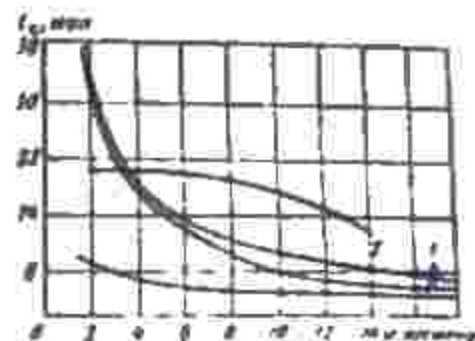
Графическое изображение зависимости трудоемкости операций по обмену вагонеток от сменной скорости проведения выработок комбайном ПК-9р представлено на рис. 54, из которого видно,

Рис. 52. Зависимость трудоемкости операций по креплению от сменной скорости проведения выработок комбайном 4ПУ.

1—1<sub>1</sub>, 1<sub>2</sub>—1<sub>2</sub>, 1<sub>3</sub>—1<sub>3</sub> — выработка площадью поперечного сечения  $S = 6 \text{ м}^2$  (1),  $S = 7 \text{ м}^2$  (2) и  $S = 8 \text{ м}^2$  (3); 20 м, комбайном ПК-9р при  $S = 10 \text{ м}^2$  (1);  $S = 12 \text{ м}^2$  (2);  $S = 15 \text{ м}^2$  (3).

Рис. 53. Зависимость времени крепления выработок от сменной скорости проведения выработок.

1 — комбайном 4ПУ, 2 — комбайном ПК-9р



что достижение более высоких сменных скоростей возможно за счет снижения трудоемкости по обмену вагонеток. При рельсовом транспорте обмен вагонеток производится с помощью электровозов. Если выработки оборудуются одной колеёй, разминания, как правило, укладываются не далее 250 м друг от друга и среднее время на обмен партия вагонеток ( $t_{об}$ ) составляет 3—5 мин. Это время грузчик комбайна не работает. Если в выработках настилается два пути, то обмен вагонеток практически не влияет на работу комбайна.

При конвейерном транспорте работы по наращиванию конвейеров производится через 2—3 м подвигания забоя на длину одного рештака. Относительная трудоемкость ( $T_n$ ) и продолжительность ( $t_n$ ) наращивания конвейеров определяются по формулам:

$$T_n = 44,6827 - 4,8048v + 0,1337v^2;$$

$$t_n = \frac{38}{v} - 1,6.$$

Трудоемкость наращивания одного рештака конвейера не превышает 40—50 чел.-мин/м, а продолжительность этой операции составляет 12—16 мин.

Трудоемкость и продолжительность наращивания рельсового пути определяются из выражений:

$$T_n = 2,74 - 1,715v + 0,048v^2,$$

$$t_n = 1,79 + \frac{11,06}{v}.$$

Продолжительность наращивания рельсового пути из 5 чел. (укладка одного рельса длиной 8 м) составляет 15—30 мин, а трудоемкость этой операции 120—150 чел.-мин/м.

Графическое изображение зависимостей трудоемкости и времени наращивания скребкового конвейера (для комбайна 4ПУ) и рельсового пути (для комбайна ПК-9р) от скорости проведения выработок представлено на рис. 55 и 56.

Из рис. 56 видно, что для достижения более высоких сменных скоростей проведения выработок проходческими комбайнами

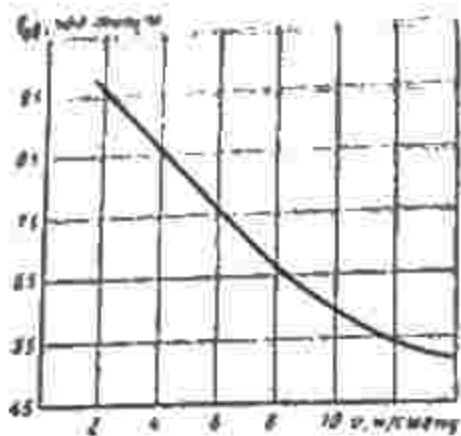


Рис. 54. Зависимость трудоемкости операций по обходу вагонеток от сменной скорости проведения выработок комбайном ПК-9р

необходимо учитывать резервы снижения времени наращивания транспортной коммуникации.  
Средняя численность рабочих, занятых наращиванием транспортных коммуникаций,

$$n_{\text{н}} = \frac{l_{\text{н}}}{l_{\text{м}}}$$

Трудоемкость выполнения вспомогательных работ (проведение водосточной канавки, укладка в нее желобов, навеска труб, доставка и разгрузка материалов и т. п.) выражается зависимостями:

для комбайна ПК-9р:

$$T_{\text{всп}} = 5,646 - 1,0914v^2 + 20,155v - \frac{4,665}{v} - 0,0812v^2S - 1,54vS - 0,555S;$$

для комбайна 4ПУ:

при креплении металлической крепью МТК

$$T_{\text{всп}} = 0,416v^2 + 0,031v^2S - 1,153vS - 15,234v + \frac{118,482}{v} + 13,996S + 178,356;$$

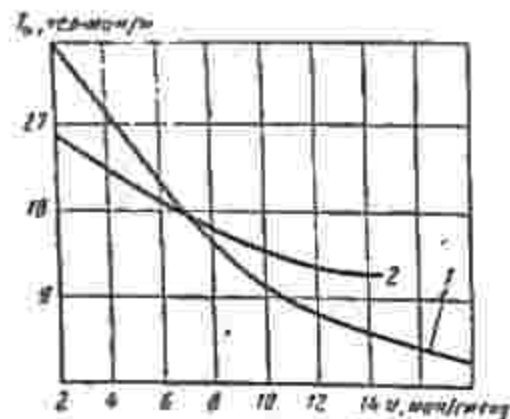


Рис. 55. Зависимость трудоемкости наращивания транспортных коммуникаций от сменной скорости проведения выработок.

1 — комбайном 4ПУ со стальным вагонетом, 2 — комбайном ПК-9р при рельсовой откатке

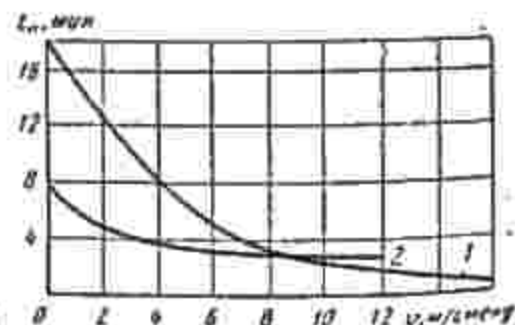


Рис. 56. Зависимость времени наращивания транспортных коммуникаций от сменной скорости проведения выработок комбайном:

1 — 4ПУ со стальным вагонетом; 2 — ПК-9р при рельсовой откатке

при креплении деревянной крепью

$$T_{\text{всп}} = 0,416v^2 - 0,011v^2S - 8,872v - 0,667vS + \frac{102,150}{v} + 12,068S + 15,563;$$

при креплении анкерной крепью

$$T_{\text{всп}} = 0,398v^2 + 0,03v^2S - 16,69v - 1,186vS + \frac{112,886}{v} + 13,302S + 168,746.$$

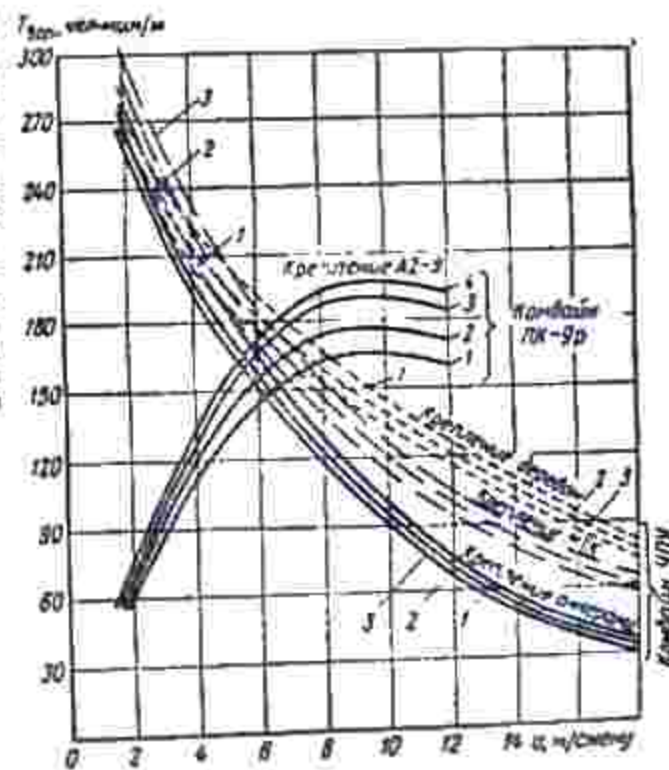
На рис. 57 представлены графические зависимости трудоемкости вспомогательных работ от сменной скорости проведения выработок комбайнами ПК-9р и 4ПУ.

При проведении выработок комбайном 4ПУ с увеличением сменной скорости трудоемкость вспомогательных работ снижается. При проведении выработок комбайном ПК-9р трудоемкость вспомогательных работ возрастает до скорости 10 м/смену за счет резкого увеличения численности сменного звена проходчиков, затем наблюдается тенденция снижения трудоемкости с увеличением сменной скорости проведения выработок.

Общее число рабочих сменного звена

$$n_{\text{св}} = \frac{\Sigma T}{\Sigma t}$$

Рис. 57. Зависимость трудоемкости вспомогательных процессов от сменной скорости проведения выработок площадью поперечного сечения, равной 6 м<sup>2</sup> (1); 7 м<sup>2</sup> (2); 8 м<sup>2</sup> (3) комбайном 4ПУ; то же комбайном ПК-9р, при площади поперечного сечения выработки, равной 10 м<sup>2</sup> (1); 12 м<sup>2</sup> (2); 14 м<sup>2</sup> (3); 15 м<sup>2</sup> (4) для различных видов крепей



где  $\Sigma T$  — суммарная трудоемкость выполнения всех операций по проведению подготовительных выработок, чел-мин/м;  $\Sigma t$  — расчетные затраты времени на проведение 1 м выработки, мин,

$$\Sigma t = \frac{t_{см}}{v},$$

где  $t_{см}$  — продолжительность смены, мин.

Опыт скоростных проходческих бригад показывает, что большинство операций проходческого цикла должны быть совмещены во времени как между собой, так и с работой комбайна и креплением выработки. Одновременно с работой комбайна производится погрузка горной массы в вагонетки, зачистка почвы выработки, укладка шпал, наращивание временного пути, доставка материалов к забою, проведение водосточной канавы и укладка в нее желобов, настилка тротуаров.

Одновременно с креплением производится обмен вагонеток, доставка в них материалов к забою, их разгрузка, обслуживание комбайна (заливка масла, замена зубков, переноска подвесок перегружателя и т. п.).

## 6. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ПРОХОДЧЕСКИХ КОМБАЙНОВ\*

Расширение способа проведения выработок с помощью комбайнов на шахтах Кузбасса дает возможность улучшить технико-экономические показатели в целом на подготовительных работах.

Для оценки эффективности проведения выработок проходческими комбайнами в Кузбасском политехническом институте проводились исследования, которыми было охвачено свыше двухсот выработок различного типа с объемом проведения до 150 км, а также собраны и обработаны данные более чем по 700 забоев-месяцам.

Для получения сопоставимых результатов весь объем исходных данных был классифицирован следующим образом:

I — горизонтальные выработки, проводимые комбайнами в чисто угольных забоях;

II — горизонтальные выработки, проводимые комбайнами, с подрывкой породы. В свою очередь, I и II группы разделялись по типу применяемого комбайна.

III — наклонные выработки, проводимые в чисто угольных забоях при условии изменения угла наклона.

Для всех групп выработок характерны: способ транспортирования горной массы за комбайном — конвейерный; коэффициент крепости пород  $f < 4$ , угля  $f < 2$ ; режим работы забоя — трехсменный.

В качестве основных показателей работы комбайновых забоев были приняты: скорость проведения выработок  $v$  (м/мес), производительность труда проходчика  $P$  (м<sup>3</sup>/чел-смену) и полная стоимость 1 м<sup>3</sup> выработки в свету  $C$ . Полная стоимость  $C$  определялась как сумма общеучастковых и общешахтных расходов по забою.

Общеучастковые и общешахтные расходы определялись расчетным путем в зависимости от скорости проведения.

Анализировалось влияние на величину основных показателей следующих факторов: типа комбайна, вида и площади поперечного сечения  $S$ , угла наклона выработки  $\alpha$ , объема подрываемых пород  $K_v$ , коэффициента крепости угля и пород  $f$ , вида крепи и расстояния между рамами крепи  $l$ , численного состава сменного звена  $N$ . Интервалы изменения численных значений факторов, в пределах которых проводились исследования, представлены в табл. 19.

Зависимости строились отдельно для каждой группы забоев и типа комбайна. Исследования проводились с помощью методов теории корреляции. Расчеты выполнялись с помощью ЭВМ.

\* Написано совместно с канд. техн. наук Ю. Г. Киселевым.

Таблица 10

Комбайны (группы забоев)

Признак	Комбайны (группы забоев)				
	IIIK-3m (I)	IIIK-2m (II)	IIIY (III)	IIIY (III)	IIIK-3m (III)
Численность состава сисыного звена	$3 < N_1 < 9$	$3 < N_2 < 6$	$2 < N_3 < 8$	$2 < N_4 < 7$	$3 < N_5 < 7$
Расстояние между рядами арепы, м	$0,5 < l_1 < 1,25$	$0,7 < l_2 < 1,0$	$0,6 < l_3 < 1,2$	$0,6 < l_4 < 1,2$	$0,5 < l_5 < 1,25$
Площадь поперечного сечения проводимой выработки в свету, м <sup>2</sup>	$4,8 < S_1 < 7,0$	$5,3 < S_2 < 6,8$	$4,5 < S_3 < 6,7$	$4,5 < S_4 < 6,9$	$4,0 < S_5 < 7,0$
Площадь поперечного сечения проводимой выработки вмере, м <sup>2</sup>	$6,7 < S_1 < 8,7$	$7,1 < S_2 < 8,9$	$5,9 < S_3 < 8,2$	$5,9 < S_4 < 8,2$	$6,5 < S_5 < 8,7$
Коэффициент крутости угла по исказе проф М. М. Протодьяконов	$1 < l_1 < 2$	—	$1 < l_2 < 2$	—	$1 < l_3 < 2$
Коэффициент эжисетки борода	—	$0,1 < K_m < 0,6$	—	$0,1 < K_m < 0,45$	—
Угол наклона выработки, град	—	—	—	—	$3 < \alpha < 20$

Выбор формы связи производился по наивысшему коэффициенту корреляции или корреляционному отношению, достаточному коэффициенту его надежности и на основе инженерной оценки. Из 75 полученных зависимостей было отобрано 75 парных, обладающих наиболее высокими оценочными характеристиками.

Окончательные выводы сделаны после определения комплексного влияния отобранных факторов на основные показатели работы комбайновых забоев. Многофакторные зависимости строились для месячной скорости проведения, производительности труда проходчика и стоимости проведения 1 м<sup>3</sup> выработки.

Оценки моделей производились по величине множественного коэффициента корреляции или корреляционного отношения, коэффициента из надежности, коэффициента детерминации и критерию Фишера (F). Всего получено 15 моделей с достаточно высокими оценочными параметрами, которые приведены в табл. 20. Расчетные значения F превышали табличные F<sub>т</sub>, как правило, при заданной вероятности 0,95.

Таблица 20

Уравнение связи	Критический коэффициент надежности	Критический коэффициент надежности	Критический коэффициент надежности
$V_1 = 150,4 + 109,5N_1 + 63,6l_1 - 36,3S_1 - 62,9l_2$	28,9	0,620	0,620
$P_1 = 0,35N_1 + 50,6l_1 + 0,35S_1 + 10,1l_2 - 24,3l_3 - 3,57l_4 - 31,8$	8,28	0,629	0,629
$C_1 = 25,2 - 2,86N_1 - 20,16l_1 + 1,18l_2 + 0,335N_2^2 + 10,22l_2^2$	8,6	0,604	0,604
$V_2 = 23,88 + 53,97N_2 - 306,2K_m + 151,4l_1 - 3,41S_1$	33,4	0,600	0,600
$P_2 = 4,19l_1 + 0,025l_2 - 7,92K_m - 1,26$	33,7	0,600	0,600
$C_2 = 11,5 - 0,28N_2 + 17,0K_m - 3,8l_2 - 0,008S_2$	37,4	0,600	0,600
$V_3 = 230,1 + 52,5N_3 + 79,2l_1 - 19,5S_1 - 87,8l_2$	19,9	0,611	0,611
$P_3 = 0,46N_3 + 51,4l_1 + 2,05S_1 - 7,18l_2 - 0,03N_3^2 - 25,8l_2^2 - 0,136S_2^2 - 28,2$	8,3	0,630	0,630
$S_1 = 14,65 - 0,073N_3 - 5,79l_1 - 0,162S_1 + 1,62l_2$	10,7	0,709	0,709
$V_4 = 47,6N_4 + 144,4l_1 - 9,76S_1 - 54,2$	31,3	0,676	0,676
$P_4 = 2,55l_1 + 11,4K_m + 0,402S_1 - 22,19K_m^2 - 2,86$	8,0	0,612	0,612
$C_3 = 20,7 - 0,54N_4 - 2,9l_1 + 13,19K_m - 0,94S_1$	14,7	0,704	0,704
$V_5 = 247,0 + 30,1N_5 - 7,29l_1 + 178,7l_2 - 16,5S_2 - 65,1l_3$	17,3	0,700	0,700
$P_5 = 1,66 - 0,166N_5 - 0,127l_1 + 7,63l_2 + 0,466S_2 - 0,848l_3$	19,8	0,700	0,700
$C_4 = 27,79 - 0,102N_5 + 0,31l_1 - 0,99l_2 - 7,17S_2 + 0,609l_3 + 0,14S_2^2$	37,0	0,600	0,600

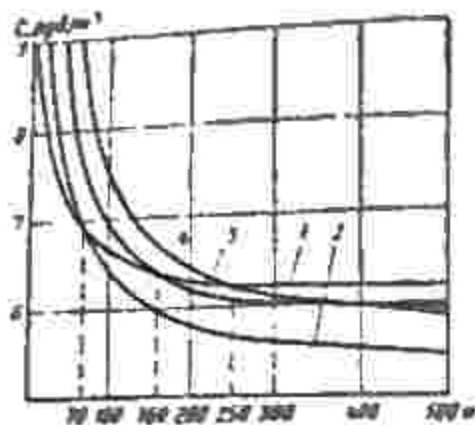


Рис. 58. Зависимость удельной стоимости проведения от проектной длины выработок для различных типов комбайнов в забоях I группы:

1 — штурмовой шапкель ГПМБ-2; 2 — комбайн ПК-3м; 3 — комбайн 4ПУ; 4 — комбайн ПК-9р

В результате корреляционного анализа установлена оптимальная скорость проведения выработок комбайнами в чисто угольных забоях, которая составила для комбайна ПК-3м — 450 м/мес, 4ПУ — 380 м/мес и для комбайна ПК-9р она принята на основании исследований ИГД им А. А. Скочинского [62] в пределах 500 м/мес. При этих скоростях достигаются наиболее высокая производительность труда и минимальная стоимость 1 м<sup>3</sup> проводимой выработки.

Для определения объемов проведения выработок по каждому типу комбайна была установлена минимальная длина проводимой выработки по методике [65], при которой применение комбайнов экономически выгоднее буровзрывного способа при оптимальных скоростях проведения.

Для буровзрывного способа на основании исследований [63] была принята целесообразная скорость в забоях I группы, равная 330 м/мес, в забоях II группы при средней подрывке боковых пород в объеме 35% — 250 м/мес.

Скорость проведения выработок комбайнами в забоях II группы при объемах подрывки 35% составляла: для комбайна ПК-3м — 230 м/мес; ПК-9р — 400 м/мес; 4ПУ — 180 м/мес.

Из рис. 58 видно, что при достижении оптимальных параметров проведения выработок в забоях I группы минимальная длина выработки составляет: для комбайна ПК-3м — 70 м; 4ПУ — 160 м; ПК-9р — 250 м. На основании исследований [62] для комбайна ПК-9р при проведении двухпутных выработок минимальная проектная длина принималась равной 100 м.

В забоях II группы (рис. 59) при объеме подрывки до 35% минимальная длина проведения комбайна ПК-3м составляет

Полученные модели использовались для установления оптимальных показателей работы проходческих комбайнов. Решение проводилось методом статистических испытаний на ЭВМ по стандартным программам. Было установлено, что в забоях I группы оптимальные значения находятся в середине исследуемого ряда; в забоях II и III групп — на границах исследуемых рядов. В этом случае показатели работы комбайнов зависят главным образом от объемов подрываемых пород и угла наклона проводимой выработки.

Степень влияния каждого фактора определялась с помощью уравнения частной регрессии.

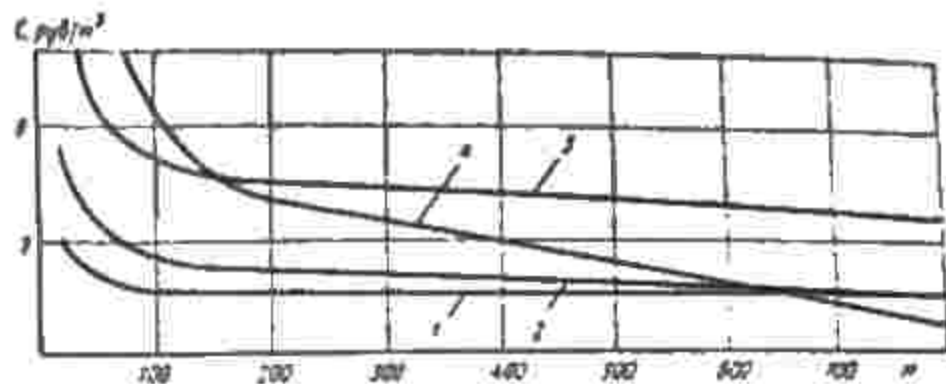


Рис. 59. Зависимость удельной стоимости проведения выработок от проектной длины для различных типов комбайнов в забоях II группы: 1 — штурмовой шапкель ГПМБ-2; 2 — комбайн ПК-3м; 3 — комбайн 4ПУ; 4 — комбайн ПК-9р

700 м, а комбайном ПК-9р — 650 м. Комбайн 4ПУ целесообразно использовать только в забоях I группы. В этой связи при определении объемов проведения выработок на каждую марку комбайна в смешанных забоях для комбайна марки ПК-3м принимались выработки с объемом подрывки до 30%, для комбайна ПК-9р — до 35%.

На основании классификации объемов проведения подготовительных выработок установлено, что на шахтах Кузбасса помимо выработок по углю и породе ежегодно проводят свыше 300 км выработок с подрывкой породы. Комбайнами ПК-3м (ПК-3р) и ПК-9р экономически целесообразно проводить не более 17% таких выработок.

Остальной объем выработок, проводимых смешанным забоем, при отсутствии работоспособных породопроходческих комбайнов целесообразно проводить без подрывки боковых пород с помощью комплексов типа КН, расширив область их применения за счет увеличения размеров бара по мощности пласта.

Исследованиями установлено, что при проведении выработок сверху вниз экономически целесообразно применять комбайны при углах наклона не более 12°.

При проведении выработок на крутых и наклонных пластах комбайновый способ проведения сдерживается малой протяженностью выработок и необходимостью транспортирования комбайнов по восстающим. Для проведения конвейерных и промежуточных штреков малой протяженности и небольшого сечения комбайны типа ПК-3м, ПК-3р, ПК-9р, ГПК неприменимы вследствие их большой массы и значительного объема монтажно-демонтажных работ. Наиболее приемлемыми для этих условий являются комбайны 4ПУ.

На основании проведенных исследований, позволивших установить оптимальные параметры проведения выработок комбайнами и в соответствии с технической характеристикой комбайнов,

определены рациональные объемы возможного проведения выработок с применением проходческих комбайнов, скорости составляют около 600 км/год.

В условиях шахт Кузбасса при большом изменении размеров поперечных сечений проводимых выработок целесообразно применение комбайнов с набирательным исполнительным органом. В этой связи рекомендуется расширение комбайнового способа проведения выработок за счет освоения в бассейне комбайнов ПК-3м (ПК-3р), 4ПУ, ПК-9р и ГПК.

Рациональные объемы проведения выработок с применением различных комбайнов определены в соответствии с наиболее целесообразными экономически в сравнении с буровзрывным способом скоростями проведения выработок по уголю, равными 380—500 м/мес и смешанным забоем 260—400 м/мес, минимальной проектной длиной выработки и максимальным объемом подрываемых пород. Объемы проведения выработок различными комбайнами представлены в табл. 21.

Таблица 21

Комбайны	Годовой объем проведения выработок		
	Абсолютный, км	Удельный, %	
		к общему объему выработки комбайнами	к общему объему выработки
ПК-3м (ПК-3р, ГПК)	360	60	21
4ПУ	140	23	8
ПК-9р	30	5	2
К-56МГ	70	122	4
Всего	600	100	35

Из табл. 21 следует, что на шахтах Кузбасса освоенными комбайнами можно проводить до 35% от общего объема проведения всех выработок.

Дальнейшее расширение объемов возможно за счет применения проходческих комплексов КН-5, КН-5Н «Кузбасс» и КН. При условии проведения выработок этими комплексами без подрывки боковых пород общий объем комбайнового способа проведения можно увеличить на 200 км и довести его до 47% от общего объема проведения выработок.

Однако учитывая, что организация серийного производства вновь созданных комплексов требует определенного времени, уровень эффективности комбайнового способа определен только для серийно выпускаемых комбайнов.

Установлено, что при существующей технологии проведения выработок повышение технико-экономических показателей работы комбайнов возможно за счет интенсификации работ. Это не связано с большими капитальными затратами и может быть обеспе-

чено путем увеличения численности проходческих звеньев до 6—7 чел.

Фактическая производительность труда рабочих подготовительных забоев по бассейну в 1976 г. [64] составила 1,39 м<sup>3</sup>/чел-смену. Производительность труда проходчиков при проведении выработок комбайнами за этот же период составляла 2,23 м<sup>3</sup>/чел-смену.

Применение проходческих комбайнов в оптимальных условиях обеспечит среднюю производительность труда, определяемую из выражения:

$$P_{cp} = \frac{P_1 Q_1 + P_2 Q_2 + P_3 Q_3 + P_4 Q_4 + P_{1c} Q_{1c} + P_{2c} Q_{2c}}{100}$$

где  $P_1, P_2, P_3, P_4$  и  $P_{1c}, P_{2c}$  — ожидаемая производительность труда проходчиков при использовании комбайнов ПК-3М, 4ПУ, ПК-9р, К-56МГ в угольных и смешанных забоях, м<sup>3</sup>/чел-смену;  $Q_1, Q_2, Q_3, Q_4, Q_{1c}, Q_{2c}$  — соответственно удельные объемы проведения с использованием этих комбайнов.

Для комбайнов К-56МГ уровень производительности труда проходчиков и объемы проведения взяты по фактически достигнутым в 1976 г.:

$$P_{cp} = \frac{6,1 \times 55 + 5,1 \times 23,3 + 7,0 \times 1,6 + 4,64 \times 11,7 + 4,4 \times 5 + 4,6 \times 3,3}{100} = 5,56 \text{ м}^3/\text{чел-смену.}$$

Следовательно, за счет совершенствования технологии комбайнового способа проведения производительность труда проходчиков возрастает по сравнению с достигнутой в 2,5 раза.

В целом по бассейну производительность труда на подготовительных работах будет возрастать также в результате увеличения удельного веса комбайнового способа проведения. При доведении этого показателя до 35% средняя производительность труда рабочих на подготовительных работах определается из системы уравнений [65].

$$P_0 = \frac{P_x Q_0 + P_{cp} q_0}{100}$$

$$P_0 = \frac{P_x Q_0 + P_{cp} q_p}{100}$$

где  $P_x$  и  $P_{cp}$  — производительность труда соответственно фактическая и ожидаемая (расчетная) при комбайновом способе проведения выработок, м<sup>3</sup>/чел-смену ( $P_x = 2,23, P_{cp} = 5,56$ );  $Q_0$  и  $Q_p$  — удельный объем проведения выработок комбайнами соответственно фактический и расчетный ( $Q_0 = 27\%, Q_p = 35\%$ );  $P_{cp}$  — средняя производительность труда при прочих способах проведения, м<sup>3</sup>/чел-смену;  $q_0, q_p$  — удельный объем проведения выработок другими способами соответственно ( $q_0 = 73\%, q_p = 65\%$ );  $P_0, P_0$  — средняя по бассейну производительность труда соответственно фактическая и ожидаемая, м<sup>3</sup>/чел-смену ( $P_0 = 1,39$ ).

Решая систему уравнений, находим  $P_0 = 2,66$  м<sup>3</sup>/чел-смену.

Таким образом, совершенствование технологии и увеличение удельного объема комбайнового способа проведения обеспечивают повышение производительности труда в целом по бассейну почти в 2 раза.

Повышение производительности труда, связанное с увеличением объемов комбайнового способа проведения, обеспечивает снижение стоимости горнопроходческих работ. При этом эффект выражается в снижении себестоимости 1 т добычи угля за счет увеличения скорости проведения, а также за счет экономии от увеличения объемов комбайнового способа проведения.

Снижение себестоимости 1 т угля за счет увеличения скорости можно определить из выражения

$$C = \frac{\sum_{i=1}^n Q(C_n - C_y)}{1000},$$

где  $C$  — изменение себестоимости 1 т добычи, руб.;  $Q$  — объем проведения подготовительных выработок на 1000 т добычи угля соответственно комбайнами ПК-3м, 4ПУ, ПК-9р в чистоугольных забоях и комбайнами ПК-3м и ПК-9р в смешанных забоях, м<sup>3</sup>;  $C_n$  и  $C_y$  — полные затраты на проведении 1 м<sup>3</sup> подготовительных выработок до и после увеличения скорости проведения соответственно комбайнами ПК-3м, 4ПУ, ПК-9р в чистоугольных забоях и ПК-3м, ПК-9р в смешанных забоях, руб/м<sup>3</sup>.

Расчет входящих в выражение параметров произведен на основании выведенных многофакторных корреляционных уравнений (см. табл. 20), а также исследований [62, 63, 64].

Подставляя данные значения в выражение, получим

$$C = \frac{21,6 \times 1,22 + 10,4 \times 1,24 + 1,26 \times 1,35 + 2,08 \times 1,17 + 1,49 \times 1,27}{1000} = 0,049 \text{ руб/т.}$$

Следовательно, за счет увеличения скорости проведения ежегодная экономия составит 4500 тыс. руб.

Ожидаемый экономический эффект (руб.) от увеличения объемов комбайнового способа проведения определяется по формуле [69]

$$\mathcal{E} = [(C_1 + e_n K_1) - (C_2 + e_n K_2)] Q_r, \quad (9)$$

где  $C_1$  — стоимость 1 м<sup>3</sup> выработки, пройденной с помощью БВР, руб.;  $C_2$  — стоимость 1 м<sup>3</sup> выработки, пройденной проходческим комбайном, руб.;  $Q_r$  — годовой объем проведения выработок комбайном, м<sup>3</sup>;  $e_n$  — нормативный коэффициент сравнительной эффективности капитальных затрат (принимается равным 0,2);  $K_1$  и  $K_2$  — удельные капитальные затраты соответственно при базовой и новой технике.

Учитывая, что выработки проводят как в угольных, так и в смешанных забоях, на основании работы [66] устанавливаем средневзвешенную стоимость 1 м<sup>3</sup> выработки, пройденной с помощью буровзрывных работ,  $C_1 = 11,12$  руб.

На основании исследований средневзвешенная стоимость 1 м<sup>3</sup> выработки, проводимой комбайнами,  $C_2 = 9,81$  руб.

Исходя из годового объема проведения выработок по уголю и в смешанных забоях, определяем потребность в числе различных типов комбайнов при оптимальной скорости проведения выработок для каждого из них:

$$П = \frac{BK}{q \cdot 0,65},$$

где  $B$  — годовой объем проведения выработок, км;  $K$  — коэффициент резерва оборудования в эксплуатации, равный 1,35;  $q$  — годовая производительность комбайна, км; 0,65 — коэффициент использования оборудования.

В результате расчетов установлено, что для проведения подготовительных выработок в объеме 600 км/год необходимо иметь 306 проходческих комбайнов, из них ПК-3м (ГПК, ПК-3р) — 57%, К-56 МГ — 13,7%, ПК-9р — 4,3%, 4ПУ (КСО) — 25%.

Удельные капитальные затраты (руб.) при новой технике определяются из выражения

$$K = \frac{C_n}{q_r S_{cp}},$$

где  $C_n$  — стоимость единицы нового оборудования, руб.;  $S_{cp}$  — средняя площадь поперечного сечения выработки, проводимой комбайном, м<sup>2</sup>.

$$K_2 = \frac{26262}{3072 \cdot 7,0} = 0,92 \text{ руб.}$$

Для базовой техники удельные капитальные затраты

$$K_1 = \frac{9600}{2964 \cdot 7,0} = 0,46 \text{ руб.}$$

Подставляя полученные значения в выражение (9), будем иметь:  $\mathcal{E} = (11,12 + 0,2 \cdot 0,46) - (9,81 + 0,2 \cdot 0,92) 28500 \approx 35000$  руб.

Годовой экономический эффект полного объема внедрения проходческих комбайнов составит

$$\frac{3500 \cdot 306}{1,35} \approx 7900 \text{ тыс. руб.}$$

Следовательно, общая экономия от внедрения комбайнового способа проведения и увеличения скорости проведения составит 12,4 млн. руб/год.

Вместе с тем исследования показывают, что дальнейшее увеличение объемов комбайнового способа проведения возможно за счет выработок, проводимых смешанным забоем. Однако при этом увеличение производительности труда, скорости проведения и снижение стоимости работ возможно в случае проведения выработок в пределах мощности пласта.

Возможная экономия в этом случае может быть определена по следующей формуле [67]:

$$C(C_1 - C_2)Q + 0,5A_n + \left( \frac{C_n}{A} - \frac{C_n}{A + A_n K} \right) (A + A_n K), \quad (10)$$

где  $C_1$  — полная стоимость проведения выработки в смешанных забоях, руб.;  $C_2$  — полная стоимость проведения выработки в угльных забоях, руб.;  $Q$  — объем выдаваемой пустой породы в год, м<sup>3</sup>;  $C_0$  — затраты шахт по подъему, руб.;  $A$  — средневзвешенная годовая подземная добыча за пятилетку, т;  $A_n = Q\gamma_n$  — объем выдаваемой пустой породы, т;

$$K = \frac{K_n \gamma_u}{\gamma_n K_y}$$

где  $\gamma_u$ ,  $\gamma_n$  — плотность соответственно угля и породы, т/м<sup>3</sup>;  $K_u$ ,  $K_n$  — коэффициент разрыхления соответственно угля и породы; 0,5 — стоимость транспортирования 1 т породы в шахте, руб. [68].

При организации проведения выработок в пределах мощности пласта за счет оставления породы в шахте высвобождается вагонеток:

$$n_n = \frac{A_n K}{\gamma_n}$$

Это позволяет без увеличения затрат дополнительно выдать из шахты угля

$$\Delta A = A_n K.$$

При увеличении добычи угля на величину  $\Delta A$  (т) снижение себестоимости 1 т угля (руб.) составит

$$\Delta C = \frac{C_n}{A} - \frac{C_n}{A + A_n K}.$$

В этом случае общая экономия определяется из выражения

$$C = \left( \frac{C_n}{A} - \frac{C_n}{A + A_n K} \right) (A + A_n K).$$

Подставляя в выражение (10) численные значения, находим общую экономию

$$C = (11,89 - 9,61) 849\,600 + 0,5 \cdot 1\,869\,000 + \left( \frac{1638 \cdot 10^4}{85\,811 \cdot 10^4 + 1,3 \cdot 10^6} - \frac{1638 \cdot 10^4}{78 \cdot 10^6} \right) (85\,811 \cdot 10^5 + 1,3 \cdot 10^6) = 3700 \text{ тыс. руб.}$$

Результаты исследований подтверждают ранее сделанные выводы [62], что для проходческих комбайнов существуют экономически оптимальные интервалы скоростей проведения выработок.

Наличие зоны затяжного оптимума дает основание считать рекомендуемые значения экономически целесообразными *скоростей*, указанных выше. Увеличение скорости проведения выше рекомендуемых значений сопряжено со значительными трудностями и в первую очередь невозможностью максимального совмещения процесса работы комбайна с процессом крепления. Поэтому в перспективе необходимо создание не отдельных типов комбайнов, а комплексов с механизированными передвижными крепями, которые обеспечат полное совмещение процесса работы комбайна и процесса крепления.



На шахтах Кузнецкого бассейна *важно* уделять свыше 1,5 тыс. км подготовительных выработок различного назначения горно-подготовительных работ обуславливает широкое внедрение прогрессивных средств и способов проведения подготовительных выработок, создание новой и совершенствование существующей промышленной техники для различных горно-технических условий.

При переходе горных работ на нижние горизонты газообильных разрабатываемых пластов на шахтах бассейна значительно возрастает вероятность возникновения внезапных выбросов газа и газа при проведении подготовительных выработок. В связи с этим в бассейне большое внимание уделяется разработке новых способов борьбы с внезапными выбросами при комбайновой выработке.

Применяются следующие способы профилактической обработки пластов для предупреждения внезапных выбросов: создание искусственной цели, бурение опережающих скважин, гидромывание породных масс подкостей, нагнетание воды в пласт и др.

Применяются способы контроля за состоянием рудничной атмосферы и автоматическая газовая защита. Разрабатываются специальные средства автоматического регулирования скорости движения выбои исполнительным органом проходческих комбайнов и предохранительные щиты. Для оценки этих мер были проведены исследования, которые позволяют выбрать наиболее эффективные способы предупреждения внезапных выбросов газа и газа при проведении подготовительных выработок комбайнами.

В настоящее время для достижения высоких показателей безопасности и производительности труда при комбайновом способе проведения выработок по газоопасным пластам ВОСТНИИ продолжает разработку перспективных локальных и региональных методов и средств защиты выработок от внезапных выбросов газа и газа.

Исследования и разработка наиболее прогрессивной технологии проведения подготовительных работ в бассейне выполняются в направлении совершенствования организации проведения подготовительных выработок с применением существующей проходческой техники и создания и внедрения передовой проходческой техники — комплексов комбайновых комплексов для различных горно-технических условий.

Улучшение организации горно-подготовительных работ осуществляется на основе обобщения и анализа опыта научной организации труда и передовых проходческих бригадах бассейна.

Опыт передовиков позволил установить и рекомендовать для внедрения в проходческих бригадах новые способы, приемы и методы организации труда, позволяющие увеличить скорости проведения подготовительных выработок с применением серийных проходческих комбайнов и оборудования и производительность труда проходчиков в 3—5 раз по сравнению с достигнутыми в настоящее время.

Такие результаты достигаются за счет разработки и выполнения наиболее эффективных графиков организации работ в забое, позволяющих увеличить коэффициент использования комбайна К<sub>к</sub>, применения прогрессивных приемов выполнения операций проходческого цикла, четкого снабжения необходимыми материалами и оборудованием, рационального размещения оборудования и инструментов в забое, использования различных приспособлений, выполнения работ проходческими бригадами (звеньями) с оптимальным числом проходчиков, высокого профессионального мастерства и творческой работы всех членов проходческой бригады.

Выполнение перечисленных требований позволяет, например, на шахте «Октябрьская» ежегодно проходить с применением комбайна ПК-9р не менее 7 км выработок, на шахте «Нагорная» комплексом КН-5Н — свыше 8 км. Наивысшая в бассейне производительность труда при проведении выработок достигнута с применением комбайнов ПК-9р (1,28 м/чел-смену) и 4ПУ (3,29 м/чел-смену).

По результатам анализа скоростного проведения подготовительных выработок проходческими комбайнами КузНИИИ совместно с производственным объединением Прокопьевскуголь разработали «Временные методические рекомендации по составлению типовых проектов скоростного проведения подготовительных выработок с применением проходческих комбайнов ПК-9р и 4ПУ». В рекомендациях изложена методика выбора основных технических и технологических показателей скоростных примеров проведения и, в частности, методика расчета трудоемкости и продолжительности выполнения операций проходческого цикла, являющаяся основой разработки графиков организации работ при скоростных способах проведения и выбора оптимальной численности проходческих бригад.

В бассейне основное внимание уделяется созданию и внедрению наиболее прогрессивной проходческой техники — проходческих комбайновых комплексов для непрерывной поточной технологии проведения подготовительных выработок различного назначения. Первым шагом в этом направлении является разработка комплекса КН-5Н «Кузбасс». Создание передовой проходческой техники в бассейне осуществляется на основании анализа опыта эксплуатации проходческих комбайнов со стреловидным исполнительным органом, передовой организации труда при скоростных способах проведения с применением этих комбайнов, результатов комплексных исследований обобщенной математической модели

проведения подготовительных выработок, опыта шахты «Нагорная» по разработке проходческих комплексов, результатов эксплуатации опытных образцов проходческих комплексов КН-5Н «Кузбасс» и КСО. Для обеспечения непрерывной поточной технологии проведения подготовительных выработок комбайновые проходческие комплексы должны механизировать и совмещать во времени все основные операции проходческого цикла.

Комбайновые проходческие комплексы должны создаваться по агрегатному принципу и представлять собой конструктивно и кинематически объединенные в единое целое машины, выполняющие все технологические операции проходческого цикла. Для совмещения операций по отбойке угля и креплению выработок проходческие комбайны комплексов должны быть оборудованы комбинированным механизмом передвижения, включающим гусеничный ход и распорно-шагающий механизм с гидрофицированной временной крепью, представляющей собой основу для возведения анкерной или сборной металлической крепи.

Схема механизма передвижения должна обеспечивать движение комплекса как в режиме шагания с распором, так и в режиме передвижения на гусеничном ходу, когда временная гидрофицированная крепь являлась бы ограждающей.

Транспортирование горной массы от комплекса должно осуществляться телескопическим ленточным конвейером с самоходной натяжной головкой. Другим перспективным видом транспорта в проходческих комплексах являются самоходные вагонетки на пневмошассином ходу с дизельным или электрическим приводом.

Транспортирование угля из забоя подготовительной выработки и материалов в забой с помощью цепных конвейеров в будущем должно быть исключено из технологии горно-подготовительных работ.

Перспективными являются пневматический и гидравлический транспорт угля из забоев подготовительных выработок.

Доставка материалов в забой, погрузочно-разгрузочные операции и монтажно-демонтажные работы должны выполняться специальными самоходными вагонетками на пневмошассином ходу. В сложных горно-геологических условиях доставка материалов в забой должна производиться с помощью монорельсовых или напольных канатных дорог.

Проходческие комбайновые комплексы должны быть оборудованы следующими системами автоматического управления: программного управления исполнительным органом комбайна; автоматического регулирования нагрузки двигателя исполнительного органа; контроля и стабилизации направления движения комбайна; контроля и регулирования пылегазового режима.

Системы пылеподавления, включающие средства и оборудование пылеотсоса и орошения, должны быть значительно усовершенствованы. Проблеме борьбы с пылью должно придаваться основное значение при разработке нового проходческого оборудования.

Результаты опытной эксплуатации созданных в соответствии с

установленными положениями и разработанными требованиями выпускающихся серийно проходческих комплексов КН-5Н «Кузбасс» и комплексов КСО, рекомендованных к серийному производству, подтверждают правильность принятых направлений по совершенствованию технологии подготовительных работ.

Экспериментальными образцами комплекса КН-5Н «Кузбасс» на шахте «Нагорная» в 1974 г. при проведении промышленных испытаний за 30 дней было пройдено 757 м штрека площадью поперечного сечения 8,5 м<sup>2</sup>. Максимальные суточные подвигания составили 40 м, сменные — 18 м, средняя суточная скорость составила 27 м, сменная — 9 м. Производительность труда проходчиков составила 1,8 м/выход. В июне 1976 г. двумя экспериментальными образцами комплекса КН-5Н «Кузбасс» в месяц было пройдено 2040 м выработок площадью поперечного сечения 8,3 м<sup>2</sup>. Максимальная суточная скорость составила 90 м, сменная — 46 м, средняя суточная скорость составила 66 м, сменная 22 м. Производительность труда проходчиков при этом составила 2 м/чел-смену. Основными достоинствами комплекса являются механизация и совмещение операций по разрушению забоя, погрузке горной массы на штрековые транспортные средства, крепление выработки анкерной крепью. Комплекс КН-5Н «Кузбасс» позволяет проводить горизонтальные и наклонные с углом наклона до 35° выработки в условиях устойчивых и средней устойчивости пород кровли. Результаты промышленных испытаний позволили рекомендовать комплекс КН-5Н «Кузбасс» к серийному производству. В настоящее время Копейский машиностроительный завод им. С. М. Кирова приступил к серийному изготовлению комплексов КН-5Н «Кузбасс» на базе комбайна ГПК.

Комплекс самоходного проходческого оборудования КСО успешно прошел промышленные испытания на шахте «Краснокаменская». За время испытаний с применением комплекса было пройдено 676 м вентиляционных штреков площадью сечения 5,3 м<sup>2</sup> в свету. Из них 240 м пройдено по углю с присечкой породы и 210 м по породе. Средняя скорость проведения выработок составила 4,5 м/смену, максимальная — 9 м/смену. Средняя производительность труда проходчиков составила 0,9 м/чел-смену.

Основными преимуществами комплекса по сравнению с проходческим оборудованием, в котором транспортирование горной массы и материалов производят скребковыми конвейерами, являются: возможность проведения искривленных выработок, механизация доставки материалов в забой, меньший объем монтажно-демонтажных работ и работ по зачистке готовой выработки, надежная работа при транспортировании породы.

По результатам промышленных испытаний проходческий комплекс КСО рекомендован к серийному производству. В 1978 г. Сукратовский завод выпустил партию из трех штук самоходных вагонеток. В настоящее время КузНИИ проводит работы по совершенствованию комплекса.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Архангельский А. С. Проходческие комбайны. М., Углетехиздат, 1958.
2. Проходческий комбайн конструкции Якова Гуменина. Под ред. А. С. Архангельского. М., Углетехиздат, 1956.
3. Мосилевский А. А. Проходческий комбайн ШБМ-1у. М., Углетехиздат, 1953.
4. Отраслевая методика определения экономической эффективности новой техники и совершенствования производства в угольной промышленности Изд. ЦНИИУголь, М., 1973.
5. Методика определения рациональных областей применения комбайновых и буровых комплексов проходческого оборудования для основных горно-технологических условий угольных шахт Изд. ИГД им. А. А. Скочинского. М., 1976.
6. Ганзен Г. А. Методика определения оптимальных параметров проходческих комплексов и технологии проведения горизонтальных подготовительных выработок Изд. ИГД им. А. А. Скочинского. М., 1974.
7. Технологические схемы очистных и подготовительных работ на угольных шахтах Изд. ИГД им. А. А. Скочинского, ч. III М., 1979.
8. Лылага Ю. А. О применении метода гидравлических аналогов к решению задач фильтрации газа в угольном пласте. — В кн.: Проблемы рудничной аэрологии. М., Госгортехиздат, 1959, с. 206—218.
9. Берон А. И. Основные закономерности разрушения углей исполнительными органами добычных машин. — В кн.: Сопротивляемость горных пород разрушению при добычи. М., Изд-во АН СССР, 1962, с. 29—52.
10. Павлов Г. Е. Исследования процессов адсорбционного капиллярного насыщения ископаемых углей в связи с эффективностью предварительного увлажнения. — В кн.: Нагнетание воды в угольные пласты для повышения безопасности горных работ. М., Недра, 1965, с. 218—225.
11. Чернов О. И. Исследование профилактического увлажнения угольных пластов для повышения безопасности труда в шахтах. Дисс. на соиск. уч. степ. А-ра техн. наук. М., ИГД им. А. А. Скочинского, 1970.
12. Влияние на газовыделение воды, нагнетаемой в угольный пласт / Б. И. Медведев, И. Ф. Морозов, В. К. Тарасенко и др. — Безопасность труда в промышленности, 1970, № 3, с. 4—8.
13. Хашин В. Н. Увлажнение угольных пластов на шхтатах Прокопьевского месторождения Кузбасса. — В кн.: Нагнетание воды в угольные пласты для повышения безопасности горных работ. М., Недра, 1965, с. 122—128.
14. Чернов О. И., Мурашова В. И., Шлиомовичус Я. Г. Изучение напряженного состояния нетронутого горными работами угольного массива при нагнетании в него воды. — В кн.: Вопросы безопасности в угольных шахтах, т. IX. М., Недра, 1969, с. 15—21.
15. Ходот В. В. Внезапные выбросы угля и газа. М., Госгортехиздат, 1961.
16. Босоявленский В. А., Галанов Е. И., Салма В. И. Исследование газового режима подготовительных выработок шахт Львовско-Волынского бас-

сейна с целью выбора рациональных мест установки датчиков автоматического контроля метана. — В кн.: Безопасность труда в горной промышленности. М., Недра, 1967, с. 40—46.

17. Wicke E. Empirische und theoretische Untersuchungen der Sorptionsgeschwindigkeit von Gasen an porösen Stoffen I. Kolloid Zeitschrift. Band. 66 1929, s. 167—175.
18. Скляров В. А. Газовыделение из отбитого угля. Дисс. на соиск. уч. ст. канд. техн. наук. Донецк, ДПИ, 1964.
19. Яновская М. Ф., Премислер Ю. С. Номограммы для расчета газовой выделении при разрушении угля Изд. ИГД им. А. А. Скочинского, М., 1967.
20. Лидин Г. Д. К вопросу о закономерности выделения метана из угля отторгнутого от массива. — В кн.: Управление газовой выделением и пылеподавлением в шахтах. М., Наука, 1972, с. 38—40.
21. Измерение удельной скорости газовой выделении из газонасыщенного угля / В. А. Вологодский, Г. Я. Полевщиков, Н. И. Попов и др. — Техника безопасности, охрана труда и горноспасательное дело, 1975, № 4, с. 8—10.
22. Топчиев А. В., Солод В. И. Расчет производительности выемочных комплексов и агрегатов. М., Недра, 1966, 97 с.
23. Исследование влияния основных операций проходческого цикла на производительность проходческих комбайнов / Г. Н. Архипов, В. И. Коронин, В. Е. Новгородов, Ю. Г. Казяниц. — В кн.: Шахта нового технико-экономического уровня для условий Прокопьевско-Киселевского района Кузбасса. Прокопьевское производственно-полиграфическое объединение издательство. Прокопьевск, 1976, с. 130—135.
24. Определение основных параметров проходческих комбайнов / Г. Н. Архипов, В. И. Коронин, В. Е. Новгородов, П. М. Ларичкин. РЖ Горное дело, реф. 25175—75.
25. Архипов Г. И. Устройство для исследования проходческих комбайнов — Проектирование и строительство угольных предприятий, 1966, № 7 (91), с. 74—76.
26. Давыдов Б. А., Скородумов Е. А. Динамика горных машин. М., Госгортехиздат, 1961.
27. Горные машины / Я. И. Альшиц, Б. А. Верлов, А. Н. Воронский и др. М., Госгортехиздат, 1961.
28. Докукин А. В., Красников Ю. Д., Хурган З. Я. Аналитические основы динамики выемочных машин. М., Наука, 1966.
29. Корреляционный анализ нагрузок выемочных машин / А. В. Докукин, Ю. Д. Красников, З. Я. Хурган, Е. М. Шмариан, М., Наука, 1969.
30. Динамические процессы горных машин / А. В. Докукин, Ю. Д. Красников, З. Я. Хурган, и др. М., Наука, 1972.
31. Барон Л. И., Глатман Л. Б., Губенков Е. К. Разрушение горных пород проходческими комбайнами. Научно-методические основы. Разрушение резанием инструментом. М., Наука, 1968.
32. Позин Е. З. Сопротивляемость углей разрушению режущими инструментами. М., Недра, 1972.
33. Позин Е. З., Тужков Л. С. Анализ структурных особенностей процесса резания угля применительно к моделированию динамических нагрузок на ЭКВМ. — В кн.: Научные сообщения ИГД им. А. А. Скочинского, вып. 113.

М. изд. ИГД им А. А. Сочинского, 1968, с. 91—100.

34. Зыков А. А., Битт А. А., Лидин С. Э. Теория колебаний, М., Физматгиз, 1959.

35. Зыков А. А. Качественная теория динамических систем второго порядка, М., Недра, 1966.

36. Павлов В. Г. Основы прикладной теории упругих колебаний, М., Машиностроение, 1967.

37. Аартов П. Г., Гаршико В. В., Ульшин В. А. Автоматическое регулирование режимов работы горных машин, М., Недра, 1970.

38. Гальперин С. П. Колебания в инженерном деле, М., Физматгиз, 1959.

39. Гершков В. П. Расчеты крутильных колебаний силовых установок. Справочное пособие, т. I. Изд-во Технической и теоретической литературы, М., 1953.

40. Докучаев А. В. Научные основы создания проходческих комбайнов и перспективы комплексной механизации проходки на их базе для условий угольных месторождений. Изд. ИГД им А. А. Сочинского, М., 1967.

41. Резание руды / А. И. Берон, А. С. Казанцев, Б. М. Лейбов, Е. З. Позни, М., Госгортехиздат, 1962.

42. Оптимизация режимов работы исполнительных органов угледобывающих машин. Под ред. А. И. Берона, Е. З. Позни, М., Недра, 1967.

43. Архипов Г. Н., Белая Н. А., Коровин В. И. Технические и экономические требования к комплексу машин для проведения конвейерных и промежуточных штреков. — Труды КузНУИ, № 21. Прокопьевское производственно-полиграфическое объединение издательства, Прокопьевск, 1970, с. 207—216.

44. Комплекс самоходного проходческого оборудования КСО-1 Л. А. Белая, Г. Н. Архипов, В. И. Васильев и др. — Проектирование и строительство угольных предприятий, 1975, № 7, с. 6—9.

45. Результаты промышленных испытаний комплекса самоходного проходческого оборудования КСО-1 / Г. Н. Архипов, Н. А. Белая, О. Ф. Калугин и др. — Труды КузНУИ, № 29. Прокопьевское производственно-полиграфическое объединение издательства, Прокопьевск, 1976, с. 112—117.

46. Малов Р. В., Резников И. П. Новые транспортные средства с дизельным приводом для угольных шахт. — Уголь, 1975, № 4, с. 40—44.

47. Шахтные самоходные вагоны / В. А. Бреннер, А. В. Бауман, С. К. Колашнов, Ю. М. Шенгерович, М., Недра, 1972.

48. Кизяцкий Я. Б., Дубовицкий Г. В. Современное самоходное оборудование для вспомогательных транспортных работ. — Горный журнал, 1971, № 7, с. 64—67.

49. Илеников В. Р. Технология, механизация и организация производственных процессов при подземной разработке рудных месторождений, М., Недра, 1973.

50. Комплект электроизмерительных приборов для исследования электроприводов горных машин в шахтных условиях / И. С. Петушков, Л. В. Гудимов, В. И. Закиров и др. — Труды КузНУИ, № 24. Прокопьевское производственно-полиграфическое объединение издательства, Прокопьевск, 1972, с. 253—263.

51. Исследования силовых и энергетических параметров проходческого комплекса КН-511 / Г. Н. Архипов, Н. А. Белая, В. М. Ермилов и др. В кн.

Шахта нового технико-экономического уровня для угольной промышленности Кемеровского района Кузбасса. Прокопьевское производственно-полиграфическое объединение издательства, Прокопьевск, 1976, с. 124—128.

52. Составные и перспективные программы механизации работ на шахтах Кузбасса / И. И. Архипов, Н. А. Белая, Ю. Г. Казанцев и др. — Проектирование и строительство угольных предприятий, 1976, № 1 (24), с. 15—18.

53. Перспективы применения проходочных комбайнов универсального типа на шахтах Кузнецкого бассейна / Г. Н. Архипов, Ю. Г. Казанцев, Ю. Г. Кудряков, В. И. Коровин. — Труды КузНУИ, № 30. Прокопьевское производственно-полиграфическое объединение издательства, Прокопьевск, 1976, с. 133—136.

54. Машин и оборудование для проведения горизонтальных и наклонных горных выработок. Под ред. Б. Ф. Братчишко, М., Недра, 1973.

55. Организация работ в проходческой бригаде А. Я. Хмелюга с шахты «Октябрьская». Инструкционно-технологическая карта. Кемеровское книжное издательство, Кемерово, 1976.

56. Петушков А. М., Архипов Г. Н., Коровин В. И. Опыт работы проходческой бригады Ф. К. Мельникова — Уголь, 1975, № 2, с. 22—23.

57. Архипов Г. Н., Коровин В. И., Черемнов В. И. Скоростное проведение выработок на шахтах производственного объединения Промышленкумга. Изд. ЦНИЭНуголь, М., 1977.

58. Новиков Р. М., Волнуцев Г. Н., Архипов Г. Н. Скоростное проведение подготовительных выработок на шахте «Дальние горы» — Уголь, 1974, № 11, с. 24—26.

59. Основные показатели проведения подготовительных выработок в наклонной новой горнопроходческой техникой на эксплуатационных шахтах угольной промышленности Изд. ЦНИЭНуголь, М., 1977.

60. Галечка И. С., Нехизов Т. Скоростная проходка штрека комбайнами ПК-9р — Известия Гурниче, 1973, № 9, с. 262—264.

61. Временные методические рекомендации по составлению типовых проектов скоростного проведения подготовительных выработок с применением проходческих комбайнов ПК-9р и 4ПУ на шахтах ц/o Прокопьевкумга. Изд. КузНУИ, Прокопьевск, 1976.

62. Оптимальные технологические параметры проведения подготовительных выработок комбайнами Л. В. Ливенко, П. Б. Бабин, А. М. Курганский, Э. Э. Пильва. Изд. ЦНИЭНуголь, М., 1970.

63. Кожевни В. Г., Новиков В. Н., Головкин А. П. Влияние скорости проведения выработок на их стоимость. Кемеровское книжное издательство, Кемерово, 1967.

64. Угольная промышленность СССР: т. II Изд. ЦНИЭНуголь, М., 1976.

65. Совершенствование технологии проведения подготовительных выработок на шахтах Карагандинского бассейна / Ю. Л. Худин, Н. М. Мухомов, М. П. Роденман и др. Изд. ЦНИЭНуголь, М., 1970.

66. Улучшенные единичные расценки на горнопроходческие работы для шахт Кузнецкого угольного бассейна, разработанные институтом Сибгипрошахт и согласованные с комбайнами Кузбассшахтострой, Кузбасскумга, Южкузбасс и согласованные с комбайнами Кузбассшахтострой, т. I. Для шахт Кемеровской области (кроме шахт Томь-Усинского района). Изд. Сибгипрошахт, Новосибирск, 1971.

66. Лавренко А. К., Петрушко Е. В., Суров А. Г. Экономическая целесообразность отработки пород в шахте. М., Недра, 1968.

68. Методы определения экономической эффективности использования в угольной промышленности новой техники, изобретений и рационализаторских предложений. Изв. ЦНИИУголь, М., 1978.

69. Савинко Б. В. Экономика угольной промышленности. М., Недра, 1970.

70. Рашин Е. Н. Движка привода санков. М., Машиностроение, 1966.

71. Правила изготовления транспортных средств с дувальным приводом для угольных и сланцевых шахт. Макеевка — Донбасс, 1975.

72. Задченко Н. З. Автоколебания в гидротрещках металлорежущих станков. М., Машгиз, 1958.

73. Камеченский Г. Н. Устойчивость движения рабочих органов станков при гидроприводе. — В кн.: Исследование колебаний металлорежущих станков при гидроприводе. В кн. Исследование колебаний металлорежущих станков при резании металлов. М., Машгиз, 1958, с. 273—293.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

	Стр
Предисловие	3
1. Область и объемы применения комбайнового способа проведения выработок в Кузбассе	5
1.1. Горногеологические условия проведения подготовительных выработок	5
1.2. Области применения проходческих комбайнов и комплексов	8
2. Технологии проведения выработок с применением проходческих комбайнов	12
2.1. Общие положения	12
2.2. Проведение подготовительных выработок на пологих пластах	13
2.3. Проведение подготовительных выработок на крутых пластах	15
2.4. Транспортировка и монтаж проходческих комбайнов	16
3. Использование проходческих комбайнов на пластах, подверженных газодинамическим явлениям	20
3.1. Оценка различных способов вскрытия угля применительно к пластам, склонным к газодинамическим явлениям	20
3.2. Влияние скорости подвигания забоя подготовительной выработки на выбросоопасность угольного пласта	23
3.3. Способы предупреждения внезапных выбросов угля и газа, применимых при комбайновом способе проведения выработок	31
3.4. Конструктивные и технологические положения использования проходческих комбайнов на выбросоопасных пластах	41
4. Совершенствование проходческих комбайнов и разработка комплексов проходческого оборудования	63
4.1. Основные параметры проходческих комбайнов	63
4.2. Исследование устойчивости проходческих комбайнов	70
4.3. Разработка и совершенствование исполнительных органов проходческих комбайнов	79
4.4. Комплекс самоходного проходческого оборудования КСО	92
4.5. Комбайны распорно-шагающего типа и проходческие комплексы на их основе	106
4.6. Разработка и совершенствование проходческих комбайновых комплексов для проведения подготовительных выработок	122
5. Совершенствование организации проведения подготовительных выработок проходческими комбайнами	126
5.1. Скоростное проведение выработок с применением комбайнов ПК-Эм (ПК-ЭР)	126
5.2. Опыт скоростного проведения выработок с применением комбайнов АПУ	129
5.3. Примеры скоростного проведения основных штреков с применением комбайнов ПК-9 р.	141
5.4. Анализ примеров скоростного проведения выработок с применением комбайнов АПУ и ПК-9р. Новые способы, приемы и методы организации труда	150
5.5. Определение основных технологических параметров проходческого цикла	154
6. Экономическая эффективность применения проходческих комбайнов	163
Заключение	174
Список литературы	178

Василий Сергеевич Евсеев  
Герман Николаевич Архипов  
Евгений Серафимович Розлицев

**ПРИМЕНЕНИЕ ПРОХОДЧЕСКИХ КОМБАЙНОВ НА ШАХТАХ**

---

Редактор издательства Э. И. Чернышев  
Переплет художника И. Г. Сайко  
Художественный редактор О. И. Зайцева  
Технический редактор Л. И. Шиманова  
Корректор Р. Т. Блаженко

ИБ № 4017

---

Сдано в набор 19 03 80. Подписано в печать 08 01 81. Т-00607. Формат 60x90/16. Бумага типографская № 2. Гарнитура «Литературная». Печать высокая. Усл. печ. л. 11,5. Уч. изд. л. 13,01. Тираж 7000 экз. Заказ 112, 8107-9. Цена 90 коп.

Издательство «Недра», 103623, Москва, К-12, Третьяковский проезд, 1/19  
Харьковская книжная фабрика «Коммунист» республиканского производственного объединения «Полиграфкнига» Госкомиздата УССР, 310012, Харьков-12, Зигельса, 11.