

## 9. СТРОИТЕЛЬСТВО ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ ВЫРАБОТОК В НЕОДНОРОДНЫХ ПОРОДАХ

---

### 9.1. Формы, размеры поперечного сечения и способы проведения выработок

Примером проведения горизонтальных выработок в неоднородных породах может служить проведение штреков по тонким пластам и жилам.

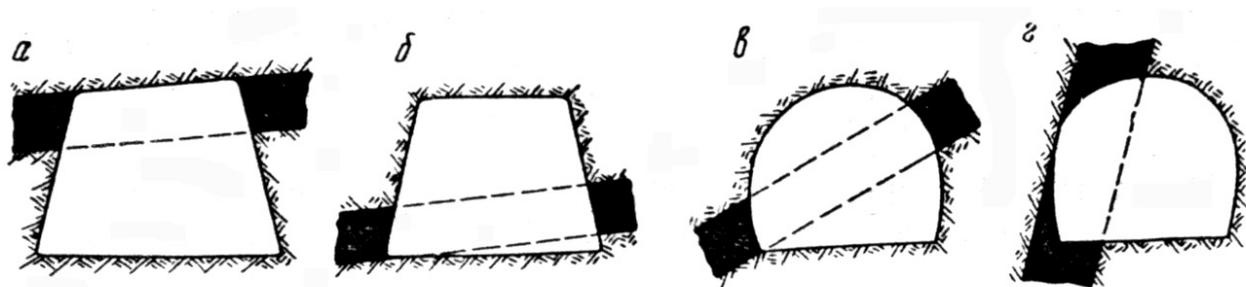
*Формы и размеры поперечного сечения* выработок, когда забой пересекает 2-3 слоя пород с различными физико-механическими свойствами, выбирают по тем же принципам, что и при проведении по однородным породам. Для выработок, которые при эксплуатации будут подвергаться воздействию очистных работ, предусматривают запас сечения, благодаря чему обеспечивается требуемая площадь сечения после реализации смещений породного контура выработки. Наиболее типичны для этих выработок трапециевидная и арочная формы.

Выработки проводят смешанным забоем в основном по породам с коэффициентом крепости  $f = 4-6$ , причем к настоящему времени доля их увеличивается. Отмечается тенденция роста коэффициента присечки пород (отношения площади породной части забоя к площади поперечного сечения выработки), что связано с увеличением площади поперечного сечения горных выработок.

Вид присечки вмещающих пород в пластовых выработках оказывает большое влияние на эффективность и удобство их проведения и эксплуатации. Возможно проведение выработок (выемочных штреков различного назначения, бремсбергов, уклонов и др.) с *верхней* подрывкой (т.е. подрывкой кровли), *нижней* (почвы), а также *двухсторонней* или *смешанной* (кровли и почвы одновременно). Вид подрывки выбирают, исходя из угла залегания пласта, прочности и устойчивости боковых пород, вида и назначения выработки, принятого типа и конструкции крепи, способа и средств транспортирования угля из очистного забоя в выработку и крепежных материалов, оборудования из выработки в очистной забой.

При выборе места расположения выработки относительно боковых пород необходимо руководствоваться следующими основными требованиями: пласт угля (полезное ископаемое) должен занимать как можно большую, а подрывка боковых пород – меньшую площадь сечения выработки; следует подрывать менее прочные и менее устойчивые породы; необходимо обеспечить равномерное распределение горного давления на крепь и максимальную устойчивость выработки; создать удобные условия выдачи угля из очистных забоев и погрузки его в вагонетки или на конвейер в примыкающих выработках, в особенности в откаточных и других выемочных штреках, а также подачу материалов и оборудования в очистной забой; облегчить и сделать более удобным бурение шпуров по породе.

С целью удобства выдачи угля из лавы откаточные штреки по пологим и крутым (с углом залегания более  $70-75^\circ$ ) пластам с прочной устойчивой кровлей целесообразно проводить с подрывкой пород почвы, а откаточные штреки по наклонным и крутым (с углом залегания до  $70-75^\circ$ ) пластам – с подрывной пород кровли и почвы. Откаточные штреки по наклонным пластам с углом залегания до  $15-30^\circ$ , закрепляемые анкерной крепью, рационально проводить с подрывной почвы. Сохранение кровли нетронутой обеспечивает значительное повышение устойчивости выработок и безопасности работ (рис. 9.1).



**Рис. 9.1. Подрывка вмещающих пород при проведении штреков по тонким пластам:**  
а – нижняя; б – верхняя; в – смешанная; г – нижняя при крутом падении пласта.

Конвейерные и вентиляционные штреки лав, бремсберги и уклоны по пластам с устойчивой кровлей с углом залегания до  $25-30^\circ$  и выемочные штреки по пластам с устойчивой кровлей с углом залегания более  $60^\circ$  целесообразно проводить с подрывкой пород почвы. Этот вид подрывки наиболее эффективен при креплении выработок анкерной крепью, металлической или деревянной трапециевидной рамной крепью. При нем обеспечивается резкое повышение устойчивости сопряжений штреков с лавой, в особенности при анкерной крепи, и безопасности работ в концевых частях лавы, упрощается передвижка привода и концевой головки конвейера, расположенного в лаве.

По наклонным пластам выемочные штреки лав обычно проводят с двухсторонней подрывкой пород. При ней более равномерно распределяется горное давление по контуру выработки, повышается устойчивость крепи, упрощается транспортирование угля из лавы на штрековые конвейеры.

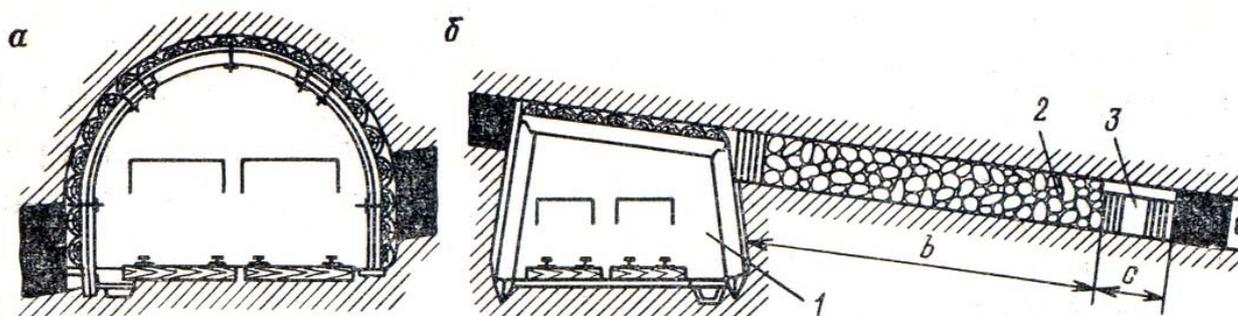
Во всех случаях выработки со смешанным забоем по пластам с ложной кровлей, почвой или ложной кровлей и почвой (мощность их обычно не превышает  $0,4-0,6$  м) следует проводить с выемкой этих пород. Выполнение данного требования особенно важно по условиям безопасности в выработках по крутым и крутонаклонным пластам.

Задачу выбора места расположения выработок относительно вмещающих пород, вида и объема присечки пород для каждого конкретного случая следует решать комплексно, исходя из условия, обеспечивающего минимальные затраты на проведение и крепление выработки, высокую устойчи-

вость и максимальные удобства транспортно-доставочных работ в процессе ее эксплуатации с минимальными затратами.

По тонкому пласту угля выработку проводят узким (рис. 9.2, а) или широким (рис. 9.2, б) забоем. При проведении *узким забоем* выемка полезного ископаемого в пределах поперечного сечения выработки может производиться раздельно от работ по выемке породной части забоя или без разделения работ по выемке полезного ископаемого и породы в пределах поперечного сечения выработки (сплошной забой). Выработки проводят сплошным забоем в случае низкого качества полезного ископаемого или мощности пласта менее 0,5 м. При отсутствии на горном предприятии обогащения полезного ископаемого оно считается потерянным, что является основным недостатком этого способа. Простая организация и механизация горнопроходческих работ обеспечивает достижение высокой скорости проведения штреков и производительности труда проходчиков. Проведение выработок узким забоем с разделением работ по выемке угля и породы характеризуется более сложной организацией труда из-за наличия породного и угольного забоев.

При проведении штреков *широким забоем* (см. рис. 9.2, б) ширина забоя по углю значительно превышает ширину выработки за счет раскоски шириной  $b$  для размещения породы и косовичника шириной  $c$ , необходимого для обеспечения проветривания забоя и других целей.



**Рис. 9.2. Схемы проведения выработок по неоднородным породам:**

а – узким забоем; б – широким забоем;  
1 – штрек; 2 – раскоска; 3 – косовичник

В настоящее время ежегодно только в Украинском Донбассе на поверхность выдают более 60 млн. т породы, которую размещают в 1260 отвалах. Поэтому уменьшение объема выдаваемой из шахт породы и значительная попутная добыча угля являются основными достоинствами этого способа. Вместе с тем высокая трудоемкость размещения породы в выработанном пространстве, сложность организации работ, ухудшение в большинстве случаев условий поддержания выработок ограничивают объемы применения способа проведения выработок широким забоем.

## 9.2. Проведение выработок узким забоем буровзрывным способом

*Комбайновый способ* применяют при соответствии условий проведения выработок техническим характеристикам проходческих комбайнов, в остальных случаях используется буровзрывной способ проходки. При одновременном взрывании зарядов в шпурах по углю и породе технология буровзрывных работ аналогична, что и при проведении выработок по однородной породе. Параметры буровзрывных работ рассчитывают по рассмотренной ранее методике при полном учете особенностей газового и пылевого режима. В соответствующие формулы параметров буровзрывных работ вводится усредненный коэффициент крепости пересекаемых забоем пород и угля:

$$f = f_n k_n + f_y (1 - k_n),$$

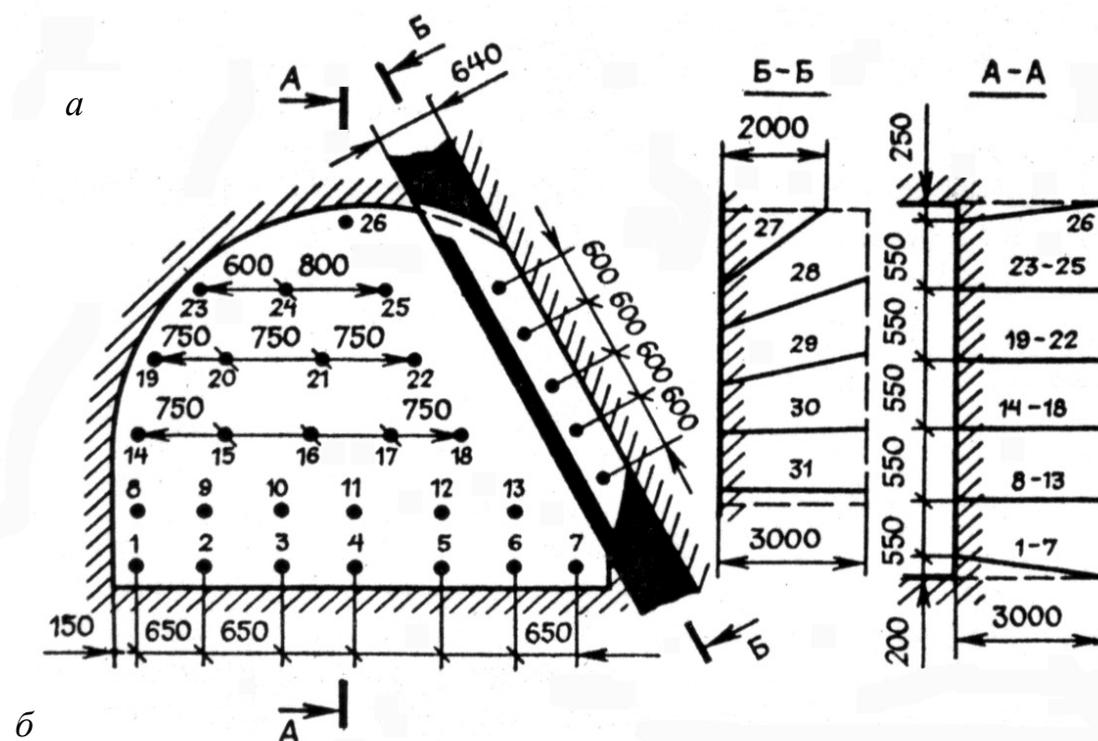
где  $k_n$  – коэффициент присечки пород;

$f_y, f_n$  – коэффициенты крепости соответственно угля и породы.

При проведении выработок с совмещением работ по углю и породе достигнуты высокие технико-экономические показатели. На рис. 9.3 представлены схема расположения шпуров и график организации работ при проведении откаточного штрека на шахте им. И.В. Чеснокова ПО «Стахановуголь». Выработка площадью поперечного сечения в черне  $12 \text{ м}^2$  с подрывкой песчано-глинистых сланцев и известняка почвы пласта крепится металлической податливой крепью АП с шагом установки 1 м. Паспортом буровзрывных работ предусматривается бурение 26 шпуров по породе бурильной установкой БУ-1 и 5 шпуров по углю электросверлом СЭР-19Д глубиной 3 м. Взрывчатое вещество – ПЖВ-20. Горную массу грузили машиной ППМ-4 в вагонетки ВГ-1,3. Бригада состояла из 5 проходческих звеньев по 7 человек в каждом. Ежедневно в начале первой смены совмещали работы по бурению шпуров и настилке постоянного рельсового пути. При последовательной схеме организации горнопроходческих работ с выполнением одного цикла в смену скорость проведения откаточного штрека составила 310 м/мес, производительность труда –  $4,44 \text{ м}^3/\text{чел. -смену}$ .

Комплекс работ по проведению выработок узким забоем с отдельной выемкой угля и породы начинают с выемки угля. Взрывные работы имеют особенности, вызванные уступной формой забоя выработки, и ведутся в строгом соответствии с требованиями Единых правил безопасности при взрывных работах по пылевому и газовому режиму. Электрическое взрывание колонковых зарядов в угольном забое производят за один прием. При взрывании в два приема зарядание шпуров и взрывание зарядов по породе допускаются только после проветривания выработки, уборки взорванного угля, замера концентрации газа, осланцевания забоя и выполнения других мер по безопасности дальнейших работ в забое. Допускается совместное применение электродетонаторов мгновенного и короткозамедленного действия с суммарным временем замедления последних не более 135 мс.

Расход (кг) аммонита Т-19 и число шпуров в угольном забое определяют расчетом из условия взрывания зарядов по углю.



Процессы	Продолжительность работ, мин.	Часы смены					
		1	2	3	4	5	6
Бурение шпуров по углю и породе	105	█					
Заряжание шпуров	30		█				
Взрывание и проветривание	30			█			
Уборка горной массы	75			█			
Крепление	60				█		
Вспомогательные работы	60	█					█

Рис. 9.3. Схема расположения шпуров (а) и график организации работ (б) при проведении откаточного штрека с совместной выемкой угля и породы

При величине заряда 0,5-1,4 кг и коэффициенте заряжания 0,3-0,5 расход ВВ на 1 м<sup>3</sup> угля в зависимости от мощности угольного пласта составляет 0,6-1,3 кг. Нормы расхода других видов ВВ корректируются коэффициентами: аммонит Т-19 – 0,96; угленит Э-6 – 1,62.

Глубина шпуров по углю зависит от организации горнопроходческих работ и составляет 1,5-3 м. Типовые схемы расположения шпуров при различной мощности угольного пласта и типа подрывок показаны на рис. 9.4.

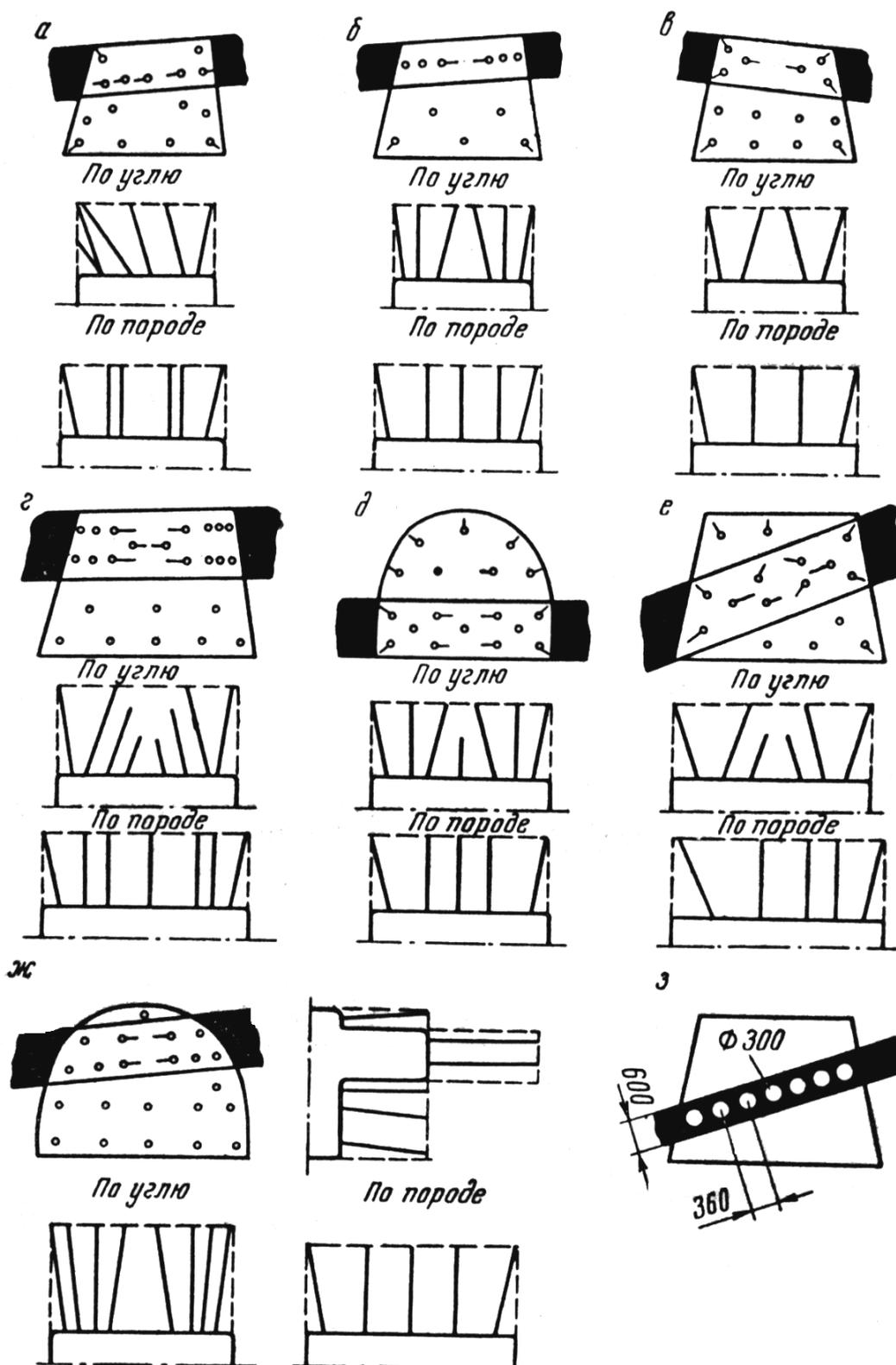


Рис. 9.4. Схемы расположения шпуров и скважин при проведении выработок смешанным забоем

Расстояние между зарядами шпуров по углю в целях предотвращения подрыва одного заряда другим принимают не менее 0,6 м, между зарядами и обнаженной поверхностью – не менее 0,5 м. В пластах мощностью до 0,8 м шпуры располагают в один ряд с веерным или клиновым врубами (рис. 9.4, а, б, в); при большей мощности пласта – в два и более ряда (рис. 9.4, г-ж).

При проведении штреков по пластам, опасным по внезапным выбросам угля и газа, когда ведение взрывных работ запрещено, выемку угля производят нарезными комбайнами, отбойными молотками или выбуриванием скважин (рис. 9.4, з). Для механизации бурения скважин диаметром 90-500 мм по углю принимают бурильные установки БУЭ-1М; БУЭ-3; УЦ-1Э, буровые установки БИП-2; БИК-1; Б 100-200; «Стар»; БГА-4. Угольные прослойки между скважинами, а также у кровли и почвы пласта разрушают вручную или с помощью отбойных молотков. При крутом залегании пластов выемку угля часто производят отбойными молотками или выбуриванием на глубину 1,5-2 м.

Обычно бурение шпуров по угольному забою производят ручными средствами бурения, а погрузку угля теми же средствами механизации, что и породы (1ППН-5, ППМ-4, 1ПНБ-2, 2ПНБ-2 и др.). Применение буропогрузочных машин значительно повышает скорость проведения штреков.

Угольный забой при отдельной выемке опережает породный забой так, что после взрывания зарядов ВВ в породном забое его отставание от угольного забоя составляло 1 м. Правилами безопасности допускается отставание породного забоя от угольного не более чем на 5 м.

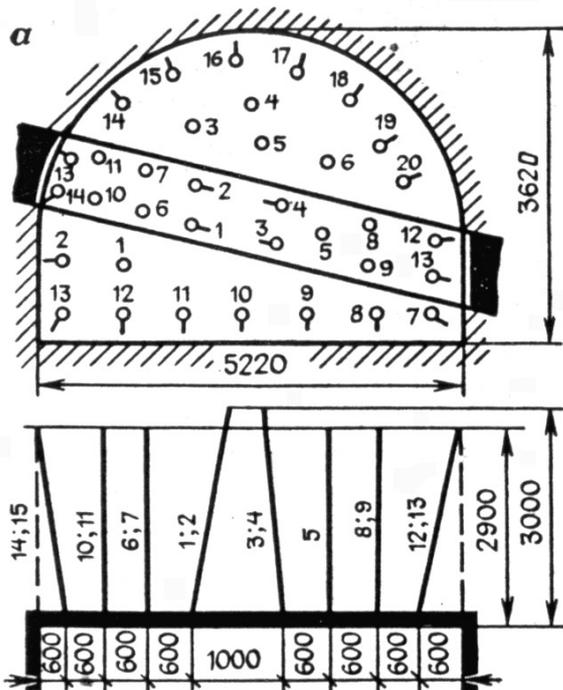
Удельный расход ВВ при взрывании зарядов в шпурах по породе определяют с учетом наличия двух обнаженных поверхностей забоя; он составляет 0,5-1,5 кг на 1 м<sup>3</sup> породы. Обычно шпуры размещают равномерно по сечению породного забоя параллельно продольной оси выработки. Первый ряд шпуров, параллельный горизонтальной поверхности обнажения, располагают на расстоянии 0,5-0,8 м, но не менее 0,3 м.

Глубину шпуров по углю и породе устанавливают из условия кратности величины заходки по породе величине заходок по углю за полный цикл. Например, обычно принимают такую организацию работ, при которой на две заходки по углю приходится одна заходка по породе. Тогда глубина шпуров  $l_{п}$ , м, по породному забою составит:

$$l_{п} = 2 \eta_{у} l_{у} / \eta_{п} ,$$

где  $\eta_{у}$  – КИШ по углю,  $\eta_{у} = 0,9$ ;  $\eta_{п}$  – КИШ по породе,  $\eta_{п} = 0,8$ ;  $l_{у}$  – глубина шпуров по углю, м.

На практике при такой организации работ глубину шпуров по породе принимают равной 3-4 м при глубине шпуров по углю 1,6-2,5 м. Если на одну заходку по углю приходится одна заходка по породе, то глубина шпуров одинакова и равна 2,5-3 м. На рис. 9.5 показаны схема расположения шпуров и график организации работ при проведении двухпутного штрека площадью поперечного сечения в свету 12,8 м<sup>2</sup> с отдельной выемкой угля и породы. Бурение шпуров производили навесным буровым оборудованием на погрузочной машине 2ПНБ-2.



б

Процессы	Объем работ	Число проходчиков	Продолжительность работ, мин	Часы смены						
				1	2	3	4	5	6	
Заряжание шпуров по углю, м	44,5	4	30	█						
Взрывание, проветривание	—	—	50	█						
Уборка угля, м <sup>3</sup>	12,5	5	40		█					
Бурение шпуров по породе, м	50	4	60			█				
Заряжание, взрывание, проветривание	—	—	60				█			
Уборка породы, м <sup>3</sup>	26,5	5	90					█		
Возведение крепи, арка	2,5	4;3,5	150						█	
Настилка рельсового пути, м	5	5;3	90							█
Устройство водоотводной канавки, м	2,5	4	40							█
Вспомогательные работы	—	1	60							█

Рис. 9.5. Схема расположения шпуров (а) и график организации работ (б) при проведении двухпутной выработки с отдельной выемкой угля и породы

Удельный расход ВВ при КИШ=0,86 составил 1,75 кг на 1 м<sup>3</sup> угля и при КИШ =1,0 – 1 кг на 1 м<sup>3</sup> породы с  $f=8$ , при общем расходе ВВ по углю – 22 кг, по породе – 25 кг. Погрузку угля и породы производили буропогрузочной машиной 2ПНБ-2Б на ленточный перегружатель ППЛ-1Э и далее в вагонетки.

Принятая организация работ при численности проходческого звена 9 чел. обеспечила скорость проведения 2,5 м/смену.

В ИГД им. А.А. Скочинского разработаны прогрессивные технологические схемы проведения подготовительных выработок применительно к основным системам разработки и схемам подготовки у выемочных полей. Для проведения выработок смешанным забоем при совместной и раздельной выемке угля и породы буровзрывным способом рекомендуются два комплекса основного проходческого оборудования (табл. 9.1).

Таблица 9.1

**Область применения комплексов проходческого оборудования**

Средства механизации	Параметры проведения					
	Площадь поперечного сечения выработки в свету, м <sup>2</sup>	Коэффициент крепости пород $f$	Коэффициент присечки пород	Угол наклона выработки, градус	Численность звена проходчиков	Скорость проведения, м/мес
<i>Комплекс №1</i> Погрузочная машина 1ППН-5(1ППН-5П); бурильная установка БУЭ-3 (БУР-2); крепеустановщик КПМ; вагонетка ВГ	10,4	$\leq 8$	$\geq 1$	$\leq \pm 3$	5-7	120-200
<i>Комплекс №2</i> Буропогрузочная машина 2ПНБ-2Б; конвейеры СР-70М; 1Л80; монорельсовая дорога 6ДМКУ	10,4	6-8	$\leq 1$	$\leq \pm 8$	4-5	110-180

В комплексе № 2 возможна замена заблокированных конвейеров СР-70М-1Л80 на ленточный телескопический конвейер 1ЛТП-80. Внедрение этих технологических схем в производство позволило более чем в 2 раза превысить среднюю по угольной промышленности скорость проведения выработок и производительность труда проходчиков в 1,7 раза.

### **9.3. Строительство подземных сооружений с применением комбайнов**

#### **9.3.1. Общие сведения**

При комбайновом способе строительства подземных сооружений значительно сокращается число основных процессов проходческого цикла. По существу технология строительства сводится к механическому разрушению, погрузке и транспортированию породы, которые выполняют одновременно с возведением постоянной крепи. Из проходческого цикла исключаются процессы бурения шпуров, заряжания и взрывания, проветривания, приведения

забоя в безопасное состояние. Комбайновая технология строительства в большей степени приобретает поточную организацию труда. В этой связи большое значение имеют вспомогательные процессы: настилка рельсовых путей, прокладка труб и кабелей, устройство водоотводной канавки и другие, относительная трудоемкость которых в связи с недостаточным уровнем их механизации значительно возрастает.

Основными достоинствами комбайнового способа строительства подземных сооружений являются:

- полная механизация и совмещение во времени основных процессов выемки и погрузки горной массы, при применении временных передвижных крепей **с этими работами совмещают** работы по возведению постоянной крепи;

- увеличение скорости строительства и производительности труда рабочих в 2-3 раза:

- ведение разработки породы в пределах проектного контура сооружения без нарушения сплошности окружающего породного массива;

- повышение безопасности и улучшение санитарных условий работ.

Объем горно-строительных работ с применением проходческих комбайнами ежегодно увеличивается.

В конструктивном отношении комбайны могут быть разделены на комбайны избирательного и бурового (роторного) действия.

### **9.3.2. Строительство подземных выработок комбайнами избирательного действия**

**Типы комбайнов.** Комбайны избирательного действия обладают достоинствами, заключающимися в возможности обработки забоя различной формы и различной площади поперечного сечения (этим комбайнами можно проводить выработки любой, кроме круглой, формы с площадью поперечного сечения от 6 до 30 м<sup>2</sup>), селективной разработки породы, установления крепи в непосредственной близости от забоя, а также высокой маневренностью, относительно малой массой, мобильностью и конструктивной простотой по сравнению с комбайнами бурового действия.

К недостаткам комбайнов избирательного действия относят цикличное действие при разработке породы в забое, что снижает производительность комбайна; неуравновешенность в продольном и поперечном направлениях и конструктивная сложность исполнительного органа, связанная с возникновением динамических нагрузок; более сложная конструкция погрузочных устройств.

Основные типы комбайнов избирательного действия приведены в табл. 9.2. Все они имеют аналогичную конструкцию и отличаются только мощностью приводов и исполнением отдельных узлов.

Основными узлами комбайнов являются стреловидный исполнительный орган с резцовой коронкой или резцовым барабаном, гусеничный механизм передвижения, погрузочное устройство, конвейер, гидросистема, электрооборудование и система пылеподавления.

Таблица 9.2

## Технико-экономические характеристики проходческих комбайнов

Основные данные	Тип комбайна						
	ПК-3Р	4ПУ	ПК-9Р	ГПКС	4ПП-2	ГПК-2	4ПП-5
Площадь, поперечного сечения выработки в проходке, м <sup>2</sup>	5,3-12	4-8,2	7-16	4,7-15	9-18	10-30	10-30
Техническая производительность:							
по углю, т/ч	70	65	150	100	200	200	200
по породе, м <sup>3</sup> /ч	–	–	–	30	20	30	42
Мощность привода исполнительного органа, кВт	32	22	93	55	100	110	200
Общая установленная мощность, кВт	115	93,8	186	95	194	187	350
Коэффициент крепости породы	4	4	4	4	6	6-8	7-8
Основные размеры, м:							
длина	6,57	6,9	7,7	10	8,2	13,3	14
ширина	2,4-2,8	2,35	1,8	1,6	2,4	2,4	2,45
высота	1,74	1,3	1,83	1,5	2,0	1,65	2,0
Масса, т	10,8	10,7	30	18	35	40	70

Для эффективной работы комбайнов важное значение имеет качество резцов. Распространенные резцы РПП, И-90, И90МБ при работе комбайна в абразивных породах характеризуются повышенным износом. В ЦНИИПодземмаше разработали семейство самозатачивающихся резцов РС, которые обеспечивают разрушение породы с  $f = 6-7$ , а расход резцов уменьшается в 3-4 раза.

Наиболее широкое применение имеют более совершенные комбайны ГПКС, 4ПП-2 и ПК-3р.

**Технология работ.** Проходческий цикл включает в себя работы по разрушению, погрузке и транспортированию породы (работа комбайна), замене резцов и смазке комбайна, возведению временной и постоянной крепи.

Возможен переход на двухпроцессную поточную технологию строительства подземного сооружения при соответствующей организации непрерывной погрузочно-транспортной линии и технологической увязке работы комбайна с возведением постоянной крепи или с применением механизированной передвижной крепи.

Разрушение породы в забое осуществляют режущей коронкой рабочего органа заходками, равными шагу установки крепи, но не более 2 м. Первоначально с помощью вращающейся буровой коронки по горизонтальной линии образуют штробу, создавая вторую плоскость обнажения. Затем выполняют послойное разрушение породы, расположенной выше и ниже штробы. При проведении штреков по углю с подрывкой породы сначала производят выемку угля, а затем разрушают породу в почве и кровле выработки.

Схема обработки забоя режущей коронкой комбайна может быть различной (рис. 9.6) и зависит от многих факторов. В однородных породах реза-

ние ведут перпендикулярно напластованию и направлению трещиноватости (рис. 9.6, а, б). Для предотвращения возможного обрушения слабых пород кровли обработку забоя производят в направлении сверху вниз (рис. 9.6, в) или выемку начинают с центральной зоны выработки, а затем в боковых ее частях (рис. 9.6, г). В выработках большого сечения, а также в породах слабых и слоистых стремятся первоначально оконтурить выработку, а затем обрабатывать ядро забоя (рис. 9.6, д). Когда площадь сечения выработки превышает зону действия с одной стоянки проходческого комбайна, то сначала обрабатывают одну, а затем другую половину забоя (рис. 9.6, е). В условиях шахт Западного Донбасса по породам  $f \leq 6$  широко применяют схему с созданием двух врезов в центральной части забоя (рис. 9.6, ж). Для точного оконтуривания выработки по ее периметру оставляют целик толщиной около двух третей диаметра коронки, который разрушают последним. Такая схема позволяет увеличить на 20% машинное время работы комбайна (рис. 9.6, з). Если в забое имеется пласт слабой породы, то сначала производят ее выемку, а затем обрабатывают остальную часть забоя (рис. 9.6, и, к). Глубина внедрения коронки в забой зависит от прочности и абразивности породного массива. Максимальную глубину вреза обычно принимают равной 0,5-0,7 длины коронки. Ширина вреза, как правило, равна диаметру коронки.

Одновременно с разработкой забоя осуществляют погрузку породы. Рабочие следят за работой перегружателя и загрузкой вагонеток, производят замену груженых вагонеток на порожние и зачистку горной массы за комбайном.

Организация транспортирования породы из забоя оказывает большое влияние на технико-экономические показатели строительства. Как правило, при комбайновой проходке применяют различные перегружатели. Для обеспечения непрерывного потока разрушенной породы из забоя наиболее целесообразно использовать перегружатели с конвейерным транспортом (рис. 9.7.) или удлиненные перегружатели с периодической погрузкой горной массы в вагонетки на два рельсовых пути (рис. 9.8).

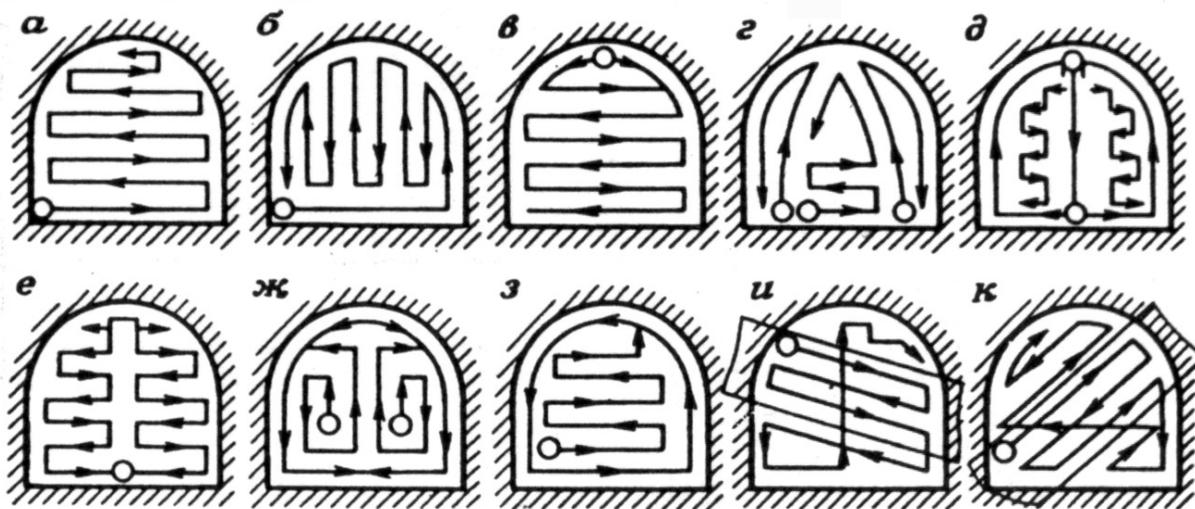
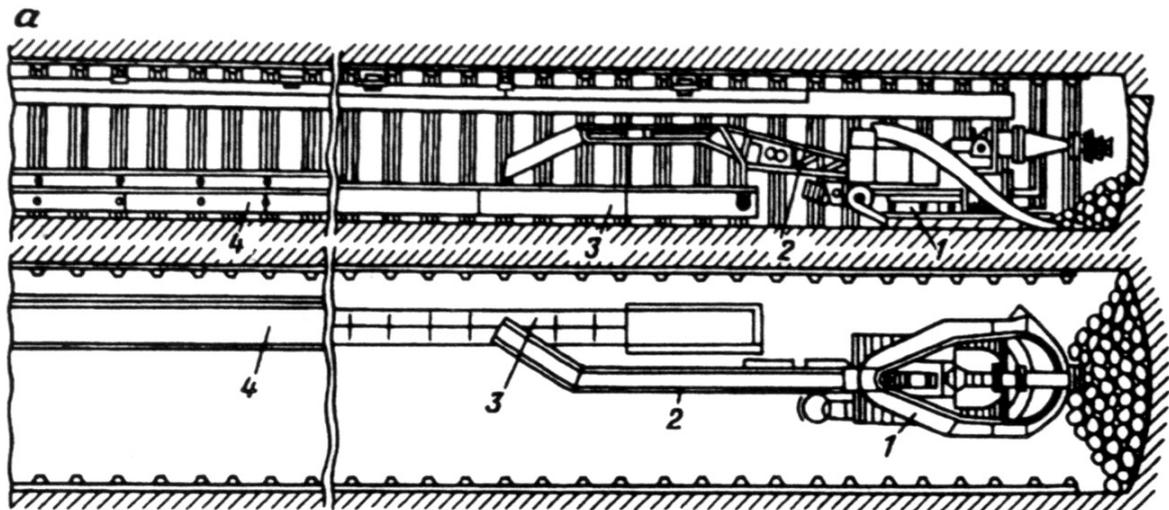


Рис. 9.6. Схемы обработки забоя выработки исполнительным органом комбайна

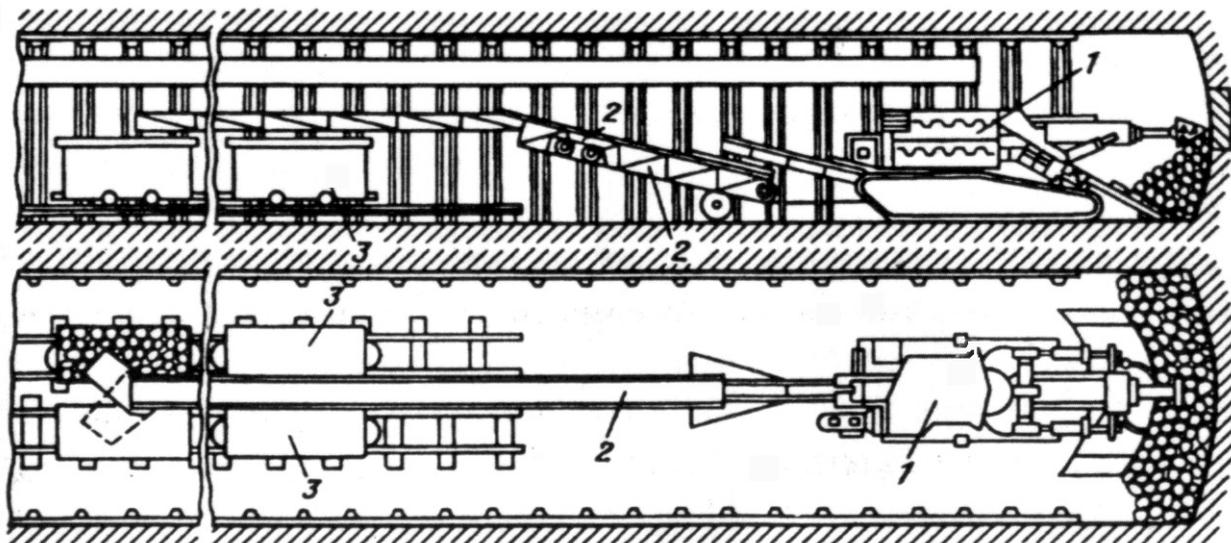


**б**

Процессы	Объем работ на смену	Число проходчиков	Продолжительность, мин	Часы смены							
				1	2	3	4	5	6	7	
Работа комбайна, м <sup>3</sup>	48,4	3	340	5	170	3	5	170	3		
Обслуживание комбайна	-	3	10								
Обслуживание конвейера	-	2	350	3	175	2	3	175	2		
Крепление арками у забоя	2,2	2 - 9	60			15	2	15	9	15	2
Крепление арками за комбайном	2,2	2	320		160	2		160	2		
Нарращивание конвейера, м	4,4	4	25								25
Нарращивание монорельсовой дорожки, м	4,4	5	25								25
Устройство водосточной канавки, м	4,4	2	50	25	2			25	2		
Прочие вспомогательные работы	-	2	300		150	2		150	2		
Регламентированный перерыв	-	9	15					15	9		

**Рис. 9.7.** Технологическая схема проведения однопутной выработки комбайном с конвейерным транспортированием горной массы (а) и график организации работ (б):

1 – комбайн ПК-34; 2 – перегружатель;  
3 – скребковый конвейер; 4 – ленточный конвейер



**Рис. 9.8. Технологическая схема проведения двухпутной выработки комбайном с транспортированием породы в вагонетках:**

1 – комбайн ПК-3Р; 2 – перегружатель; 3 – вагонетки

Как показывает практика строительства горных выработок с применением комбайнов, транспортирование горной массы с помощью скребковых конвейеров не обеспечивает высоких технико-экономических показателей проходки. Значительный объем ручного труда и времени приходится на монтажно-демонтажные операции, зачистку выработки от разрушенной породы, текущий ремонт транспортных средств. Доля ручного труда достигает 50% трудоемкости проходческого цикла.

Более эффективная работа комбайнов достигается при применении удлиненных перегружателей в комплекте с телескопическим ленточным конвейером, обеспечивающим сокращение в 2 раза времени наращивания основного конвейера, а также в сочетании с электровозной откаткой и погрузкой горной массы в вагонетки, устанавливаемые с двух сторон перегружателя в количестве, необходимом для погрузки горной массы от целой заходки. При такой схеме призабойного транспорта неоднократно устанавливали рекордные скорости проведения выработок – 840-1715 м/мес.

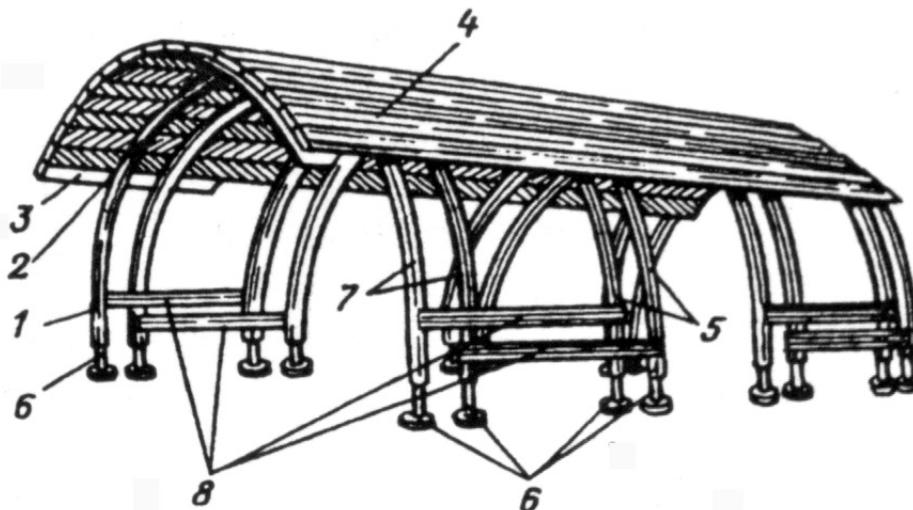
Обслуживание комбайна сводится к его осмотру, замене резцов, смазке и устранению мелких неисправностей.

Возведение крепи осуществляют во время обслуживания комбайна. Механизация и совершенствование работ по возведению крепи являются большим резервом в повышении коэффициента использования комбайна при существующей организации труда. Как показывает опыт, на возведение крепи при применении комбайнов приходится до 40 % времени проходческого цикла. В зарубежной практике применение механизированных крепей позволяет увеличить скорости строительства подземных сооружений в 1,5-2 раза и сократить численность проходчиков в 1,3-1,5 раза. При применении рамной крепи в забое обычно возводят только крепь с шагом, равным удвоенному или утроенному расстоянию между рамами постоянной крепи. Промежуточ-

ные же рамы устанавливают на расстоянии 15-20 м от забоя. Такая организация работ позволяет частично совместить процесс разработки породы с возведением постоянной крепи и сократить продолжительность проходческого цикла на 25-30 %.

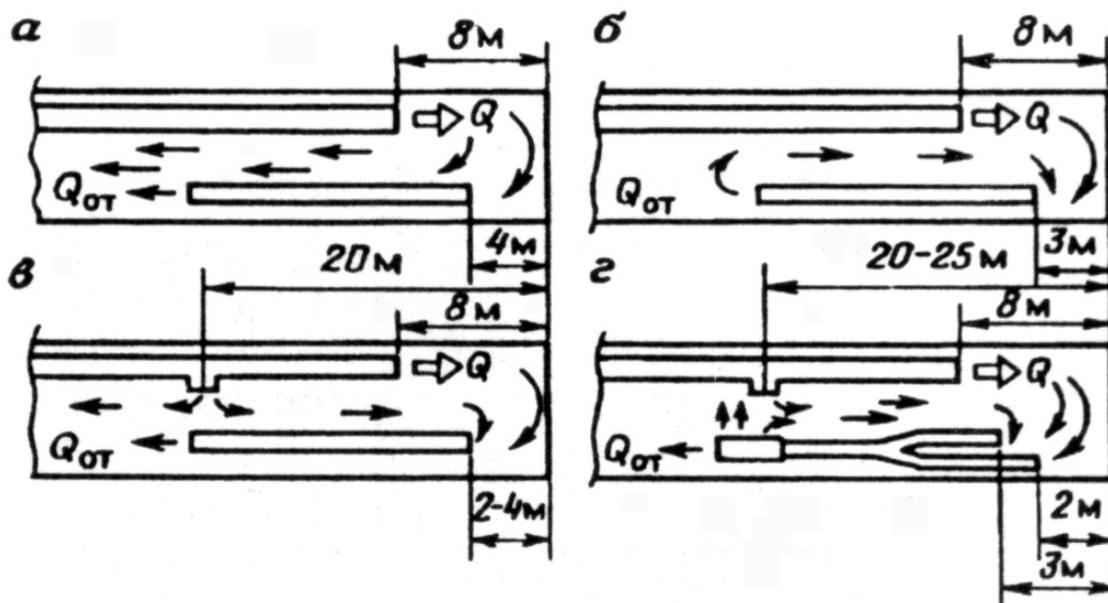
Частичное или полное совмещение работ по выемке породы и возведению постоянной крепи может быть обеспечено путем применения в забойной части сооружения временной механизированной передвижной крепи. Крепь (рис. 9.9) включает в себя две секции, каждая из которых состоит из четырех арок: двух арок 7 первого типа и двух арок 5 второго типа. Арки попарно связаны между собой четырьмя домкратами передвижения 8. Обе половины верхняка 2 соединяют быстроразъемными клиновыми замками. В стойках 1 закреплены вертикальные домкраты распора 6. На каждой арке сверху установлены на шарнирных опорах лыжи 4. На концах лыж арки 5 подвешены кружала 3, которые служат, так же как и сама арка, опорами для соединения арок при их передвижении.

Передвижение арок выполняют поочередно. При передвижении арки 7 поднимаются домкраты 6 и арка опирается лыжами 4 на арку 5 и кружало 3. Между лыжами и породой образуется зазор в 60 мм. После этого включается домкрат 8 и арка передвигается. В такой же последовательности передвигается вторая арка 7 и обе арки 5.



**Рис. 9.9. Механизированная крепь**

Не менее важное значение при комбайновом способе строительства подземных сооружений необходимо уделять пылеподавлению и проветриванию забоя выработки. Все выпускаемые отечественной промышленностью проходческие комбайны снабжаются пылеулавливающими или пылеподавляющими устройствами. Однако их работа может быть эффективной только в том случае, если обеспечивается хорошая взаимосвязь работы пылеулавливающих устройств с общей системой проветривания сооружения. На рис. 9.10 показаны некоторые схемы проветривания с использованием пылеотсасывающей установки.



**Рис. 9.10. Схемы проветривания с использованием пылеотсасывающей установки:**  
*а* – нагнетательно-всасывающая; *б* – с частичной рециркуляцией вентиляционной струи;  
*в* и *г* – с подсыжением струи воздуха без рециркуляции и частичной рециркуляцией;  
 $Q$  и  $Q_{от}$  – количество воздуха, поступающего по нагнетательному и выносимого по всасывающему трубопроводам

**Организация работ.** При комбайновом способе строительства организация работ должна обеспечить максимально возможное использование рабочего времени комбайна, максимальное совмещение во времени основных процессов проходческого цикла, сокращение времени подготовительно-заключительных операций, ликвидацию простоев. Обычно режим работы принимают многосменным с выделением одной или двух непродолжительных по времени ремонтно-подготовительных смен.

Рабочая смена начинается с обработки забоя, погрузки и транспортирования горной массы. Другие рабочие в это время занимаются подготовкой крепи к ее возведению в забое, затяжкой боков выработки вне зоны работы комбайна, погрузкой породы по бокам выработки. Время непрерывной работы комбайна зависит от его производительности, прочности породы, допустимой величины обнажения массива, технического состояния комбайна, квалификации машиниста и других факторов. К сожалению, исходя из организационно-технических факторов при существующей организации труда коэффициент использования проходческого комбайна составляет 0,15-0,30.

В связи с этим при конструировании новых комбайнов нет смысла стремиться к дальнейшему увеличению технической мощности комбайна. Центр тяжести должен быть перенесен на совершенствование организации труда в проходческих бригадах, на повышение коэффициента использования рабочего времени комбайнов.



### 9.3.3. Строительство подземных сооружений комбайнами роторного действия

Отличительной особенностью комбайнов роторного действия является разрушение горной массы одновременно по всей площади забоя. Проходческие комбайны бурового действия разделяют на две группы: для проведения горных выработок по углю, солям и мягким породам с  $f < 4$  (табл. 9.3) и для проведения горных выработок по крепким абразивным породам с  $f = 8-16$ .

На калийных месторождениях комбайны применяют и для добычи полезного ископаемого.

Таблица 9.3

Технические характеристики комбайнов роторного действия

Показатели	Комбайны				
	ТОР-2	комплекс "Союз-19"	ПК-8М	"Урал-10КС"	"Урал-20КС"
Площадь поперечного сечения выработки вчёрне, м <sup>2</sup>	10,8	18,6	8-9	7,8- 10,2	13,4 - 20,2
Усилие подачи, кН	2500	9100	–	–	–
Установленная мощность электродвигателей, кВт	362	870	356	435	520
Ход подачи, м	0,7	1,0	–	–	–
Длина комбайна, м	10	15,2	9,3	12,2	10,8
Масса, т	93	205	65,5	63	75-80

**Проходческий комбайн ПК-8М** предназначен для проведения горизонтальных и наклонных ( $\pm 15^\circ$ ) выработок арочной формы по углю и солям с  $f < 4$  с устойчивыми боковыми породами.

Комбайн ПК-8М состоит из следующих основных узлов: исполнительного органа с приводом, бермовых фрез, ходовой гусеничной тележки, вертикального распорного устройства, отгораживающего щита, конвейера, пылеотсасывающего устройства и системы управления.

Исполнительный орган комбайна состоит из двух планшайб, вращающихся в разные стороны, чем достигается уравновешивание реактивного момента.

На кронштейнах планшайб устанавливают зубки для прорезания концентрических щелей. Оставшиеся целики разрушают роликами-скальвателями, эксцентрично расположенными на лучах. Бермовые фрезы и отрезные барабаны придают сечению выработки арочную форму.

Отбитую горную массу четырьмя ковшами грузят на ленточный конвейер. Комбайн передвигается и подается на забой посредством гусеничного

ходового механизма. Увеличение напорного усилия для разрушения породного массива выполняют с помощью распорного устройства, которое прижимают к кровле четырьмя гидродомкратами.

**Проходческо-очистные комбайны "Урал-10КС" и "Урал-20КС"** предназначены для проведения подготовительных выработок и очистных работ на калийных рудниках. Комбайны имеют исполнительный орган планетарного типа. Разрушение горной массы осуществляют посредством сложного движения режущего инструмента вокруг его продольной оси и перпендикулярно плоскости забоя. Арочное сечение выработки образуется бермовыми фрезами, которые одновременно подают разрушенную массу на центральный скребковый конвейер. С помощью скребкового конвейера грузят горную массу в транспортные средства. Для борьбы с пылью на машине установлены система водяного орошения и пылеотсасывающая установка.

Для проведения выработок по крепким и абразивным породам в горнодобывающей промышленности используют комбайны типа ГОР-2 и "Союз-19".

**Проходческий комбайновый комплекс "Союз-19"** предназначен для проведения горных выработок арочной формы площадью поперечного сечения  $18,6 \text{ м}^2$  вчере (  $12,6 \text{ м}^2$  в свету) с углом наклона  $\pm 10^\circ$  и минимальным радиусом закругления 100 м в породах с  $f$  до 16. Проектная производительность комплекса 10 м/смену. Комплекс состоит из комбайна и технологического оборудования.

Исполнительный орган диаметром 4,75 м конической формы оснащен 36 дисковыми шарошками. Режущая кромка шарошек расположена под углом  $45^\circ$  к плоскости забоя. Две бермовые фрезы – барабанные конические – оснащены девятью дисковыми шарошками. Разрушенную породу захватывают установленными на исполнительном органе ковшами и перегружают на ленточный конвейер шириной 0,8 м, далее порода поступает на перегружатель.

Прицепное оборудование состоит из крепемонтажного устройства, перегружателя и прицепных опор. Крепемонтажное устройство предназначено для механизации работ по возведению металлической арочной крепи. Секцию арочной крепи с помощью крана устанавливают на накопитель, по которому она перемещается к комбайну. Вместимость накопителя – 30 секций. В хвостовой части комбайна секцию крепи особым механизмом устанавливают в рабочее положение. Крепежное устройство и перегружатель оборудуются на прицепных опорах-лыжах.

За рубежом выпускают несколько типоразмеров комбайнов бурового действия для проведения горных выработок и тоннелей различного назначения, характеристика которых приведена в табл. 9.4.

Таблица 9.4

## Техническая характеристика комбайнов зарубежных фирм

Показатели	"Роббинс" (США)					"Дрессер" (США)
	81/113	142/139	Аба	351	371	205
Диаметр тоннеля, м	2,6	4,27-4,74	5,8	9,0	11,2	8,2
Мощность двигателя исполнительного органа, кВт	112	440	630	597	800	720
Частота вращения исполнительного органа, с <sup>-1</sup>	–	–	4.2-60	4,5-60	9,3-60	10-60
Усилие подачи на забой, кН	1250	4037	8400	1020	2450	Н.д.
Масса, т	–	110	285	175	300	230

## Продолжение табл. 9.4

Показатели	"Баде" (ФРГ)	"Демаг" (ФРГ)		"Вирт" (ФРГ)		"Крупп" (ФРГ)
	SVM-40	TVM 28-31H	TVM 59-64H	МТВ-УН	VI-Н	КТФ-280
Диаметр тоннеля, м	4	4,4-4,8	6,4	5,8-6,8	6,5-7,87	2,7-3,3
Мощность двигателя исполнительного органа, кВт	600	528	1098	760	920	240
Частота вращения исполнительного органа, с <sup>-1</sup>	Н.д.	–	–	6,15-60	–	–
Усилие подачи	Н.д.	4900	6400	6350	7350	Н.д.
Масса, т	100	105	340	340	–	75

**Производительность комбайна** с учетом технологических и организационных простоев (эксплуатационная производительность) может быть определена по формуле

$$P_3 = Q_T K_3,$$

где  $Q_T$  – техническая производительность комбайна;  $K_3$  – коэффициент использования комбайна с учетом перерывов,

$$K_3 = \frac{1}{1/K_T + \frac{60(t_B + t_0)}{v} \eta_{\text{п}}},$$

здесь  $K_T$  – коэффициент готовности комбайна, обычно принимаемый равным 0,8;  $t_B$  – время, затраченное на вспомогательные операции при работе комбайна в течение рабочего цикла по обработке забоя (заглубление коронки,

замена резцов, обработка породных стен и почвы и т.п.);  $t_0$  – время простоя комбайна по причинам общей организации работ;  $l_{\text{п}}$  – путь, пройденный исполнительным органом за цикл полной обработки забоя по заданной схеме;  $v$  – скорость проведения выработки.

Практически  $K_3$  есть отношение продолжительности работы комбайна по выемке  $1 \text{ м}^3$  породы  $T_0$  к общей продолжительности проведения выработки  $T_{\text{об}}$ , т.е.

$$K_3 = T_0 / T_{\text{об}} .$$

На многих шахтах в связи с низким коэффициентом использования комбайнов во времени эксплуатационная производительность комбайнов в среднем в 5-7 раз меньше теоретической.

Согласно усредненным данным, полученным при многочисленных хронометражных наблюдениях за работой комбайна, машинное время составляет 15-20 %, а на лучших проходках 30 %, т.е.  $K_3 = 0,15-0,3$ . Создание комбайнов высокой производительности не приводит к соответствующему повышению эксплуатационной производительности, так как с увеличением теоретической производительности комбайна  $K_3$  уменьшается.

Таким образом, основным направлением повышения эксплуатационной производительности комбайнов является сокращение времени выполнения вспомогательных работ и простоев и за счет этого повышение коэффициента использования комбайна.

### **9.3.4. Комбайновые комплексы**

Комбайновые комплексы состоят из набора оборудования для механизации работ по разрушению и погрузке в транспортные средства породной массы и возведения временной и постоянной крепи. Основной машиной комплекса является проходческий комбайн. В зависимости от типа комбайна подбирают остальное оборудование, обеспечивающее высокую производительность труда по всей технологической цепочке.

Состав и техническая характеристика комплексов даны в табл. 9.5.

**Комплекс КСО-1М** (рис. 9.12) предназначен для проведения горизонтальных выработок с анкерной крепью по пластам, опасным по газу или пыли. Он состоит из комбайна 1 ГПКС или 4ПУ, передвижного самоходного вагона-бункера Б-1 на пневмоколесном ходу 2 и переносного станка 3 для анкерования ПА-1.

Вагон-бункер Б-1 имеет объем кузова  $3 \text{ м}^3$ , скорость передвижения 3,6-8,3 км/ч, длину 7 м, ширину 1,4 м, высоту 1,45 м и массу 6 т.

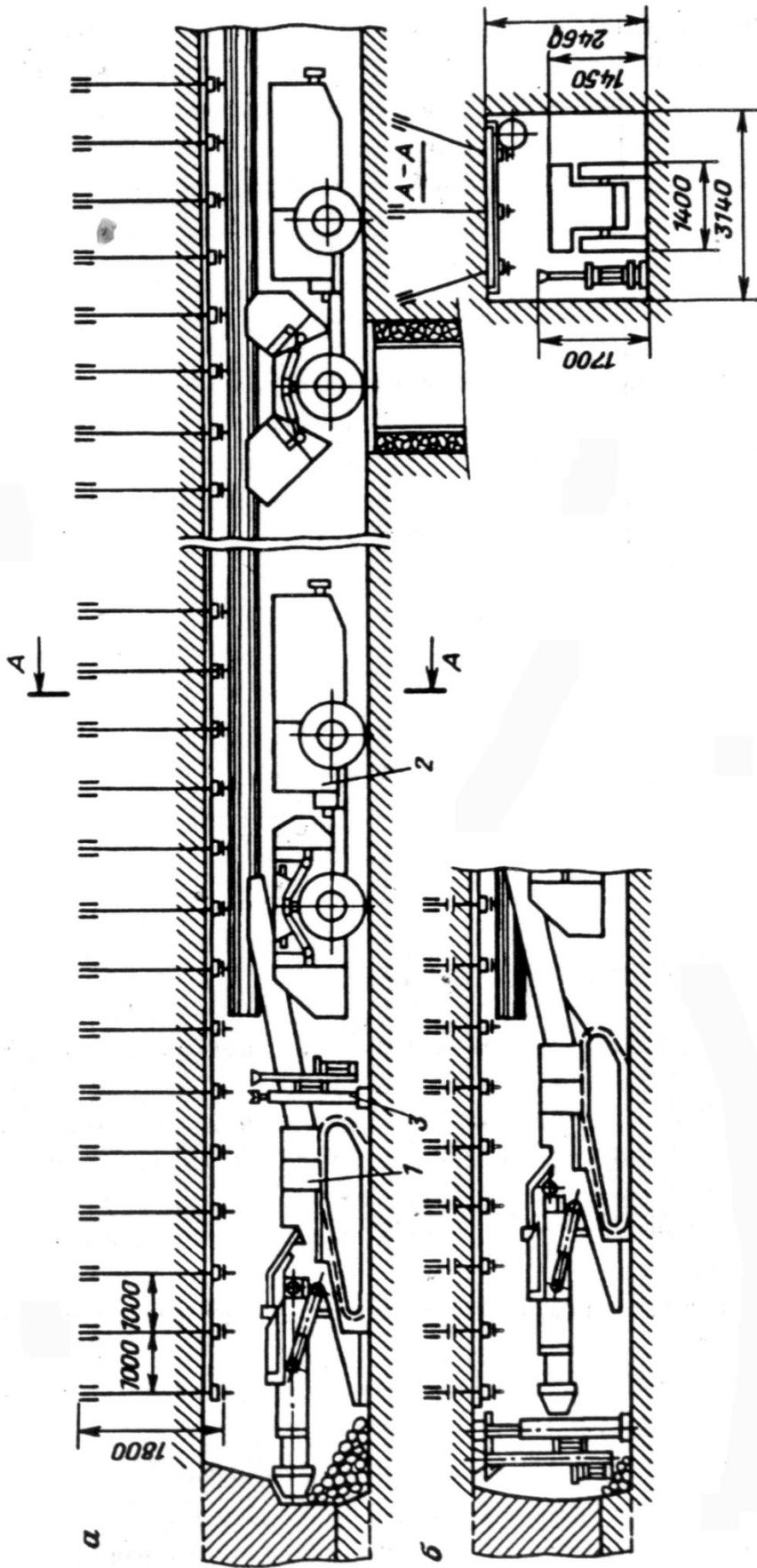


Рис. 9.12. Комплекс КСО-1М:

*a* – разрушение забоя и транспортировка горной массы; *б* – бурение шпуров под анкеры

Технические характеристики комбайновых комплексов

Показатели	КГК-1	КГК-2	КСО-1М	К4ПП-2	К4ПП-5
Расчетная скорость проведения выработки, м/смену	3-6	2,8-5	4-6	2,5-4	2.5-4
Площадь поперечного сечения выработки, м <sup>2</sup>	13-18	13-20	4,715	15-20	16-36
Форма поперечного сечения	Арочная		Трапецевидная или прямоугольная		
Базовый комбайн	4ПП-2	4ПП-2	ГПКС	4ПП-2	4ПП-5
Призобойный транспорт	Перегрузжатель		У-84	Ленточный перегружатель ППЛ-1К	
Транспорт по выработке	1ЛТ-80	1ЛТ-80	Бункер-вагон Б-1	Ленточный конвейер 1ЛТП-80	
Постоянная крепь	Анкерная	Арочная металлическая или анкерная		Металлическая податливая	
Оборудование для возведения крепи	КПУ-1	КПУ-1	ПА-1	КПУ-2	КПМ-8
Длина комплекса, м	50	60	20	50	55
Масса комплекса, т	–	–	25	70	100

**Комплекс К4ПП-2** (рис. 9.13) отличается наличием крепеустановщика КПУ-2 на монорельсе для возведения в призобойной зоне постоянной арочной крепи. Комплекс К4ПП-2 состоит из комбайна 1 типа 4ПП-2 или ГПК-2, крепеустановщика 9, панели арочной металлической крепи 4, монтажного стола 8, транспортной тележки 6, грузового монорельса 7, мостового перегружателя 2, телескопического конвейера 3 типа 1ЛТП-80 и пылеотсасывающей установки 5.

Комплекс обслуживает звено из пяти рабочих. При этом достигается скорость проведения выработки 470 м/мес, а производительность труда рабочего 8,3 м<sup>3</sup>/чел.-смену.

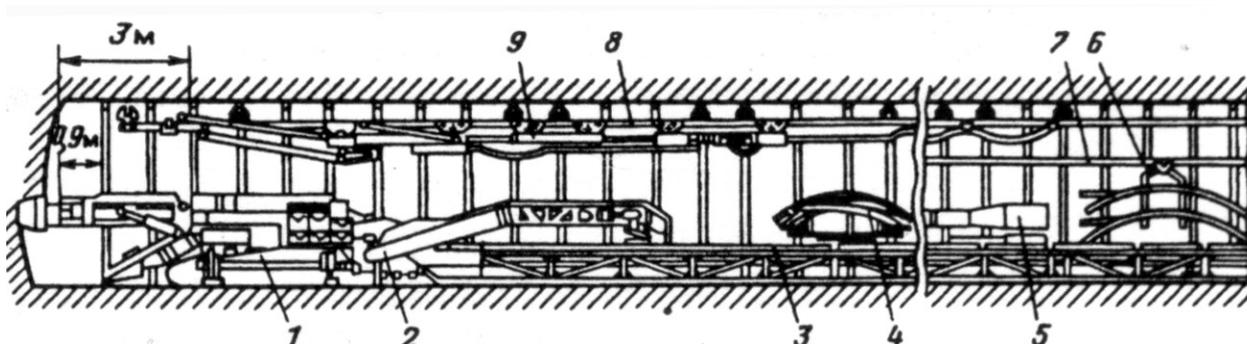


Рис. 9.13. Комбайновый комплекс К4ПП-2

**Комплекс К4ПП-5** предназначен для проведения выработок с присечкой крепких пород (до 75 % крепких пород) с  $f$  до 8. В состав комплекса входят комбайн 4ПП-5, перегружатель ППЛ-1К, ленточный конвейер 1ЛТП-80, крепеустановщик КПМ-8 и пылеотсасывающая установка ППУ-2.

**Комплекс КГК-1** предназначен для проведения выработок по неоднородным породам с коэффициентом крепости  $f$  до 14 при предварительном их разрушении буровзрывным способом. По расчетам скорость проведения выработки достигает 400 м/мес.

**Комплекс КГК-2** позволяет проводить выработки с анкерной крепью и последующим возведением набрызгбетонной крепи, состоит из комбайна 4ПП-2 в сочетании с перегружателем ППЛ-1К и ленточным телескопическим конвейером. Расчетная скорость проведения выработки 210 м/мес при звене из четырех человек.

### Контрольные вопросы

1. Как выбираются форма и размеры поперечного сечения выработки, проходимой по неоднородным породам?
2. Какие виды подрывки вмещающих пород Вы знаете?
3. От каких факторов зависит выбор способа подрывки?
4. В чем особенности проведения штреков узким и широким забоем?
5. Как определяются параметры БВР при проведении выработок по неоднородным породам?
6. Какие схемы расположения шпуров и скважин применяются при проведении выработок смешанным забоем?
7. Назовите основные средства механизации, применяемые при проходке выработок по неоднородному забою.
8. В каких случаях производится раздельная выемка угля и породы? Какие требования Правил безопасности должны соблюдаться при этом?
9. Укажите область применения проходческих комбайнов.
10. Какие типы проходческих комбайнов Вы знаете? Укажите основные узлы избирательных и роторных комбайнов?
11. Из каких основных и вспомогательных процессов состоит проходческий цикл при комбайновом способе отрывки горной массы?
12. Какие схемы обработки забоя исполнительным органом комбайна могут применяться? От чего зависит выбор схемы?
13. Какие средства призабойного транспорта могут применяться при комбайновой технологии проведения выработки?
14. Какие временные и постоянные крепи применяются при комбайновом способе отрывки горной массы?
15. Назовите основные отечественные и зарубежные комбайновые комплексы.