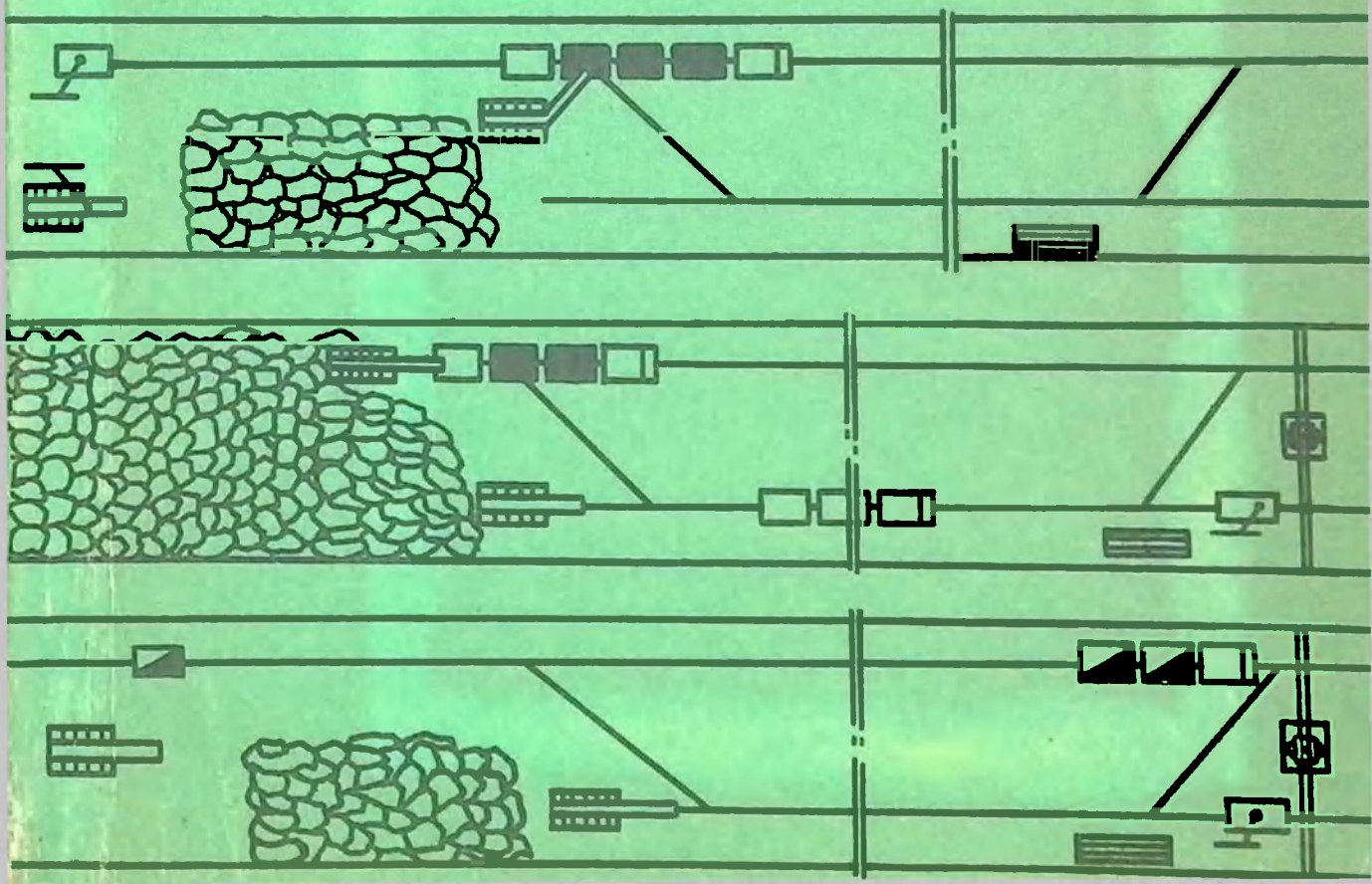


B-31

В. С. Верхотуров

Г. Г. Сенников

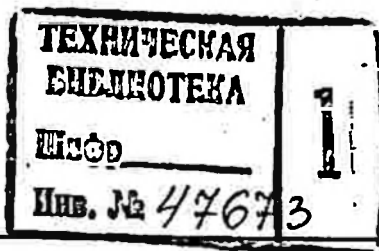
ИНТЕНСИФИКАЦИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК



2003
В. С. Верхотуров
Г. Г. Сенников

B-31

ИНТЕНСИФИКАЦИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК



МОСКВА "НЕДРА" 1989

ББК 33.15

В 31

УДК 622.26.001.7:658.012.011.54/56

Рецензент д-р техн. наук Э. Э. Нильва

Верхотуров В. С., Сенников Г. Г.

В 31 **Интенсификация строительства горизонтальных горных выработок.**— М.: Недра, 1989.— 200 с.: ил.

ISBN 5-247-01413-8

Рассмотрено состояние горнопроходческих работ и отмечены особенности сооружения полевых горизонтальных выработок большого поперечного сечения при строительстве и реконструкции шахт. Даны практические рекомендации по внедрению интенсивных технологий, комплексной механизации и автоматизации производственных процессов, совершенствованию управления, организации труда и производства. Приведены примеры определения эффективности технологии проведения выработок и расчета параметров проходческого цикла по новой методике.

Для инженерно-технических работников горных предприятий, шахтостроительных организаций, проектных и научно-исследовательских институтов.

В 2502010400—261 238—89
043(01)—89

ББК 33.15

ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ (ПРАКТИЧЕСКОЕ) ИЗДАНИЕ

Верхотуров Виктор Степанович, Сенников Геннадий Георгиевич

**ИНТЕНСИФИКАЦИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ
ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК**

Заведующий редакцией *Т. И. Королева*

Редактор издательства *Е. И. Волков*

Обложка художника *А. С. Андреева*

Художественный редактор *О. И. Зайцева*

Технические редакторы *Е. Л. Финкельштейн, Л. А. Мурашова*

Корректор *И. П. Розанова*

ИБ № 8112

Сдано в набор 23.02.89. Подписано в печать 25.07.89. Т-08656. Формат 60×90/16.
Бумага книжно-журнальная. Гарнитура Литературная. Печать высокая. Усл. печ. л. 12,5.
Усл. кр.-отт. 12,75. Уч.-изд. л. 13,8. Тираж 1980 экз. Заказ 775/1999—9. Цена 70 коп.

Ордена «Знак Почета» издательство «Недра»,
125047 Москва, пл. Белорусского вокзала, 3
Ленинградская картографическая фабрика ВСЕГЕИ

ISBN 5-247-01413-8

© Издательство «Недра», 1989

ВВЕДЕНИЕ

Важнейшим направлением повышения эффективности горнодобывающей промышленности является своевременное и качественное воспроизводство выбывающих мощностей, которое должно сопровождаться ростом эффективности шахтного строительства на основе его всесторонней интенсификации и ускорения внедрения достижений научно-технического прогресса в области проектирования, технологии строительства, организации и управления трудом и производством.

Для воспроизводства выбывающих и наращивания новых производственных мощностей подрядными организациями только Минуглепрома СССР ежегодно проводится 490—510 км горных выработок, среди которых 30—40 % занимают квершлаг и полевые штреки, причем в последние годы намечается тенденция увеличения этого соотношения. Их строительство в связи с проходкой по породам различной прочности, увеличением протяженности и размеров поперечного сечения по сравнению с другими горизонтальными выработками требует больших материальных и трудовых затрат. Комбайновый способ проходки, достаточно широко применяемый при проведении выработок по пластам угля и с присечкой породы, в этих случаях практически неприменим из-за недостаточной разрушающей способности режущего инструмента, низкой энерговооруженности комбайнов и высокой стоимости проходки по крепким породам.

Интенсификация строительства выработок, проводимых по породе, является, таким образом, главным резервом повышения эффективности строительства горизонтальных выработок.

Актуальность рассматриваемой проблемы обусловила выбор содержания книги, в которой основное внимание уделено вопросам интенсификации процессов проходческого цикла при строительстве квершлагов и полевых штреков.

1. СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ СТРОИТЕЛЬСТВА ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК

1.1. ОСОБЕННОСТИ ВСКРЫТИЯ И ПОДГОТОВКИ ШАХТНЫХ ПОЛЕЙ В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ

Существующие схемы вскрытия и подготовки шахтных полей в зависимости от горно-геологических и других факторов весьма разнообразны.

В настоящее время в СССР при разработке угольных пластов применяют в основном две схемы вскрытия и подготовки шахтного поля: вертикальными стволами и квершлагами с последующей углубкой стволов для вскрытия нижней части шахтного поля при панельной, этажной и погоризонтной подготовке поля и наклонными стволами. Определенное развитие в последние годы получил комбинированный способ вскрытия главными наклонными и вспомогательными вертикальными стволами.

Устойчивая тенденция сокращения числа шахт, вскрытых наклонными стволами, объясняется ростом глубины горных работ, укрупнением их в результате объединения.

В проектах строительства новых шахт в Кузнецком и Карагандинском бассейнах вскрытие шахтных полей предусматривается в основном вертикальными стволами и капитальными квершлагами. Вертикальная высота этажей для шахтных полей при крутом залегании пластов составляет 80—120 м, а при пологом и наклонном — 100—150 м. При применении полной конвейеризации вскрытие осуществляется вертикальными и наклонными стволами.

Прогрессивным проектным решением для шахт большой производственной мощности является блочная схема вскрытия и подготовки шахтного поля. При такой схеме шахтное поле по простиранию делят на несколько блоков, каждый из которых вскрывается блочными стволами и квершлагами. Благодаря этому горные выработки в блоках можно проветривать независимо друг от друга.

На откаточном горизонте блоки соединяют транспортной магистралью (как правило, полевыми штреками большого сечения), по которой добываемый в них уголь поступает к главному стволу, пройденному в центре шахтного поля.

Наибольшее влияние на оптимальную длину блока по простиранию оказывают метанообильность шахты и устойчивость боковых пород. С повышением метанообильности шахты и снижением устойчивости боковых пород оптимальная длина блока составляет 2,5—3 км при выемке пластов по простиранию и 4—4,5 км при выемке пластов по восстанию или падению. Оптимальное число блоков по простиранию составляет 4—6 при од-

ном горизонте в шахтном поле и 3—4 при двух горизонтах [55]. Оптимальная длина шахтного поля составляет 10—16 км.

В настоящее время в отрасли действуют более 10 новых шахт с блочной схемой вскрытия. Характеристика основных параметров некоторых из них приведена в табл. 1.

В качестве примера рассмотрим особенности вскрытия полей шахт «Распадская», третья очередь которой была сдана в эксплуатацию в 1982 г., и «Южно-Донбасская» № 3, вступившей в строй действующих в ноябре 1985 г.

В пределах шахтного поля шахты «Распадская» залегает 17 рабочих пластов мощностью от 1 до 5 м с углами падения 5—12°. Залегание пластов спокойное; боковые породы средней устойчивости представлены алевролитами, реже мелкозернистым песчаником. Площадь шахтного поля 43,7 км².

Примерно в центре шахтного поля, в пределах главной промышленной площадки с поверхности под углом 12° пройдены два наклонных ствола площадью сечения 15,4 м² до гор. +70 м (рис. 1). Стволы закреплены монолитным бетоном, оборудованы ленточными конвейерами 2ЛУ-120Б производительностью по 1100 т/ч.

На гор. +70 м блоки соединены магистральным полевым штреком площадью сечения 16,2 м², на который в середине каждого блока пройдены вспомогательные вертикальные стволы диаметром 8,5 м, оборудованные винтовым (спиральным) спуском для перепуска угля на гор. +70 м и клетевыми подъемными для выполнения вспомогательных операций и подачи воздуха для отработки бремсберговых секций.

Перепуск угля по спиральным углеспускам со всех пластов, подсеченных блочными вспомогательными стволами, позволяет применить наиболее выгодную для условий шахты бесквершляжную схему вскрытия блоков и шахты в целом.

Полевой штрек оборудован ленточными конвейерами 2ЛУ-120Б для передачи угля с блоков на наклонные стволы и вспомогательным рельсовым транспортом.

Общий объем проведения горных выработок по шахте — 74 151 м (756,6 тыс. м³), в том числе 793 м вертикальных и 2529 м наклонных стволов.

Проектная мощность шахты обеспечивается одновременной работой трех блоков. К сдаче в эксплуатацию I очереди мощностью 2 млн. т в год было подготовлено бремсберговое поле центрального блока № 4, II очереди мощностью 4 млн. т в год — бремсберговые поля блоков № 3 и № 5 и III очереди мощностью 1,5 млн. т в год — по одной лаве на блоках № 3 и № 5.

Производственная мощность шахты «Южно-Донбасская» № 3 ПО «Донецкуголь» составляет 2,4 млн. т угля в год (первая очередь — 1,2 млн. т угля в год). В пределах шахтного поля кондиционную мощность имеют 14 пластов. Наиболее продуктивные и выдержанные по мощности, строению и качеству угля пласты С₁₃, С₁₁, С₆ средней мощностью соответственно 0,8, 1,59

Таблица 1

Шахта (производственное объединение)	Год (дачи в эксплуатацию)	Категория по газу	Число разрабатываемых пластов	Средняя вынимаемая мощность пласта, м	Глубина заложения первого подсъемного горизонта, м	Размеры шахтного поля, км		Размер блока по прогибанию, км	Производительность, млн. т в год
						по прогибанию	по падению		
«Распадская» («Южкузбассуголь»)	1973—1977 1982* 1975	Сверхкатегория	7	3,07	251	12,5	5,0	2,0—4,0	7,5
«Воргашорская» («Воркугауголь»)	1975	III	1	3,11	176	16,5	7,5	3,5—7,5	4,5
Им. Скочинского («Донецкуголь»)	1975	Опасная по выбросам	1	1,8	1200	20	4,5	2—6	0,9
Им. Стаханова («Красноармейскуголь»)	1974—1978	То же	2	1,87	986	17,0	3,5	2,5—3,5	4,0
«Ворошиловградская» № 1 («Ворошиловградуголь»)	1974	Сверхкатегория	3	1,26	530	13,0	4,5	3,5—4,5	1,5
Им. Героев космоса («Павлоградуголь»)	1979	"	1	1,18	470	15,0	3,7	6,0	1,5
«Прогресс» («Торезантрацит»)	1973	"	1	1,34	1212	7,5	5,0	3,2—3,7	1,8
«Южно-Донбасская» № 3 («Донецкуголь»)	1985	"	3	1,29	624	—	—	—	2,4

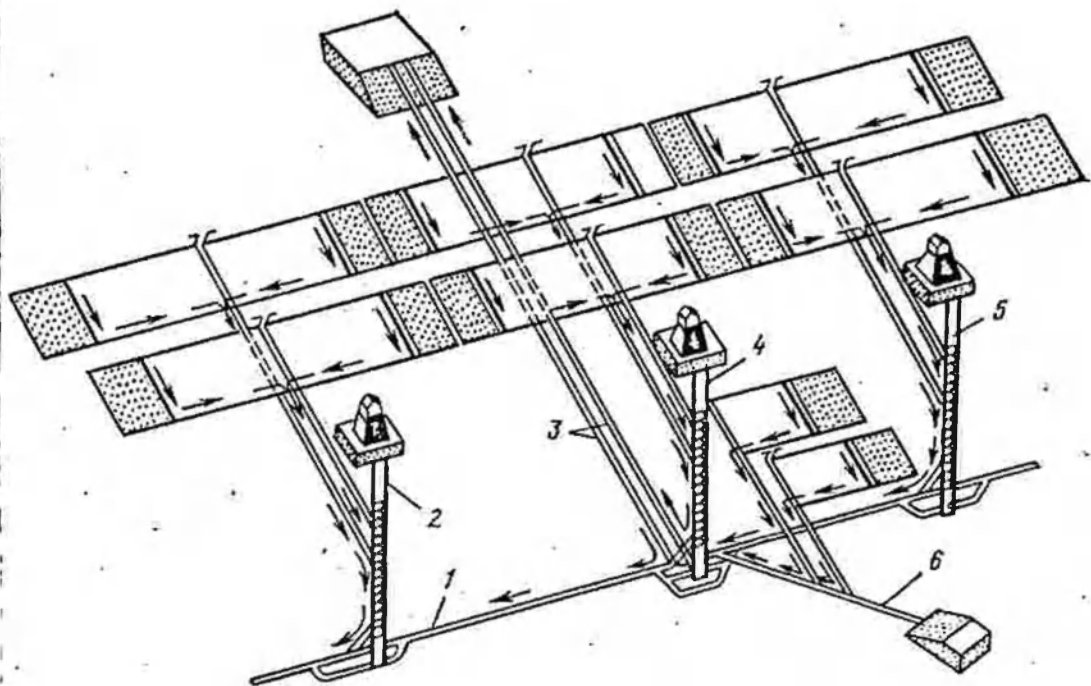


Рис. 1. Схема вскрытия и подготовки поля шахты «Распадская»:

1 — полевой штрек гор. +70 м; 2 — блочный ствол № 5; 3 — наклонные конвейерные стволы; 4, 5 — блочные стволы № 4 и № 3; 6 — наклонный конвейерный квершлаг

и 0,94 м, угол падения их 6—11°. Пласты не опасны по выбросам угля и газа, но сильно метаноносны (35—45 м³ метана на 1 т суточной добычи), опасны по взрывам пыли и склонны к самовозгоранию.

Вскрытие шахтного поля произведено двумя центрально-двоенными (главным и вспомогательным), вентиляционным № 1 и воздухоподающим № 1 стволами с устройством откаточного горизонта па глубине 624 м и дренажно-вентиляционного — на глубине 824 м.

По генеральной схеме отработки шахтное поле общей площадью около 50 км² разбито на четыре блока с устройством вышеназванных горизонтов и в дальнейшем гор. 984 м. Отработка участков поля между горизонтами предусмотрена в нисходящем порядке в первую очередь в блоках № 2 и № 1 между гор. 624 и 824 м, а затем в нисходящих блоках № 3 и № 4. Система разработки принята длинными столбами по восстанию при прямоточной схеме проветривания выемочного участка с полным разбавлением и удалением метана по источникам его поступления. Это обеспечивает по газовому фактору добычу 800—1200 т/сут с каждой лавы пластов С₁₃ и С₆¹. К вводу в эксплуатацию первой очереди строительства шахты в блоке № 2 были подготовлены четыре лавы по пласту С₁₃ и одна по пласту С₆¹.

Блочная схема обеспечивает: высокую производственную мощность шахты путем одновременной отработки нескольких

блоков; сокращение затрат на поддержание горных выработок; упрощение схемы подземного транспорта; улучшение проветривания шахты; достижение высокой концентрации горных работ; полную конвейеризацию транспортирования угля из очистных забоев до погрузки в железнодорожные вагоны; возможность организации строительства шахты очередями.

Применение таких схем вскрытия и подготовки в то же время требует увеличения протяженности проводимых горизонтальных выработок до 3,0—3,5 км и размеров их поперечных сечений, что значительно усложняет выполнение процессов проходческого цикла.

В целом на современной шахте-новостройке проектная протяженность горных выработок достигает 70—75 км, из них на долю горизонтальных и наклонных горных выработок в зависимости от геологических и горнотехнических условий приходится от 50 до 90 % их общего объема. Не менее 50 % этих выработок необходимо проходить высокими темпами.

1.2. СОСТОЯНИЕ ШАХТНОГО ФОНДА

Техническое развитие предприятий угольной промышленности в последние годы осуществляется в условиях крайне неудовлетворительного состояния шахтного фонда.

Всего за последние годы пятилетки введено мощностей шахт и разрезов за счет нового строительства на 102 млн. т меньше, чем намечалось пятилетними планами.

За этот же период выбытие мощностей из-за отработки запасов и ухудшения геологических условий составило 177,6 млн. т.

С целью воспроизводства мощности действующей шахты и ввода дополнительного фронта очистных работ в эксплуатацию осуществляют вскрытие и подготовку новых горизонтов. Эти работы выполняют обычно совместно с эксплуатационными, что вызывает значительные затруднения. Кроме того, вскрытие нового горизонта часто осуществляется в процессе модернизации шахты, т. е. проведения горно-капитальных работ, выполняемых с целью улучшения технико-экономических показателей работ предприятий на основе внедрения передовых достижений науки и техники во все технологические процессы добычи: комплексной механизации и автоматизации производственных процессов, концентрации горных работ, совершенствовании схем вскрытия и вентиляции, повышения мощности шахт. Это также создает значительные трудности в подготовке новых горизонтов.

Недостаточная мощность шахтостроительных организаций, низкий уровень организации труда и производства привели к тому, что подготовка новых горизонтов проводится крайне медленно. Так, для Центрального района Донбасса продолжительность составляет 9—23 лет (в среднем 12,7 лет) при проектной 4—8 лет, для Кузбасса вместе с реконструкцией — 10 лет при проектной 4,4 года.

В отрасли проводится работа по совершенствованию шахтного фонда, однако масштабы ее недостаточны, в связи с чем до настоящего времени действует свыше 50 % шахт, введенных в эксплуатацию до 1960 г. и не подвергавшихся реконструкции. Разрыв между глубиной ствола по выдаче угля и глубиной горных работ составляет более 250 м. Это привело к увеличению разбросанности горных работ и усложнению схем транспорта и проветривания. На значительной части шахт Донецкого, Кузнецкого, Карагадинского бассейнов весь объем добычи выдается из уклонных полей с более низкими технико-экономическими показателями. В уклонных полях в Донбассе добывается в 3,5, а по всей отрасли в 2,5 раза больше угля, чем в бремсберговых. Одним из недостатков такого положения является многоступенчатость подземного транспорта. Число новых капитальных горизонтов на шахтах Донбасса, Кузбасса составляет менее 50 % от необходимого.

Так, в ВПО «Кузбассуголь» из-за отставания в реконструкции и подготовке новых горизонтов более 40 % шахт (из 70) практически не имеют запасов на действующих горизонтах и отрабатывают прирезанные запасы полей соседних шахт или ведут работы в уклонных полях по временным схемам. На 63 шахтах (82 % общего их числа) проявлялись факторы, препятствующие увеличению добычи угля, в том числе отставание развития горного хозяйства в связи с изменившимися горнотехническими условиями — на 33, несоответствие условий вентиляции — на 20, недостаточная пропускная способность технологических комплексов поверхности, подземного транспорта, подъема — на 7 предприятиях.

В настоящее время около 30 шахт Кузбасса находятся на реконструкции, а на 37 она крайне необходима. На реконструируемых шахтах строительные работы ведутся очень медленно: 17 шахт находятся на реконструкции более 10 лет, 12 — более 15 лет, а три шахты («Октябрьская», «Красный углекоп» и «Абашевская») — более 20 лет [32].

Многоступенчатость всех видов подземного транспорта, необходимость применения в уклонных полях временных схем, при которых резко возрастает протяженность поддерживаемых выработок, отрицательно влияют на их состояние, условия проветривания и безопасность работ, что значительно ухудшает технико-экономические показатели работ шахт.

Все это заставляет изыскивать резервы увеличения срока существования горизонтов с поддержанием необходимого объема добычи, что приводит к вскрытию и подготовке отдаленных месторождений шахтного поля или прирезки поля соседней шахты. В результате увеличиваются протяженность и объем проведения квершлагов и полевых штреков.

В последние годы при разработке мощных пластов и свит пластов тонких и средней мощности увеличивается объем применения полевой подготовки, которая обеспечивает повышение

Таблица 2

Шахта, выработка	Протяженность выработки, м	Площадь поперечного сечения выработки, м ²
Им. Ленина, путевой квершлаг	1212	22,6
«Октябрьская», групповой вентиляционный штрек	1580	19,1
«Капитальная», вентиляционный квершлаг	1840	23,4
Им. XXVI съезда, полевой штрек	1800	15,4
«Распадская», западный полевой штрек	1758	19,4
«Распадская», главный квершлаг	2415	21,1—22,1
«Распадская», восточный полевой штрек	3205	19,4
«Абашевская», вентиляционный квершлаг	1480	25,9

концентрации и безопасности горных работ. Исследования КузНИИшахтоостроя в этом направлении показали, что для условий, например, Кузбасса групповые выработки, как правило, следует проводить полевыми.

В Кузбассе при применении блочных схем, а также для вскрытия и подготовки удаленных месторождений шахтного поля протяженность таких выработок увеличилась до 3 км и более (табл. 2).

Таким образом, применение блочных схем вскрытия и подготовки, полевой подготовки шахтных полей, вскрытие удаленных месторождений и объединение шахт в единую вентиляционную систему приводят на действующих шахтах к увеличению объема проведения горизонтальных капитальных горных выработок. Так, объем проведения квершлагов и полевых штреков с 1975 по 1986 г. при уменьшении общего объема подземной добычи с 470,7 до 424,9 млн. т увеличился с 343,2 до 417,4 км, т. е. в 1,2 раза.

1.3. РАЗМЕРЫ ПОПЕРЕЧНОГО СЕЧЕНИЯ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК

Ежегодно глубина шахт увеличивается на 8—10 м. С переходом на более глубокие горизонты изменяются свойства пересекаемых пород: увеличиваются их крепость, абразивность, водообильность, возрастает горное давление, особенно в зоне влияния очистных работ, увеличиваются газообильность выработок и число пластов, опасных по внезапным выбросам угля и газа.

В результате исследований, проведенных научно-исследовательскими институтами, установлено:

повышение газоопасности разрабатываемых пластов приводит к необходимости применения их предварительной дегазации, к использованию предохранительных ВВ с меньшей эффективностью,

к увеличению расхода воздуха на проветривание шахт и отдельных выработок в связи с увеличением их протяженности; увеличение числа пересекаемых капитальными горизонтальными выработками пластов, опасных и угрожаемых по внезапным выбросам угля и газа, приводит к необходимости увеличения объема проведения специальных мероприятий по борьбе с этими явлениями при вскрытии пластов;

возрастание временного сопротивления пород сжатием и растяжению вызывает увеличение объема буровзрывного способа проходки;

снижение устойчивости выработок, формирование более высоких нагрузок на крепь требуют использования более надежных конструкций крепей.

Все это повышает трудоемкость работ по проведению горных выработок. По данным ИГД им. А. А. Скочинского, ЦНИЭИ угля и других организаций, увеличение глубины разработки на 100 м приводит к росту общей трудоемкости горных работ на 10—20 % [39].

Интенсификация добычи угля, увеличение грузопотоков по выработкам, применение блочной схемы вскрытия и подготовки, увеличение объемов полевой подготовки, вскрытие новых удаленных шахтных полей при реконструкции шахт, увеличение глубины горных работ и связанной с ней необходимостью подачи большого количества воздуха для проветривания приводят к увеличению площади поперечного сечения капитальных горных выработок и их протяженности и соответственно требуют большей скорости проведения этих выработок. Так, на шахте «Абашевская» подача воздуха осуществляется по двум квершлагам площадью поперечного сечения в свету соответственно 15,3 и 17,2 м². Этого воздуха недостаточно для дальнейшего развития шахты, поэтому для осуществления надежного проветривания параллельно указанным проводится еще один вентиляционный квершлаг на гор. ±0 м площадью поперечного сечения в свету 22,2 м².

Ежегодный прирост средней площади поперечного сечения горных выработок согласно техническим проектам строительства и реконструкции угольных шахт составляет 2,5—3 %.

В табл. 3 представлена динамика изменения средней площади поперечного сечения квершлагов и полевых штреков с 1976 по 1987 г. для Кузнецкого и Карагандинского бассейнов. Как видно, за этот период они возросли в Кузбассе на 24,3 %, Караганде — 23,2 %.

Максимальная площадь поперечного сечения квершлагов и полевых штреков достигла 26 м² в проходке (вентиляционные квершлаг шахт «Октябрьская» и «Абашевская»). Уже сейчас в шахтостроительных организациях объем выработок площадью сечения в проходке свыше 16 м² достиг 55 % общего объема. В Карагандинском бассейне необходимость увеличения площади поперечного сечения вскрывающих и подготовительных вы-

Таблица 3

Год	Средняя площадь поперечного сечения выработок, м ²	
	Кузбасс	Караганда
1976	13,8/17,4	11/14,2
1980	14,9/20,2	13,2/15,8
1987	15,7/21,6	14,3/17,5

Примечание. В числителе приведены значения площади поперечного сечения выработок в свету, в знаменателе — в проходке.

Таблица 4

Площадь поперечного сечения горных выработок вчерне, м ²	Год			
	1975	1980	1985	1990
<6	4,0	2,8	2,2	1,8
6,1—10	28,5	24,5	20,7	15,4
10,1—12	15,2	18,1	21,3	18,7
12,1—16	10	16,8	22,1	26,5
>16	2,0	1,8	3,0	7,4

работок привела к тому, что большинство главных вскрывающих выработок проводится спаренными общей площадью сечения 34,6 м².

Площадь сечения выработок на зарубежных шахтах (от 12 м² в ЧССР до 18—21 м² в свету в ФРГ) в 1,5—2,0 раза больше, чем на отечественных, что связано с развитием бесцеликовой выемки, использованием крепей высокой податливости на более глубоких горизонтах.

В околоствольных дворах, например в ФРГ, уже сейчас площадь сечения выработок достигает 40—50 м² в проходке.

Южгипрошахтом в 1987 г. разработан альбом «Технологические схемы околоствольных дворов для блоковых и фланговых стволов», в котором сечения выработок в свету достигают 49,5 м².

На перспективу площади поперечного сечения выработок будут также увеличиваться, что видно из табл. 4, составленной по данным ИГД им. А. А. Скочинского в целом для Минуглепрома СССР в процентах годового объема проведения всех горных выработок.

Сочетание новых проектируемых средств основного и вспомогательного транспорта, где предусмотрено совместное использование конвейера с шириной ленты 1000 мм и самоходного вагона ТГЛ-1,0, а также конвейеров с шириной ленты 800—1000 мм и самоходных вагонов ВС-5 и ВС-15 грузоподъемностью соответственно 5-и 15 т с учетом значительной конвергенции горных пород на больших глубинах, обуславливает повышение площади сечений выработок в проходке до 29—32 м² [2].

1.4. МЕХАНИЗАЦИЯ ГОРНОПРОХОДЧЕСКИХ РАБОТ

Основным направлением повышения эффективности горнопроходческих работ является их техническое перевооружение.

Для бурения шпуров в горизонтальных капитальных горных выработках применяются различного типа бурильные машины. По принципу обуривания забоя существующее оборудование разделяется на ручные и колонковые бурильные машины, по роду потребляемой энергии — на электрические, пневматические, гидравлические, ударно-вращательного, ударно-поворотного и универсального действия.

При бурении шпуров по мягким породам применяют ручные электросверла, как правило, без установочных приспособлений. В условиях газового режима используют пневматические сверла. Колонковые электросверла применяют в породах крепостью 3–6 по шкале проф. М. М. Протодяконова.

В последние годы основным направлением механизации бурения шпуров является применение бурильных установок.

К бурильным установкам с электро- и гидроприводом относятся БУЭ-1М, БУЭ-3Т, БКГ-2, БУА-3С и другие, с пневмоприводом — БУ-1М, БУР-2, СБУ-2М и др. Их применение значительно снижает трудоемкость и увеличивает скорость бурения.

Для погрузки горной массы используют погрузочные машины периодического и непрерывного действия.

Ковшовые машины разделяются на два типа: прямой погрузки (порода с почвы выработки грузится непосредственно в вагонетки) — ППН-1С, ППН-2, ППН-2Г, ППН-3, ППН-4Г; ступенчатой погрузки (порода с почвы выработки передается на перегружатель, а затем в вагонетку) — 1ППН-5 (ППМ-4М), 2ППН-5П.

Ковшовые машины со ступенчатой погрузкой имеют фронт погрузки 3,7—4,1 м и рекомендуются преимущественно для проведения двухпутных выработок. Крупность кусков породы для этих машин составляет до 400 мм.

Погрузочные машины непрерывного действия делятся на три группы: легкие — 1ПНБ-1; средние — 1ПНБ-2, 2ПНБ-2, ПНБ-2К; тяжелые — ПНБ-3К, ПНБ-3Д, ПНБ-4. Эти машины более производительны, чем ковшовые, но уступают им в надежности, поэтому в настоящее время ковшовые машины более распространены.

В последнее время создана машина с боковой разгрузкой ковша — МПК. В практике проведения выработок получили распространение буропогрузочные машины 1ПНБ-2Б, 2ПНБ-2Б.

В целом в выработках, проводимых шахтостроительными организациями Мипуглепрома СССР, процесс бурения шпуров механизирован на 61,1 %, процесс погрузки породы — на 96,3 %.

Кроме того, определенное применение при проведении горизонтальных капитальных выработок находят проходческие комбайны. На конец 1986 г. в шахто- и углестроительных организациях их количество составляло 114 шт.

1.5. СОВРЕМЕННЫЕ ТИПЫ КРЕПЕЙ

При креплении капитальных горных выработок на угольных шахтах применяют монолитные бетонные и железобетонные сборные железобетонные, металлические и анкерные крепи.

Ниже приведены данные об объемах (км) применения различных видов крепей в капитальных выработках угольных шахт.

Вид крепи:	
металлическая	252,4
комбинированная	0,52
монолитная бетонная, железобетонная и металлобетонная	19,79
сборная железобетонная	6,65
анкерная	2,91
деревянная	0,58

Металлическая крепь, особенно из спецпрофиля, является универсальной. Ее применяют в различных горнотехнических условиях для крепления выработок разного назначения. Такая крепь обеспечивает податливый режим работы, возможность повторного использования и имеет сравнительно невысокую стоимость. Немаловажное значение имеет технологичность ее производства на рудоремонтных заводах.

Область применения металлической крепи ограничена повышенным по сравнению с бетонной крепью аэродинамическим сопротивлением и относительно небольшим сроком службы вследствие коррозии металла. Основной причиной деформации металлических крепей из спецпрофиля является заклинивание податливых замков, когда они неправильно расположены по отношению к преобладающей нагрузке.

Эта крепь имеет ряд существенных недостатков. Основным из них является нетехнологичность ее возведения, поэтому до настоящего времени данная крепь возводится вручную. Попытки механизировать возведение металлической крепи как в СССР, так и за рубежом не привели к заметным сдвигам в решении этой задачи. Не решен вопрос механизации забутовки закрепного пространства, поэтому в большинстве случаев этот процесс выполняется некачественно, что приводит к обрушению контурного слоя породного массива и, как следствие, к деформации крепи. Кроме того, металлическая рамная крепь требует затяжки межрамного пространства. ВНИИОМШСом разработано два типа железобетонной затяжки: плоская и кессонная. Технология изготовления затяжки чрезвычайно проста. Кессонная затяжка при одинаковой несущей способности легче плоской. Недостатком железобетонной затяжки является возможность нарушения ее при креплении выработки в зоне разлета породы при ведении взрывных работ и отсутствие механизации процесса ее возведения.

Для повышения производительности работ при креплении ВНИИОМШСом разработаны рулонная затяжка из стеклово-

локна с большой несущей способностью и механизм для ее натяжения при ведении работ по креплению. Испытания затяжки в ПО «Ростовуголь» показали ее работоспособность и надежность в эксплуатации. Ее использование позволило увеличить скорость работ по креплению выработок до 6 м в смену.

Монолитная бетонная крепь широко применяется при строительстве выработок угольных и горнорудных шахт. Крепь обеспечивает прочную связь с породным контуром, при этом отпадает необходимость в заполнении закрепного пространства и породный контур выработки защищен от коррозионного и эрозийного воздействия шахтных вод и атмосферы. Кроме того, создаются благоприятные условия для инъекции в приконтурную зону пород закрепляющих растворов, что позволяет формировать грузонесущую породную оболочку, улучшая этим устойчивость и долговечность крепи.

Важным преимуществом бетонной крепи является экономия металла; в сложных горно-геологических условиях она значительно дешевле металлической арочной крепи; при ее применении уменьшается на 10—15 % объем вынимаемой породы за счет исключения зазоров между крепью и породой при сборных крепях, которые составляют до 200—300 мм, тогда как толщина бетонной крепи находится в этих же пределах. Важное значение имеет гладкая внутренняя поверхность крепи, что позволяет снизить аэродинамическое сопротивление воздушной струе.

Возведение монолитной бетонной крепи создает благоприятные условия для комплексной механизации всего горнопроходческого процесса, так как операции по установке и перестановке опалубки, а также подаче бетонной смеси за опалубку могут быть полностью механизированы. Применение быстротвердеющих бетонов и передвижных металлических опалубок позволяет возводить крепь вслед за продвижением забоя.

В практике строительства горных выработок отсутствие простых и надежных металлических опалубок нередко приводит к применению деревянных, что резко снижает темпы сооружения выработок и повышает их стоимость.

В сложных горно-геологических условиях находят применение жесткие железобетонные (металлобетонные) крепи замкнутой конструкции с высокой несущей способностью. Такие конструкции весьма дороги, металлоемки и нетехнологичны при возведении. Из-за значительной толщины и насыщенности арматурой монолитные железобетонные крепи имеют повышенную жесткость и плохо используют упругий отпор боковых пород, поэтому их применение зачастую не дает положительного результата.

В настоящее время накоплен положительный опыт применения в капитальных горных выработках угольных шахт и рудников цветной металлургии конструкций сборной крепи из железобетонных тубингов (КТАГ, ГТК) и бетонных двухклинча-

тых блоков. Только тубингами ГТК конструкции КузНИИшахтостроя на угольных шахтах и рудниках цветной металлургии закреплено около 60 км горных выработок, при этом получены приемлемые технико-экономические показатели и резко сокращен расход металла на крепление по сравнению с арочной крепью из спецпрофиля. Так, при применении крепи из тубингов КТАГ в Печорском бассейне среднемесячные темпы продвижения выработок составили 95,2 м, максимальные 140 м.

Сборные железобетонные и бетонные крепи практически не подвержены газовой и водной коррозии в шахтных условиях. Такие конструкции изготавливаются заводским способом и поэтому в отличие от монолитных крепей сразу же после возведения в выработке могут воспринимать нагрузки от горного давления. Большинство конструкций взрывостойкие. В последнее время создан ряд крепеукладчиков для возведения сборной крепи, которые позволяют механизировать процесс крепления и возводить сборную крепь непосредственно у забоя выработки. Установка временной крепи при этом не требуется. Сборной крепью легко задать ограниченно-податливый режим работы путем установки между сборными элементами сминающихся прокладок заданной толщины, при этом они обладают хорошей деформативностью и перераспределяют нагрузки наиболее целесообразным способом, используя упругий отпор пород. Работоспособность крепи при этом повышается. Однако такие крепи требуют качественной забутовки закрепного пространства, что достаточно сложно обеспечить при отсутствии специальных механизмов. Кроме того, крепи из тубингов и блоков могут работать только при условии достаточного и равномерного отпора со стороны вмещающих выработку пород. В процессе работы при необеспеченном отпоре возможны случаи, когда ряд смежных шарнирных узлов выходит на одну прямую линию и конструкция теряет устойчивость.

Анкерная крепь относится к конструкциям безподпорного типа и применяется при креплении подземных выработок в самостоятельном виде или в сочетании со всеми известными конструкциями. Она предназначена для упрочнения массива пород и повышения устойчивости его обнажений благодаря скреплению различных по прочности слоев и структурных блоков. Анкерную крепь целесообразно применять для крепления вновь проводимых горных выработок, так как надежность ее работы в значительной степени зависит от своевременного ее возведения. Чем меньше промежуток времени между выемкой породы и креплением выработки, тем меньше расслоение и разрушение пород, тем лучше условия работы анкерной крепи. При этом каждую ее конструкцию необходимо применять с учетом конкретных горно-геологических и горнотехнических условий, размеров, назначения и сроков службы выработки.

По сравнению с обычными традиционными конструкциями этот вид крепи имеет ряд преимуществ:

повышает безопасность ведения горных работ, так как лучше другой крепи противостоит взрывным работам и может устанавливаться в забое как временная; создает возможность почти полной механизации процесса крепления, что уменьшает затраты труда; требует меньшего расхода крепежных материалов и затрат на их доставку;

позволяет уменьшить объем вынимаемой породы и аэродинамическое сопротивление выработки.

Анкерную крепь применяют в качестве постоянной и временной конструкции, в самостоятельном виде и в сочетании с традиционными подпорными металлическими и бетонными крепями. Так, комбинированная анкер-металлическая крепь конструкции КузНИИшахтостроя представляет собой сочетание анкерной крепи с металлической арочной крепью из спецпрофилей СВП-17, СВП-22 и СВП-27. В качестве дополнительного поддерживающего элемента применяются межрамные стяжки, с помощью которых металлические арки как бы пришиваются анкерами к породе, за счет чего обеспечивается совместная работа упрочненного анкерами массива и металлической арочной крепи. Анкеры устанавливают в промежутках между арками крепи, число анкеров и расстояние между анкерами определяют расчетом.

В зависимости от горно-геологических условий в качестве анкерной крепи в анкер-металлической крепи используются:

металлические сталеполимерные анкеры с закреплением замков быстротвердеющими составами на основе синтетических смол или комбинированными смесями на цементной основе;

металлические анкеры, закрепляемые быстротвердеющими смесями на цементной основе по всей длине скважины методом задавливания или инъектирования;

металлические анкеры с распорными замками типа АК-8.

Основными преимуществами анкер-металлической крепи по сравнению с металлической арочной являются: меньшая стоимость и металлоемкость, высокая несущая способность и универсальность применения, более высокая степень устойчивости выработок. Значительное распространение она получила на шахтах Кузбасса.

Практика проектирования и строительства шахт, особенно глубоких, показывает, что вопрос крепления и поддержания капитальных выработок является узким местом в общем комплексе горнопроходческих работ. Современные крепи не могут обеспечить достаточно высокие скорости строительства шахт и устойчивость выработок во всем диапазоне встречающихся горно-геологических условий и в течение всего срока их службы. Реально достигнутые скорости строительства выработок с металобетонной крепью не превышают 20—30 м/мес, а затраты на перекрепление и ремонт выработок еще до сдачи в эксплуатацию составляют в среднем 3—5% общей стоимости строи-

тельства. Так, на поддержание 1 м основных выработок в бассейне ежегодно затрачивается 75 руб., а на ремонтных работах занято 15—20 % подземных рабочих.

С целью обеспечения надежной работы сборных крепей повышения устойчивости горных выработок в сложных геологических условиях в последние годы все в больших объемах применяют тампонаж закрепного пространства и интенсионное упрочнение приконтурного массива.

Основное назначение тампонажа — заполнение пустот крепного пространства и улучшение условий работы крепи за счет более равномерного распределения нагрузки. Кроме того, в процессе нагнетания в закрепное пространство раствор проникает в трещины приконтурного массива на глубину 60—100 мм. Омоноличенная и упрочненная таким образом породная оболочка работает в системе сил, противодействующих горному давлению, совместно с крепью и тампонажным раствором, залившим закрепное пространство. Создается мощная комбинированная конструкция крепи с большой несущей способностью. Отечественный и зарубежный опыт показывает, что заполнение закрепного пространства быстротвердеющими растворами позволяет защитить массив горных пород от разрушения, снизить нагрузки на крепь и сохранить выработки в рабочем состоянии. Применение тампонажа позволило обеспечить не только безремонтное поддержание выработок, но и уменьшить в 1,2—1,5 раза шаг установки металлической арочной крепи.

Выполненные Днепрогипрошахтом исследования показали, что в сложных горно-геологических условиях без заполнения закрепного пространства твердеющими материалами невозможно обеспечить безремонтное поддержание выработок в период срока их службы. Так, при строительстве шахт в Западном Донбассе сметные затраты на поддержание выработок со слабыми вмещающими породами в размере 5,2 % прямых затрат на их сооружение всегда значительно превышаются фактическими расходами. Например, при строительстве шахты «Терновская» расходы на ремонт выработки при отсутствии тампонажа закрепного пространства составили 363,5 тыс. руб.; «Степная» — 436,7; «Благodatная» — 547,5; «Павлоградская» — 963,2 тыс. руб. В этих условиях затраты на крепление 1 м выработки с заполнением закрепного пространства твердеющими материалами окупаются за 1—1,5 года [23].

На шахтах Западного Донбасса в настоящее время протяженность выработок, проводимых с заполнением закрепного пространства, составляет более 70 км; эти выработки эксплуатируются, как правило, без перекрепления.

В ФРГ в настоящее время применяют два механизированных способа заполнения закрепного пространства — пневматический и гидромеханический.

При пневматическом способе материал в сухом виде транспортируется сжатым воздухом до разгрузочного конца трубо-

провода. Здесь он смачивается водой из разбрызгивающих сопел и подается в направлении от забоя в пространство за установленной крепью с затяжкой и плотно заполняет его вплоть до заполненного на предыдущем цикле участка.

При гидромеханическом способе установка, передвигающаяся вслед за проходческим забоем, загружается строительным материалом, который смешивается с водой до получения готового материала в виде пасты или суспензии. Из смесителя масса поступает в транспортный агрегат, перекачивающий ее в тестообразном состоянии по трубо- или шлангопроводам в проходческий забой. Здесь через разгрузочный шланг она вносится в радиальном направлении в пространство за затяжками попеременно у обеих стенок выработки. В качестве затяжки используются различные виды сеток, в том числе и с поливинилхлоридной пленкой.

Считается, что увеличение расходов при механизированном заполнении закрепного пространства (стоимость машинного и другого оборудования, дополнительные затраты труда, строительные материалы, транспорт и энергия) в любом случае является экономически допустимым, если сопоставить их с увеличенным сроком службы выработок, уменьшением других расходов или сопряженных издержек.

Растворы вяжущих материалов для заполнения закрепного пространства должны удовлетворять следующим требованиям: легко транспортироваться насосами в течение всего времени нагнетания;

- легко проникать в пустоты и трещины;
- иметь хорошую водоотдачу с образованием плотного и прочного камня;
- не иметь усадки при твердении;
- обладать водонепроницаемостью после твердения (в сухих выработках можно применять неводостойкие материалы);
- иметь хорошую адгезию (сцепление) к горным породам и различным материалам;
- обладать достаточной механической прочностью;
- по срокам схватывания должны соответствовать выбранной технологии;
- обладать стойкостью при воздействии агрессивных шахтных вод;
- быть нетоксичными.

Для заполнения закрепного пространства чаще всего используют цементно-песчаные растворы. Введение в раствор крупнозернистого песка увеличивает прочность и ускоряет процесс твердения тампонажного камня, однако делает приготавливаемые смеси малоподвижными, что затрудняет их перекачивание насосом. В практике тампонажных работ при приготовлении растворов, как правило, применяют мелко- и среднезернистые пески.

В последние годы в угольной промышленности ФРГ распространение твердеющий материал на основе природного ангидрита, добываемого подземным способом и представляющего собой сульфат кальция. При соединении с водой ангидрит образует раствор, аналогичный раствору гипса. С целью ускорения гидратации ангидрита, которая в обычных условиях происходит медленно и не полностью, добавляются пластификаторы. Прочность природного ангидрита зависит от соотношения жидких и твердых компонентов (Ж:Т), температуры окружающей среды, влажности окружающего воздуха и т.д. Оптимальным значением Ж:Т является 0,08. В этом случае предел прочности ангидрита через сутки составляет 10 МПа, при увеличении отношения Ж:Т в 2 раза он уменьшается до 2 МПа.

Достоинством ангидрита по сравнению с другими гипсовыми вяжущими являются:

высокая прочность, которая постепенно нарастает при твердении без увеличения в объеме;

возможность длительного хранения измельченного ангидрита без добавок с сохранением неизменными его физико-механических свойств;

простая технология приготовления.

Экономическая оценка эффективности использования ангидритового вяжущего при заполнении пустот закрепного пространства показала, что стоимость заполнения этим материалом дешевле более чем в 2 раза тампонажа цементно-песчаными растворами. Это достигается прежде всего за счет меньшей стоимости дополнительного материала, отсутствия работ по герметизации крепи и перерасхода смеси, связанного с излишним тампонажным раствором. Однако в отличие от цементно-песчаных растворов ангидритовое вяжущее имеет большую вязкость и малую проникающую способность, что не позволяет в достаточной степени скреплять разрушенные породы приконтурного массива. Кроме того, в присутствии воды ангидритовый камень неустойчив и склонен к раскисанию.

Широко используется в каменноугольной промышленности ФРГ разработанное фирмой «Саарбергверке АГ» магниезиальное вяжущее вещество (специальный цемент). В отличие от цементных растворов и синтетических смол на клеивающую способность этого вещества не оказывают влияния ширина раскрытия трещин, а также влажность и запыленность обрабатываемых поверхностей. Кроме того, высокая подвижность и пластичность раствора позволяют перекачивать его на расстояние нескольких сотен метров.

Основу магниезиального вяжущего вещества составляет раствор хлористого магния, который быстро и прочно схватывается с окисью магния. Вводимый бентонитовый порошок способствует стабилизации раствора и улучшению его пластических и теку-

чих свойств. Раствор готовится в турбулентном смесителе в течение 2—3 мин.

Физико-механические свойства магниезиального вяжущего вещества в значительной степени зависят от температуры готовой смеси и упрочняемого массива: чем выше температура, тем быстрее наступает склеивающее действие вяжущего вещества и раствор быстрее набирает прочность. Если температура приготовленной смеси не превышает 40 °С, то раствор может перерабатываться в смесителе не менее 1 ч, сохраняя высокую седиментационную устойчивость и не вызывая образование пробок в шлангах и насосе. При нагнетании готового вяжущего вещества в массиве с температурой 60 °С процесс склеивания начинается через 1 ч и прочность на сжатие в 10 МПа достигается через 3 ч. По истечении суток вещество набирает прочность на сжатие свыше 25 МПа, на растяжение при изгибе в 3 раза меньше и адгезия с породной поверхностью составляет около 4 МПа.

В МакИСИ разработан быстросхватывающийся магниезиальный раствор (длительность схватывания 1—3 мин), нагнетаемый в приконтурный массив без герметизации крепи. Рекомендуемый состав образуется в результате соединения двух растворов,готавливаемых в двух смесителях. В одном перемешиваются водный раствор хлористого магния плотностью $1,24 \times 10^3$ кг/м³ (30,5%), порошок магниезиальный каустический ПМК-83 (37,5%) и бентонитовая глина (5%), а во втором — вода (9,7%), латекс СКС-65ГП (1,3%) и портландцемент марки 500 (16%). Раствор хлористого магния готовят из расчета 0,75 кг хлорида магния на 1 л воды.

Стоимость магниезиального раствора не превышает стоимости цементного и намного ниже химических растворов.

ИГД им. А. А. Скочинского совместно с ИОНХом и Грузинским политехническим институтом разработана рецептура вяжущего материала на основе фосфогипса — отходов химической промышленности при производстве минеральных фосфорных удобрений. Опытные партии вяжущего материала изготовлены Воскресенским производственным объединением «Минудобрения» и испытаны на шахтах Минуглепрома Украинской ССР и ПО «Карагандауголь».

Лабораторные и шахтные исследования показали, что вяжущее из фосфогипса отвечает требованиям, предъявляемым к вяжущему материалу для заполнения закрепного пространства.

Фосфогипсовое вяжущее представляет собой белый порошок плотностью в сыпном состоянии 1,18—1,20, а в отвердевшем — 1,62—1,66 т/м³.

Лабораторные и шахтные исследования показали, что вяжущее из фосфогипса отвечает требованиям, предъявляемым к вяжущему материалу для заполнения закрепного пространства.

Для получения стандартной густоты фосфогипсового раствора требуется воды 35—37 % от массы вяжущего. При этой густоте начало схватывания раствора составляет 8—11 мин, а конец схватывания — 20—22 мин. При содержании воды в растворе 25 % от массы вяжущего сроки его схватывания сокращаются до 3—5 мин.

При содержании воды в фосфогипсовом растворе 35 % массы вяжущего предел прочности на сжатие (МПа) составляет: через 20 мин — 4,0—4,4 МПа, через 1 ч — до 10 МПа, через 1 сут — 17—19 МПа, через 28 сут — до 40—41 МПа.

Фосфогипсовый раствор при отверждении остается практически постоянным в объеме, образует монолитный (без трещин) камень, проникающая способность фосфогипсового раствора трещины в 1,5 раза выше, чем цементного раствора, при том же содержании воды.

Адгезия (МПа) фосфогипсового раствора после отверждения к песчанику составляет 3,5, аргиллиту и алевролиту — 3,3—3,4, углю — 3,2.

Фосфогипс может применяться как в чистом виде, так и с заполнителями (песок, щебень, зола-унос, горелые породы). Наиболее рационально применять среднезернистые и мелкозернистые наполнители с содержанием частиц размером от 0,1 до 0,5 мм не менее 60—80 %. Наполнитель с таким составом частиц остается в растворах во взвешенном состоянии.

Как показала практика, приконтурное упрочнение пород всегда обеспечивает необходимую устойчивость выработок. С переходом на более глубокие горизонты, при пересечении зон геологических нарушений тампонаж закрепного пространства оказывается малоэффективным. В этих случаях наряду с приконтурным упрочнением применяется инъекция скрепляющих растворов во вмещающий выработку массив.

Возможность применения инъекционного упрочнения пород определяется наличием вокруг выработок зоны разрушенных (трещиноватых) пород, в которые можно нагнетать скрепляющие растворы. В зависимости от условий возникновения и развития приконтурных трещин выделяются следующие случаи применения инъекционного упрочнения:

упрочнение пород при проведении выработок, вокруг которых образуется трещиноватая зона неупругих деформаций;

предварительное или последующее упрочнение пород при проведении выработок в зонах геологических нарушений;

повышение устойчивости эксплуатируемых выработок, крепящихся из-за продолжающихся смещений пород, вызванных их разрушением.

При наличии вокруг выработки системы трещин (геологических, технологических — вызванных буровзрывными работами) инъекция скрепляющих растворов в приконтурные трещины предотвращает вывалы в выработку отдельных кусков породы и предохраняет массив от выветривания и дальнейшего разру-

шения. При формировании вокруг выработки зоны неупругих деформаций, проявляющихся с течением времени, в результате нагнетания скрепляющих растворов, образуется монолитная породная оболочка — крепь с большой несущей способностью, которая существенным образом влияет на параметры взаимодействия системы «крепь — массив».

Наибольший интерес с точки зрения эффективности и практического применения представляет использование инъекционного упрочнения в качестве основного средства обеспечения устойчивости вновь проводимых выработок в условиях развития вокруг них зоны неупругих деформаций. Сущность такого способа заключается в следующем. При проведении выработку крепят временной крепью, позволяющей породам деформироваться и предотвращающей их обрушение. Через определенный промежуток времени нагнетают скрепляющий раствор в разрушенные и разгруженные от напряжений породы приконтурной зоны. Схватываясь, раствор скрепляет между собой отдельные куски и блоки породы, образуя мощную породобетонную оболочку. Работая как несущая конструкция, эта оболочка способна воспринимать значительные нагрузки со стороны массива и противостоять дальнейшему развитию зоны неупругих деформаций.

Наибольшее распространение способ повышения устойчивости горных пород получил на шахтах Кузнецкого и Карагандинского бассейнов. По проектам КузНИИшахтоостроя за последние годы упрочнение пород выполнено в капитальных выработках 18 шахт общей протяженностью 7850 м. При этом экономический эффект от внедрения способа в выработках, пройденных в сложных горно-геологических условиях, составил около 7 млн. руб. Проведенные инъекционные работы позволили в дальнейшем эксплуатировать выработки без дополнительного ремонта крепи. По данным КузНИИшахтоостроя, использование глубинного упрочнения пород обеспечило снижение затрат на сооружение и поддержание горных выработок, проводимых в сложных горно-геологических условиях в 2—3 раза.

Эффективность работ по упрочнению и их качество во многом зависят от правильного подбора состава цементных и цементно-песчаных растворов. Одним из основных показателей этих растворов является консистенция, зависящая от концентрации твердой фазы в составе приготавливаемой смеси. Этот показатель обуславливает такие свойства раствора, как плотность, проникающая способность, седиментационная устойчивость, выход тампонажного камня, прочность и т. п. При выборе консистенции раствора должны учитываться технологические и горно-геологические условия проведения работ по упрочнению.

Применение химических растворов при упрочнении пород с целью повышения устойчивости горных выработок весьма ограничено и носит экспериментальный характер. Известны случаи, когда при проведении выработок для упрочнения нарушенных

и легкообрушаемых пород кровли нагнетали синтетические смолы в породный массив. Такие работы проводили на шахте «Комсомолец» в Донбассе, где породы кровли упрочняли смолой виноформальдегидной смолой, на шахте им. Кирова Ленинградского месторождения горючих сланцев, где в породы, подверженные карстовым нарушениям, нагнетали составы на основе сланцевых фенольных смол. В обоих случаях выполнение инъекционных работ оказалось эффективным средством повышения устойчивости пород кровли, что позволило увеличить скорость проведения выработок.

За рубежом в последние годы ведутся интенсивные исследования процесса искусственного укрепления трещиноватых пород с помощью инъекций синтетических смол. По сравнению с цементными растворами полимерные обладают более высокой проникающей способностью, а длительность их твердения и другие физико-механические характеристики можно изменять в широких пределах.

Укрепляющий состав, введенный под давлением в трещиноватый массив, остается некоторое время жидким. Затем (после периода гелеобразования) он постепенно теряет текучесть, становится вязким и через непродолжительное время — жестким, нерастворимым и практически неплавким. Около 70 % прочности сцепления с массивом этот материал набирает уже по истечении нескольких часов после нагнетания растворов.

Для приготовления растворов используют различные термоактивные смолы — фенолальдегидные, аминокальдегидные, ненасыщенные полиэфирные, эпоксидные, кремнийорганические, полиуретановые смеси и другие. Из них наиболее часто в зарубежной практике применяют полиуретаны, которые могут многократно увеличивать свой объем, быстро твердеть, обладают пластичностью и высокой адгезионной способностью. Благодаря увеличению объема при вспенивании полиуретан эффективно заполняет пустоты и трещины породного массива.

Зарубежный опыт инъекционного упрочнения массива с помощью быстротвердеющих полимерных составов показывает, что хотя метод достаточно широко применяется, сдерживающими факторами внедрения синтетических упрочняющих составов являются их высокая стоимость и отсутствие комплексной механизации приготовления и инъектирования.

Цементно-песчаные и химические растворы имеют ряд недостатков. Так, цементно-песчаные растворы весьма абразивны, что приводит к быстрому износу растворонасосов, и образуют тампонажный камень низкой прочности. Цементные растворы характеризуются низкой седиментационной устойчивостью, для заполнения мелких трещин требуют повышенного подоцементного отношения (2:1 и более), дают пониженный выход тампонажного камня (до 70 %). Химические растворы, как правило, токсичны, многокомпонентны, что усложняет технологию работ, стоимость их высокая.

Для замены цементных и цементно-песчаных растворов в Отраслевой лаборатории подземных сооружений Минуглепрома СССР при МакИСИ разработаны новые, более эффективные растворы на базе отходов доломитового производства. Это — тонкодисперсный порошок (пыль) с размерами частиц, не превышающими 80 мкм, получаемый из циклонов и электрофильтров в процессе газоочистки при обжиге металлургического доломита. Химический состав порошка продуктов газовой фильтрации (ПГФ), %: оксид кальция — 40, оксид магния — 26, оксид кремния — 7, оксид железа — 4, оксид алюминия — 3, триоксид серы — 10, прочие элементы — 10.

Для тампонажа закрепного пространства и крупных трещин приконтурного массива рекомендуется доломитово-песчаный раствор состава ПГФ:П:В=1:2:1. При повышенных требованиях к прочности тампонажного камня и инъектировании тонкотрещиноватых пород вместо цементных растворов рекомендуются чисто доломитовые с соотношением воды и продуктов газоочистки (В:ПГФ) в пределах 1:1,6—1:2,5.

Исследования показали, что доломитовые растворы по сравнению с цементно-песчаными дают тампонажный камень большей прочности, снижается абразивность раствора, повышаются пластичность и подвижность, уменьшается водосодержание, на 10—15 % увеличивается выход тампонажного камня и на 30 % снижается объем работ по герметизации поверхности крепи [42].

Другим направлением упрочнения породного массива является механический способ. При этом способе в предварительно пробуренные шпуровые отверстия завинчиваются металлические армировочные винты, наружный диаметр резьбы которых несколько больше диаметра шпура. Способ не требует применения шайб или подхватов других конструкций. Однако с учетом психологического фактора, а также необходимости обеспечения безопасности при ведении горнопроходческих работ в сложных горно-геологических условиях в конструкции предусмотрена возможность использования сплошной сетчатой затяжки, подтягиваемой к контуру выработки специальными шайбами, которые навинчиваются на выступающие внутрь выработки концевые части армировочных винтов.

Преимущества армировочных винтов по сравнению с анкерами, закрепляемыми в шпуре с помощью синтетических смол, состоят в следующем: полная несущая способность упрочненной породной толщи достигается сразу же после установки армировочных винтов; исключается необходимость контроля за качеством установки винтов, так как надежность упрочнения гарантируется самой конструкцией и не зависит от навыка, квалификации и добросовестности крепильщика; обеспечивается возможность извлечения винтов и повторное их использование, упрощается проведение операций по управлению кровлей.

Применяемые на рудниках и шахтах армировочные винты имеют следующие параметры: наружный диаметр резьбы 32 мм; высота профиля резьбы 6,5 мм; резьба — однозаходная; шаг резьбы 30 мм; направление спирали — правое; угол у вершины резьбы 30°; форма вершины резьбы — заостренная; длина 1,5 и 1,8 м. Установка армировочных винтов в кровле производится перпендикулярно к наслоению, но винты, расположенные у стенок выработки, следует устанавливать с наклоном в сторону массива. При создании несущей породной балки необходимо учитывать, что ее опорами являются боковые стенки горной выработки, слабые породы которых следует так же упрочнять. Величина внедрения резьбы винта в стенки шахты равная $2 \pm 0,3$ мм, гарантирует надежное укрепление встречающихся в практике пород. Увеличение ее значения ограничивается допустимым крутящим моментом, а его уменьшение — снижением надежности сохранения монолитности горного массива [33].

Упрочнение породной толщи кровли горных выработок армировочными винтами проводилось на шахтах Печорского бассейна, Кузбасса и Эстонии. Винты применялись как самостоятельно, так и в комбинации с поддерживающей крепью.

Одним из рациональных решений существенного улучшения процессов крепления и поддержания выработок является применение крепей из набрызгбетона в сочетании с анкерами, металлической сеткой, рамами и другими усиливающими элементами. Такая крепь в угольной промышленности только начинает внедряться.

Широкое распространение набрызгбетонные крепи получили в горнодобывающей промышленности и тоннелестроении. Так на рудниках Урала и Казахстана этим способом закреплено свыше 56 % протяженности всех горных выработок, а в гидротехническом строительстве 1 млн. м² площади подземных сооружений. Большой опыт применения облегченных обделок из набрызгбетона накоплен в Минэнерго СССР, где практически все тоннели независимо от срока их службы и назначения в грунтах с пределом прочности при сжатии свыше 40 МПа закреплены анкерами и набрызгбетоном [19]. Делаются попытки применения этого вида крепи при сооружении тоннелей и метро в слабостойчивых породах. Опыт показывает, что и в таких условиях ее использование вполне возможно и эффективно.

Большое распространение набрызгбетонная крепь получила за рубежом при строительстве тоннелей и горных выработок. Например, в Австрии набрызгбетон используется для крепления горных выработок не только в устойчивых породах, но и в зонах геологических нарушений для предупреждения вывалов и отслоений, не прибегая к установке подхватов. Проходка в этом случае осуществляется короткими заходками с нанесением слоя набрызгбетона сразу же вслед за подвиганием забоя.

Широко используется этот метод за рубежом и в угольных шахтах, причем область его применения распространяется практически на выработки любых размеров поперечного сечения (даже более 40 м²). Имеется опыт крепления набрызгбетоном в сочетании с анкерами и сеткой расщелин околоствольных дворов.

Большой практический интерес представляет крепление набрызгбетоном грузовой ветви околоствольного двора площадью сечения в свету 48 м² гор. 960 м на одной из шахт Рурского бассейна. Здесь набрызгбетоном были закреплены обгонная ветвь, водосборник и другие выработки, находящиеся в непосредственной близости от ствола. Всего на шахте было закреплено 2500 м² площадей выработок околоствольного двора. В процессе эксплуатации возведенная крепь работает удовлетворительно на всех участках (даже в грузовой ветви, при проведении которой приходилось возводить временную крепь из-за постоянных обрушений пород кровли).

На каменноугольных шахтах Великобритании набрызгбетоном крепят выработки, пройденные в зоне влияния очистных работ. Усиливающими элементами в этом случае служат анкера и металлическая сетка. При ухудшении горно-геологических условий перед нанесением набрызгбетона выработку крепят легкими металлическими арками.

Создание конструкций крепи набрызгом бетона предусматривает нанесение слоя бетонной смеси на поверхность выработки посредством направленного потока воздуха. Бетонная смесь, наносимая со значительным скоростным напором (скорость вылета струи из сопла достигает 60—80 м/с), образует материал с прочностными показателями и сцеплением с породой большими, чем обычный опалубочный бетон.

Процесс образования набрызгбетона заключается в следующем. Вначале к поверхности выработки прилипают легкие цементные частицы, смоченные водой, и образуют тонкую пленку. В этой пленке задерживаются мелкие частицы песка, а затем при возрастании толщины покрытия крупные фракции заполнителя. При нанесении смеси под напором частицы цемента с мелкими фракциями песка забиваются в пустоты и трещины породной поверхности, восстанавливая нарушенный приконтурный слой пород.

Вследствие этого в систему сил, противодействующих смещению массива, включается дополнительная конструкция — восстановленная породная оболочка, которая вместе с набрызгбетонным покрытием образует конструкцию с высокой грузонесущей способностью. Благодаря высокому сцеплению набрызгбетона с породой исключается проскальзывание крепи по контуру выработки, что резко снижает изгибающие моменты, повышая несущую способность конструкции. Набрызгбетон обладает способностью быстро и надежно закреплять всю поверхность вы-

работки, что отличает эту крепь от металлической, поддерживающей кровлю и бока выработки только в отдельных точках контура. Набрызгбетонное покрытие, нанесенное даже тонким слоем, надежно предохраняет горные породы от разрушения внешними агентами, в результате чего породы сохраняют свои свойства неизменными на длительный срок.

Движение сухой набрызгбетонной смеси по трубам под высоким напором воздуха повышает дисперсность цемента, увеличивает число гидратирующих зерен. Это способствует повышению прочности набрызгбетона. Кроме того, возрастает плотность покрытия за счет трамбования материала под действием вылетающей из сопла струи.

Более высокая механическая прочность набрызгбетона позволяет в 2 раза уменьшить толщину крепи (по сравнению с толщиной, возводимой с помощью опалубки). Это, в свою очередь, снижает жесткость конструкции, а следовательно, повышает боеспособность крепи из-за лучшего использования упругости отпора пород, на 30—50 % сокращает стоимость крепи и на 10—35 % уменьшает площадь сечения выработки в проходке.

Применение набрызгбетона возможно и в изменяющихся условиях проходки путем варьирования толщины покрытия, механической прочности и применения усиливающих элементов (анкеров, арматурной сетки, металлических арок). При этом повышается безопасность эксплуатации выработки, так как деформации набрызгбетонной крепи в виде трещин заранее предупреждают об опасности, а высокая адгезия с породой удерживает нарушенную бетонную оболочку и куски отделившейся породы от вывалов. Ремонт, восстановление и усиление крепи всегда просто производятся повторным набрызгбетоном, а при необходимости ее несложно усилить анкерами с последующим набрызгом бетона.

Набрызгбетонной крепи присущ и ряд недостатков. При набрызге бетона 10—25 % компонентов смеси теряется в результате отскока в зависимости от гранулометрического состава заполнителей, технологического режима набрызга и эффективности внесения различных добавок. При оптимальном сочетании упомянутых факторов потери при отскоке составляют не более 10 %. Использование шлакосиликатных бетонов показало, что потери материала при отскоке не превышают 10 %, а толщина слоя, наносимого за один прием, может быть доведена до 20 см. Использование исходной сухой смеси обуславливает большую пыленность рудничной атмосферы (до 100—200 мг/м³), что требует применения средств индивидуальной защиты людей, находящихся в забое при набрызгбетонировании. Вместе с тем исследования показывают возможность снижения уровня пыленности до 15—25 мг/м³. Технология крепления не обеспечивает получения гладкой поверхности выработки и ее строгих очертаний, в результате чего увеличивается аэродинамическое сопротивление и ухудшается эстетический вид выработки.

В практике подземного строительства широко используется несколько видов крепи из набрызгбетона, применяющихся как в самостоятельном виде, так и в комбинации с другими крепями (анкерной, рамной, двухслойной и др.) или с последующим упрочнением вмещающих пород.

В угольной промышленности набрызгбетон применялся на шахтах Дальнего Востока, в Донбассе и Карагандинском бассейне. Так, Криворожским филиалом ВНИИОМШСа совместно с комбинатом «Днепрошахтострой» при проведении конвейерного квершлага гор. 210 м шахты «Западно-Донбасская» № 3 по породам с пределом прочности при сжатии 50—60 МПа были проведены испытания набрызгбетонной крепи толщиной 80—100 мм, примененной взамен монолитной бетонной толщиной 200—300 мм. Состояние набрызгбетонной крепи через год эксплуатации квершлага оставалось удовлетворительным, видимых нарушений и деформаций крепи не замечено.

Набрызгбетонная крепь применяется в горных выработках и в качестве временной. Применение ее в качестве временной крепи при проведении капитальных выработок позволяет отделить в пространстве процесс возведения постоянной крепи от прочих процессов. Это обеспечивает благоприятные предпосылки для механизации возведения крепи и проведения выработок с большей скоростью. Кроме того, нанесение набрызгбетона сразу после выемки породы улучшает условия работы постоянной крепи и создает возможность для применения ее облегченных конструкций.

Опытно-промышленная проверка такой технологии сооружения выработок, осуществленная на шахтах им. газеты «Социалистический Донбасс» ПО «Донецкуголь», «Комсомольская» ПО «Антрацит», показала ее высокую технологичность и эффективность.

При проведении выработок на шахте им. 50-летия Октября ПО «Гуковуголь» набрызгбетонная крепь в качестве временной применялась в зонах тектонических нарушений. При этом набрызгбетонное покрытие толщиной 4 см наносили сразу после взрывных работ вплотную к забою выработки. Затем под его защитой убирала порода и возводили постоянную крепь. За весь период испытаний обрушений пород не наблюдалось.

Шахтные испытания выявили значительную экономическую эффективность набрызгбетонной крепи по сравнению с другими. В табл. 5 приведены технико-экономические показатели возведения различных видов крепи для выработки площадью сечения 12 м², из которых видно, что как по стоимости, так и по трудозатратам и расходу материальных ресурсов набрызгбетонная крепь имеет явные преимущества [20].

В целом крепи с использованием набрызгбетона по сравнению с металлической, металлобетонной и другими обеспечивают экономию металла 300—600 т на 1 км выработки, денежных

Таблица 5

Тип крепи	Стоимость возведения крепи, р. — к.	Трудозатраты, чел.-смен	Расход крепежных материалов	
			Бетон (раствор), м ³	Сталь
Монолитная бетонная	129—87	2,79	3,10	
Металлобетонная (арки из СВП в бетоне), две рамы на 1 м	257—35	4,76	2,96	0,68
АКП — с тампонажем закрепного пространства, одна рама на 1 м	204—03	2,59	3,56	0,32
Набрызгбетон толщиной 50 мм и анкера-инъекторы с подхватями	102—45	1,3	0,55	0,10
Набрызгбетон толщиной 100 мм, анкера-инъекторы и металлическая сетка	124—07	1,55	1,10	0,13
То же и инъекционное упрочнение пород	138—60	1,69	1,80	0,13

средств 40—70 тыс. руб. (по прямым затратам), 2,3—3,5 тыс. чел.-смен.

Как показали обследования горных выработок и опыт проведения в СССР и за рубежом, набрызгбетонная крепь в сочетании с усиливающими элементами может заменить традиционные крепи в широком диапазоне горно-геологических условий.

В последние годы ведутся работы по разработке технологии применения дисперсно-армированного набрызгбетона в горных выработках. При этом в качестве дисперсной арматуры (фибры) в большинстве случаев используют стальные волокна различной формы и размеров. Крепь из сталефибробетона все чаще используется в международном метротоннелестроении.

Стальная фибра изготавливается диаметром 0,01—0,8 мм длиной 20—65 мм путем рубки проволоки, резки стального листа, механической обработки стальных заготовок, распыления жидкого металла при соприкосновении с быстровращающимся колесом и т. д.

По сравнению с обычным бетоном сталефибробетон обладает повышенной физико-механической характеристикой: прочность на изгиб увеличена в 2—3 раза, на сжатие — в 1,5, ударная — в 3 раза. Однако при использовании стальных фибры место повышенный износ механизмов и материальных средств а также возникает опасность травмирования рабочих в результате отскока фибры. Кроме того, стоимость их достаточно высока и расход составляет 80—100 кг/м³ бетона.

В Криворожском филиале ВНИИОМШСа проведены исследования по разработке новых эффективных составов и технологии возведения дисперсно-армированного бетона и предложен новый вид фибры на основе отходов кордной нити, образующихся при изготовлении автомобильных шин. Кордная нить состоит из полиамидных волокон диаметром 0,018 мм, сплетенных в виде каната. Число волокон в сечении кордной нити диаметром 0,7—0,75 мм составляет 1500 шт.

Результаты испытаний образцов из обычного и дисперсно-армированного набрызгбетона показали, что прочность последнего на изгиб увеличивается в 2 раза, прочность на сжатие — на 15—20 % [25].

Использование дисперсно-армированного бетона на основе отходов кордной нити, таким образом, позволит исключить из конструкции комбинированной облегченной крепи металлическую сетку, устанавливаемую вручную, а в перспективе заменить такие трудоемкие и дорогостоящие крепи, как железобетонная и металлобетонная, повысить уровень механизации возведения крепи и увеличить скорость сооружения горных выработок.

1.6. ОСОБЕННОСТИ ВЕДЕНИЯ БУРОВЗРЫВНЫХ РАБОТ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ ВЫРАБОТОК В УГОЛЬНЫХ ШАХТАХ

В шахтном строительстве буровзрывным способом производится около 80 % всего объема горных выработок, и в ближайшей перспективе он будет также преобладающим.

Высокая эффективность буровзрывных работ зависит от следующих показателей:

коэффициента использования шпуров (не менее 0,85—0,90); качества оконтуривания выработки, т. е. получения фактического сечения выработки, близкого к проектному (коэффициент перебора породы не более 1,1), с ровными стенками и минимальным нарушением законтурного массива (нарушение не более 0,1—0,2 м);

степени дробления породы (обеспечивающей высокую производительность погрузочных машин и транспортных средств); развала основной массы породы вдоль выработки (не более 15 м).

В условиях газовых шахт обычно применяют прямые (призматические) врубы. Выполнение клиновых врубов при применении бурильных установок затруднительно, так как связано с дополнительными манипуляциями бурильными машинами и практически возможно лишь при поперечных площадях сечений выработок свыше 16—18 м². Число серий взрывания в этих условиях ограничено (3—4 серии). Все это вместе с ограниченной мощностью применяемых ВВ приводит к тому, что в условиях газовых шахт не выполняются практически все показатели

Таблица 6

ВВ	Предел прочности пород при сжатии, МПа	Рациональная глубина шпуров (м) в выработках площадью сечения в проходке, м ²					
		7	10	15	20	25	
Аммонит АП-5ЖВ	30	2,3	2,6	2,8	3,0		
	60	1,9	2,1	2,3	2,4	3,2	
	90	1,6	1,8	1,9	2,1	2,2	
	140	1,4	1,5	1,7	1,8	1,9	
Аммонит ПЖВ-20 (Т-19)	30	2,2	2,5	2,7	2,9		
	60	1,8	2,0	2,2	2,3	3,1	
	90	1,5	1,7	1,9	2,0	2,1	
	140	1,3	1,5	1,6	1,7	1,8	
Угленит Э-6	30	2,0	2,2	2,4	2,6		
	60	1,6	1,8	2,0	2,1	2,2	
	90	1,4	1,5	1,7	1,8	1,9	

эффективности буровзрывных работ. Глубина шпуров при применении призматических врубов и снижении мощности ВВ, числа серий взрывания также ограничена; при ее увеличении эффект взрыва не повышается. Коэффициент использования шпуров обычно составляет 0,80—0,85 и лишь за счет регулирования (уменьшения) глубины шпуров с увеличением прочности пород может достигнуть 0,9—0,95. Таким образом, техническая возможность бурильных машин по длине шпура в этих условиях не реализуется, так как любое увеличение длины шпура в крепких породах приводит лишь к уменьшению КИШ. Рациональная глубина шпуров в этих условиях принимается в соответствии с табл. 6.

Тип вруба должен приниматься с учетом передового опыта достижений научных исследований и опытных взрываний.

При проведении горных выработок в породах с пределом прочности пород при сжатии 100 МПа в угольных шахтах, опасных по газу или пыли, основными следует считать прямые (призматические) врубы, обеспечивающие наибольшую безопасность взрывных работ и удовлетворительное качество взрывов. В этих же условиях допускается применение наклонных врубов, параметры которых должны приниматься в соответствии с требованиями ЕПБ.

При производстве взрывных работ в условиях, где параметры вруба не регламентируются ЕПБ, в породах прочности при сжатии свыше 90 МПа, кроме перечисленных выше, рекомендуется применять также комбинированные врубы и врубы со скважинами.

Таблица 7

Врубы	Условия проведения взрывных работ при прочности пород при сжатии, МПа	
	<100	>100
Прямые (призматические) Сложные прямые (ярусные, шагающие, спиральные и др.)	+ / + - / -	+ / - - / +
Клиновые Двойные клиновые Комбинированные Врубы со скважиной	+ / + - / + - / - - / -	+ / - + / + - / + + / +

Примечание. В числителе — при взрывоопасной атмосфере, в знаменателе — при невзрывоопасной атмосфере; + — рекомендуемые типы врубов, — — не рекомендуемые.

В табл. 7 приведены рекомендуемые типы врубов в зависимости от горно-геологических условий проведения выработок. Разброс породы в результате взрыва составляет до 30—40 м, что ведет к нарушению крепи и необходимости ее восстановления. Отсутствует гарантия от появления негабаритов, что приводит к дополнительным затратам ручного труда на их дробление.

Установлено, что применение предохранительных ВВ для проведения горных выработок, увеличение числа шпуров, уменьшение глубины их бурения и снижение КИШ приводит к ухудшению технико-экономических показателей работы шахт. На 12—19 % возрастает общая трудоемкость проходческих работ, на 11—14 % увеличиваются затраты на проведение, значительно снижается скорость проведения выработок [3].

Совершенствование буровзрывного способа в условиях газовых шахт идет по линии создания дополнительных обнаженных поверхностей за счет свободных скважин в породном массиве, создания и испытания специальных врубов, но возможности их в условиях ограничений, налагаемых Правилами безопасности, ограничены. Кроме того, решение вопроса увеличения заходки должно идти по пути совершенствования технической оснастки взрывных работ, а именно: увеличения интервала при короткозамедленном взрывании до 25 мс с пропуском серий между врубовыми и отбойными шпурами; общей продолжительности взрыва до 300 мс в породных забоях и 200 мс в смешанных забоях; увеличения ступеней замедления до десяти.

Вместе с тем для повышения эффективности взрывных работ при использовании маломощных предохранительных ВВ необходимо увеличивать диаметр шпуровых зарядов с одновременным снижением удельной энергии ВВ. Опытные взрывания

86 Таблица 8

Глубина шпура, м		Отставание постоянной крени от забоя, м													
		0,5		1,0		2,5		3,0		3,0					
		30-40	50-70	80-100	30-40	50-70	80-100	30-40	50-70	80-100	30-40	50-70	80-100		
Параметры положения оконтуривающих шпуров		Прочность пород $\sigma_{сж}$, МПа													
1,5	λ , м	0,18	0,15	0,17	0,14	0,09	0,13	0,11	0,07	0,07	0,07	0,06	0,05	0,05	0,05
	D , м	0,08	0,14	0,15	0,07	0,11	0,12	0,06	0,09	0,09	0,09	0,05	0,07	0,07	0,07
	α , градус	0,8	10,9	12,0	8,0	7,6	9,5	6,5	6,1	6,1	6,1	4,2	4,5	4,5	4,6
2,0	λ , м	0,20	0,20	0,19	0,16	0,14	0,14	0,12	0,08	0,08	0,08	0,07	0,06	0,05	0,05
	D , м	0,10	0,15	0,18	0,09	0,14	0,15	0,08	0,11	0,12	0,12	0,07	0,09	0,10	0,10
	α , градус	8,5	9,9	10,7	7,1	8,0	8,3	5,7	5,4	5,7	5,7	4,0	4,3	4,3	4,3
2,5	λ , м	0,20	0,20	0,20	0,17	0,16	0,15	0,15	0,10	0,10	0,10	0,09	0,06	0,04	0,04
	D , м	0,12	0,18	0,21	0,11	0,16	0,18	0,09	0,13	0,14	0,14	0,08	0,12	0,12	0,14
	α , градус	7,3	8,6	9,3	6,4	7,3	7,5	5,5	5,3	5,5	5,5	3,9	4,1	4,1	4,1
3,0	λ , м	0,23	0,22	0,21	0,17	0,17	0,15	0,15	0,11	0,11	0,09	0,09	0,07	0,07	0,08
	D , м	0,13	0,20	0,23	0,13	0,18	0,21	0,11	0,15	0,17	0,17	0,10	0,13	0,13	0,13
	α , градус	6,3	8,0	8,3	5,7	6,7	6,8	5,0	5,0	5,0	5,0	3,6	3,8	3,8	4,0

Таблица 9

Тип буряльных механизмов	Расстояние от шарнира бурильной машины до забоя L_6 , м	Превышение зоны параллельного бурения H , м	Угол наклона оконтуривающих шпуров α , градус	Расстояние устьев оконтуривающих шпуров от контура выработки λ , м	Величина выхода концов шпуров за контур выработок D , м
БУ-1	2,7	0,5 1,0 1,5	7,8 14,3 20,2	0,13 0,31 0,51	0,14 0,20 0,23
БУР-2, СБУ-2	2,9	0,5 1,0 1,5	7,4 13,7 19,4	0,12 0,29 0,48	0,14 0,19 0,22
Перфораторы на пневмоподдержках		0,5 1,0 1,5	7,5 13,8 19,6	0,12 0,30 0,49	0,14 0,19 0,22
Электросверла типа СЭК-1 на манипуляторе МН-2	1,7	0,5 1,0 1,5	10,2 18,2 25,2	0,19 0,44 0,70	0,17 0,22 0,24
Электросверла типа ЭБГП-1 на манипуляторе МН-2	2,8	0,5 1,0 1,5	7,6 14,0 19,8	0,13 0,30 0,44	0,14 0,19 0,28

Число оконтуривающих шпуров вдоль активного периметра

$$N_k = P_k / (a_p + 1),$$

где P_k — длина линии расположения оконтуривающих шпуров, м.

Фактическое расстояние между оконтуривающими шпурами

$$a = P_k / (N_k - 1).$$

Уточненная величина a приведена ниже.

Предел прочности горных пород $\sigma_{сж}$, МПа	20—40	50—70	≥ 80
Рекомендуемые интервалы расстояний между оконтуривающими шпурами, м	0,6—0,7	0,5—0,6	0,4—0,55

Таблица 10

Тип бурового механизма	Расстояние от шарнира буровой машины до забоя L_p , м	Размеры зоны параллельного бурения шпуров, м		Предельные размеры выработок при оконтуривании наклонными шпурами, м					
		Ширина	Высота	Предел прочности пород $\sigma_{сж}$, МПа					
				50—70		80—120		>120	
Ширина	Высота	Ширина	Высота	Ширина	Высота	Ширина	Высота		
БУ-1	2,7	4,91	3,70	5,53	4,32	5,34	4,13	5,61	4,4
БУР-2, СБУ-2	2,9	6,46	3,90	6,11	4,55	5,92	4,31	6,19	4,6
Перфораторы на пневмоподдержках	2,8	—	1,65	—	2,53	—	2,21	—	2,4
Электросверла типа СЭК-1 на манипуляторе МН-2	1,7	3,5	2,65	4,12	3,27	3,88	3,03	4,06	3,2
Электросверла типа ЭБПП-1 на манипуляторе МН-2	2,8	3,8	2,65	4,37	3,52	4,06	3,21	4,33	3,4

Длина линии расположения оконтуривающих шпуров определяется графическим или аналитическим путем по известным соотношениям с учетом принятой величины отстояния устья оконтуривающих шпуров от проектного контура.

Число оконтуривающих шпуров, в которых помещаются заряды ослабленного действия, равно

$$N'_k = N_k - 2.$$

Тип ВВ, конструкция и масса заряда в оконтуривающих шпурах принимаются в соответствии с данными табл. 11.

Масса заряда в оконтуривающих шпурах

$$q'_{ок} = l_{ш} q_l,$$

где q_l — масса зарядов на 1 м длины оконтуривающих шпуров, кг.

Таблица 11

ВВ	Диаметр патрона, мм	Масса заряда (кг) на 1 м длины оконтуривающего шпура q_l при прочности пород $\sigma_{сж}$, МПа		
		50—70	80—110	>110
Угленит Э-6	36	0,35—0,40	0,40—0,60	0,60—0,80
Аммонит ПЖВ-20 (Т-19)	28	0,28—0,33	0,33—0,50	0,50—0,66
Детонит М	24	0,18—0,20	0,20—0,28	0,28—0,36

Полученная масса заряда округляется до величины, кратной массе целого патрона ВВ.

Расход ВВ на цикл на оконтуривание активного периметра без учета нижних угловых зарядов составляет

$$Q_{ок} = q'_{ок} N_k.$$

Отстояние шпуров предконтурного ряда от оконтуривающих

$$W = a/m,$$

где W — линия наименьшего сопротивления шпуров контурного ряда, м; m — коэффициент сближения шпуров.

Для горизонтальных и наклонных выработок коэффициент сближения шпуров следует принимать в пределах 0,8—1,0 (большее значение принимается при взрывании в крепких породах).

Коэффициент зажима породы

$$V = \frac{10^3 \sqrt{I_{ш}}}{\sqrt{S - S_{ок}}},$$

где S — площадь забоя, м², $S_{ок}$ — часть площади забоя, отбиваемой оконтуривающими шпурами, м².

Площадь, отбиваемая оконтуривающими шпурами по активному периметру выработки, может быть определена по формуле

$$S_{ок} = W (P_k - \nu W),$$

где ν — коэффициент формы поперечного сечения выработки (для горизонтальных и наклонных выработок $\nu = 1,8 \div 2,0$).

Число шпуров во внутренней части забоя при контурном взрывании

$$N_{вн} = \frac{12,7 q_{вн} (S - S_{ок})}{\gamma \Delta d^2 k},$$

где $q_{вн}$ — удельный расход ВВ для дробления внутренней части забоя, кг/м³; γ — коэффициент заряжения шпуров; Δ — плотность ВВ в патронах, г/см³; d — диаметр патронов ВВ, см; k — коэффициент, учитывающий уплотнение ВВ в шпуре.

1.7. ОСОБЕННОСТИ ПРОВЕТРИВАНИЯ ПРОТЯЖЕННЫХ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК

При проведении выработок малых сечений и протяженности их проветривание обычно не представляет особой трудности. Для этой цели применяются вентиляторы местного проветривания (ВМП), вентиляционные трубы и продольные перегородки. Способ проветривания — нагнетательный.

Опыт проведения протяженных выработок на шахтах «Распадская» ПО «Южкузбассуголь», им. Кирова, «Октябрьская» ПО «Ленинскуголь» и других показал, что значительные трудности возникают с проветриванием тупиковых забоев выработок большого сечения протяженностью свыше 500—600 м.

Таблица 12

Тип вентилятора	Диаметр рабочего колеса, мм	Номинальная подача, м³/с	Номинальное давление, даПа	Мощность электродвигателя, кВт	Масса, кг	Частота вращения, об/мин	Основные размеры, мм		
							Длина	Ширина	Высота
СВМ-6	600	5,0	195	14	265	2950	630	700	770
ВМ-4 (ВМ-4М)	400	1,9	130	4	107	3000	800	545	650
ВМ-5 (ВМ-5М)	500	3,15	190	13	260	3000	1000	650	825
ВМ-6 (ВМ-6М)	600	5,5	250	24	415	3000	1300	750	925
ВМ-12	1200	20,0	250	110	2530	1500	2550	1325	1720
ВКМ-200А	212	0,6	1079	—	10	6100	210	340	310
ВМП-4	400	1,4	140	—	50	5300	300	550	560
ВМП-5	500	3,0	150	—	170	3870	550	750	775
ВМП-6	600	5,2	200	—	270	3550	875	850	875
ВМЦ-6	730	5,8	580	55	1080	3000	1600	1360	1800
ВМЦ-8	750	6,7	530	75	1600	3000	1560	1250	1600
ВМЦГ-7	770	7,0	660	132	2600	3000	2750	2730	1800

Основной проблемой при этом является подача в забой достаточного количества воздуха, обеспечивающего в выработке требуемую по Правилам безопасности скорость его движения с целью эффективной вентиляции не только призабойной ее зоны, но и всей выработки в целом. В свою очередь, эта проблема распадается на две частные: обеспечение подачи в забой достаточного количества воздуха с энергетической точки зрения (создание необходимых средств тяги) и обеспечение необходимой герметизации воздухопроводов.

Первая проблема решается за счет создания высоконапорных с большой подачей воздуха вентиляторов местного проветривания, вторая — трубопроводов с большей воздухопроницаемостью.

Исходя из условий проветривания выработок, трудоемкости доставки материалов, обеспечения забоя сжатым воздухом и водой, протяженными принято считать выработки, имеющие длину свыше 600—700 м.

Установка ВМП для проветривания выработки может включать в себя один или несколько вентиляторов одного типоразмера. Анализ вентиляционной возможности каскада из четырех вентиляторов, соединенных параллельно-последовательно по два, показывает, что такая комбинация в 1,7 раза менее эффективна, чем при проветривании выработки двумя установками ВМП, каждая из которых состоит из одного вентилятора того же типоразмера, става труб того же диаметра и подает к забою половину расчетного расхода воздуха, поэтому применение такой установки во всех случаях более целесообразно [50].

В табл. 12 приведены характеристики современных ВМП.

Для проветривания выработок небольшого сечения они имеют вполне достаточные подачу и давление. Так, одиночный вентилятор типа ВМЦ-8 позволяет проветривать выработку с $S_{св} = 10 \text{ м}^2$ при длине до 1600—1800 м.

Однако с увеличением размеров поперечного сечения и протяженности выработок бывает зачастую недостаточно и двух параллельно работающих на самостоятельный трубопровод вентиляторов.

На рис. 3 показана зависимость максимально возможной протяженности проветриваемой двумя вентиляторами выработки от площади поперечного сечения выработки в свету. Из рис. 3 видно, что при $S_{св} = 20 \text{ м}^2$ максимальная протяженность проветриваемой двумя вентиляторами ВМЦ-8 выработки составляет 1600 м. Для увеличения этого расстояния необходимо предусматривать специальные мероприятия: уменьшение сопротивления трубопровода, повышение его герметичности или уменьшение длины тупиковой выработки за счет проветривания ее комбинированным способом.

Для повышения герметичности вентиляционных трубопроводов в 1984 г. были проведены испытания опытной партии гибких шахтных вентиляционных труб со сварными швами взамен

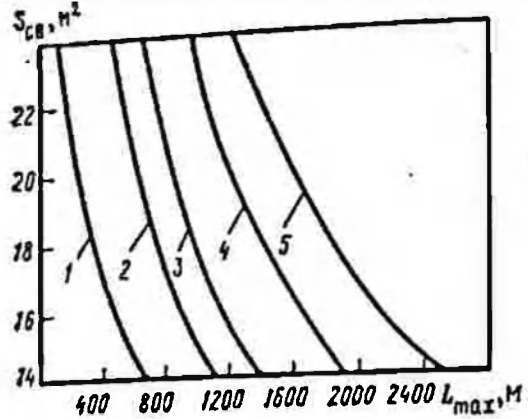


Рис. 3. Зависимость площади поперечного сечения в свету от максимальной длины выработки, проветриваемой двумя параллельно работающими на самостоятельные трубопроводы вентиляторами:
1 — ВМ-4; 2 — ВМ-5; 3 — ВМ-6; 4 — ВМЦ-8 ($d_{т.р.} = 0,8$ м); 5 — ВМЦ-8 ($d_{т.р.} = 1$ м)

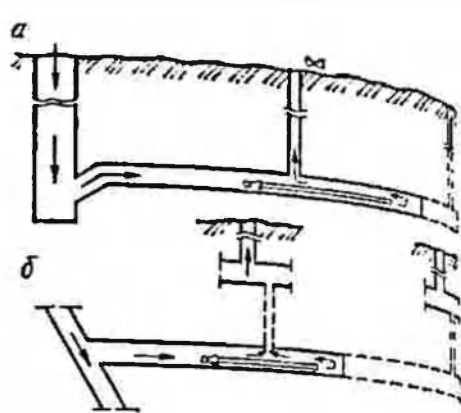


Рис. 4. Схема проветривания через скважины, пробуренные с поверхности (а) и с верхнего горизонта (б)

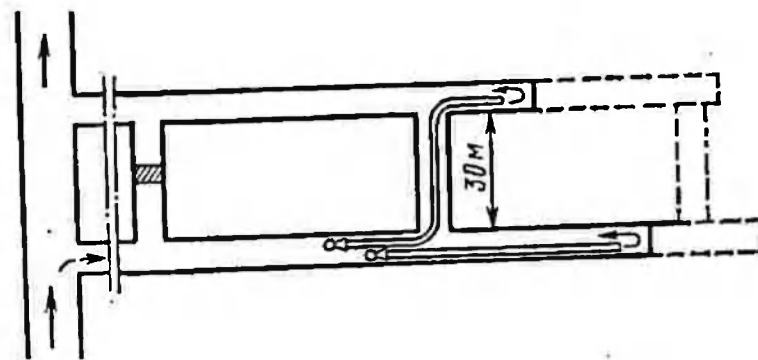


Рис. 5. Схема проветривания с помощью параллельных выработок

строчных, которые применяются в настоящее время [29]. Испытания показали, что прочность сварных труб в 3—4 раза выше строчных, потери воздуха через сварной шов в 500—750 раз меньше, чем через строчный. При качественном соединении звеньев труб утечки воздуха в трубопроводе сокращаются примерно на 50%. Изготовитель — Тульский завод резинотехнических изделий.

В случае невозможности обеспечения нормального проветривания протяженной тупиковой выработки большого сечения с помощью ВМП длину тупиковой части следует уменьшать за счет применения трех основных схем проветривания.

1. Проветривание осуществляется с помощью скважин, пробуренных с поверхности или с вышележащего горизонта.

Сущность схемы заключается в том, что сооружаемая выработка соединяется с поверхностью или вышележащим горизонтом с помощью скважины, на которой устанавливается вентилятор, создающий сквозное движение воздуха в выработке (рис. 4). По мере увеличения длины выработки бурят новые скважины, а старые изолируют.

Так, при строительстве шахты «Южно-Донбасская» № 3 для вывода исходящей струи воздуха вблизи вентиляционного ствола № 1 была пробурена скважина диаметром 2,3 м, глубиной 824 м, что обеспечило скоростное проведение выработок со стороны этого ствола.

Вместо скважин можно использовать готовые шурфы или стволы, предназначенные для транспорта.

Такую схему следует применять тогда, когда воздуха, подводящего к всасу вентилятора или нескольких вентиляторов, установленных на свежей струе, недостаточно для проветривания

забоя. В остальных случаях целесообразность его применения обосновывается экономически.

2. Вентиляция осуществляется с помощью параллельных выработок.

При этой схеме параллельно основной выработке проводится вспомогательная выработка одинакового или меньшего сечения, по которой удаляется исходящая из забоя струя (рис. 5). Сбойки, соединяющие обе выработки, по мере проведения последних перекрываются глухими перемычками, за исключением ближайшей к забоям. Расстояние между сбойками увеличивается для уменьшения их числа и снижения утечек воздуха через перемычки, установленные в них, но должно быть не больше максимально возможной длины выработки по условиям проветривания.

Для подачи воздуха в одну из параллельных выработок в выработке со сквозной струей сооружается либо глухая перемычка, либо перемычка с окном.

Так как проведение параллельной выработки по породе обходится очень дорого, 2-я схема применяется в том случае, когда проведение парных выработок обусловлено схемой вскрытия и подготовки шахтного поля по условиям вентиляции и транспорта при эксплуатации шахты, а также по другим техническим причинам.

3. Проветривание осуществляется при помощи рассредоточенных по длине выработки вентиляторов, расположенных в воздухозаборных камерах.

При проветривании протяженных выработок с использованием воздухозаборных камер, размещенных у ствола или вдоль выработки, в каждой из них должен быть установлен вентилятор местного проветривания, который нагнетает воздух в последующую камеру или непосредственно в тупиковый забой. При этом число таких камер зависит от длины выработки и потребности в воздухе для ее проветривания (рис. 6).

Чтобы избежать рециркуляции воздуха, камеры должны быть тщательно изолированы от выработки, в которой они располо-

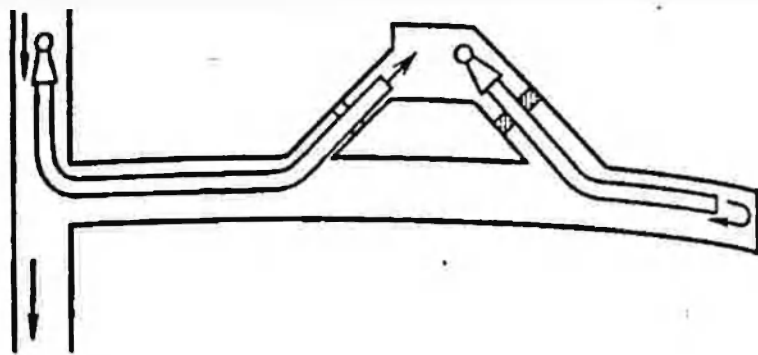


Рис. 6. Схема проветривания с помощью воздухозаборной камеры

жены. Суммарная производительность вентиляторов, установленных в камере, не должна превышать 70 % количества воздуха, поступающего к их всасам. Расход воздуха должен обеспечивать минимальную скорость его движения в выработке камере. Количество воздуха, поступающего к вентиляторам, содержание метана в камерах следует непрерывно контролировать с помощью аппаратуры АКВ-2П и стационарных автоматических приборов для измерений метана, которые отключают электрооборудование при уменьшении расчетного количества воздуха и концентрации метана свыше 0,5 % [37].

3-я схема широко применяется в настоящее время в рудной промышленности. В угольной промышленности применение воздухозаборных камер в период строительства шахт до обсадки стволов допускается с разрешения главного инженера комбината (треста) при проветривании околоствольных выработок. Этот метод испытывался ВостНИИ в условиях действующей шахты «Северная» в Кузбассе для проветривания протяженных выработок и показал свою эффективность. Недостаток 3-й схемы — потребность большого количества воздуха в выработке, в которой установлен вентилятор, подающий воздух в воздухозаборную камеру, поэтому схема особенно эффективна на установке основного вентилятора на поверхности.

1.8. ОБЪЕМЫ И ПОКАЗАТЕЛИ ПРОВЕДЕНИЯ ВЫРАБОТОК

По данным Минуглепрома СССР, в табл. 13 приведены объемы проведения всех капитальных горных выработок, в том числе квершлагов и полевых штреков.

Доля квершлагов и полевых штреков в общем объеме составляет 42,9 %, поэтому продолжительность вскрытия и подготовки горизонта в значительной степени определяется уровнем организации работ при проведении выработок данного вида. При проектировании горнопроходческого комплекса для проведения горизонтальных и наклонных выработок необходимо учитывать следующее:

Таблица 13

Наименование выработок	Объемы проведения выработок (км) по годам				
	1971	1975	1980	1985	1986
Все выработки	745,6	589,7	491,7	498,2	523,9
в том числе: квершлаг и полевые штреки	203,4	184,2	186,7	210,3	224,8
штреки с подрывкой породы	129,6	97,2	53,2	40,3	47,6
штреки по углю	6,8	12,6	6,5	8,3	6,3

обеспечение необходимой производительности подъемов для выдачи породы, спуска-подъема людей, материалов и оборудования;

максимальное использование для подготовки новых горизонтов вскрывающих выработок, предусмотренных проектной схемой вскрытия, и постоянных комплексов подъемов;

обеспечение надежного электроснабжения, водоотлива и проветривания.

Основным критерием уровня организации горно-капитальных работ является продолжительность вскрытия и подготовки горизонта, а определяющими — уровень концентрации горно-капитальных работ, скорость сооружения горных выработок и степень зависимости производства горно-капитальных работ от эксплуатационных работ шахты (для действующих шахт).

Рассмотрим организацию горно-капитальных работ на примере строительства шахты «Распадская».

Шахтное поле располагало 13 площадками развития и осуществления горно-капитальных работ, которые при наличии блочной схемы вскрытия позволяли значительно сократить сроки строительства. Тем не менее фактическая продолжительность вскрытия и подготовки шахтного поля составила 15 лет.

Своевременное развитие и осуществление горно-капитальных работ второго основного периода обеспечивается горными работами первого основного периода строительства. При строительстве шахты подготовка, сооружение и ввод в действие строительных площадок (вертикальных и наклонных стволов, наклонного квершлага, бремсбергов и уклонов) осуществлялись несвоевременно и в основном последовательно, поэтому окончание работ по сооружению выработок первого основного периода приходилось на предпоследний пусковой год, а если принять во

внимание площадки, привязанные к отдельным пластам угольных горных работ по сооружению брейсбергов производятся также в последнем, пусковом году строительства шахты.

Таким образом, сооружение выработок первого периода осуществлялось на протяжении всего периода строительства шахты. Это обстоятельство обусловило высокий уровень концентрации горных работ в предпусковые и пусковые годы, который 1,5–2,5 раза превзошел уровень концентрации в предшествующие годы. Так, при вскрытии и подготовке блока № 3 в 1976 г. число одновременно действующих забоев составляло 7, блок № 5 в 1977 г. — 9. Это позволило значительно ускорить в последние годы строительство шахты и увеличить скорость проведения вскрывающих выработок.

Всего за период строительства шахты объем проведения выработок скоростными темпами составил 23,5% от их общего объема, причем почти 50% скоростных проходок достигнуто при проведении квершлагов и полевых штреков.

Средние технические скорости проведения квершлагов и полевых штреков превысили нормативные, средняя же календарная скорость для всех выработок значительно ниже нормативной. Следовательно, успехи, достигнутые в отдельные периоды при проведении выработок скоростными темпами, в конечном итоге утрачивались по организационным причинам, обусловившим большую продолжительность вскрытия и подготовки шахтного поля. Особенно это относится к первой очереди строительства шахты, продолжавшейся 11 лет.

Скорость проведения одиночной выработки зависит от горно-геологических условий, формы и размеров ее поперечного сечения, набора проходческого оборудования, пригодного для этих условий, и числа проходчиков.

Форма и размеры сечений выработок существенно влияют на выбор организации и технологии их проведения. В свою очередь, выбор формы и размеров поперечного сечения горных выработок зависит от характера горного давления, срока службы и назначения выработки, материала крепи, требований о пропускной способности вентиляционной струи воздуха.

Из-за многообразия горно-геологических и производственных технических факторов, влияющих на выбор формы и размеров поперечных сечений выработки, диапазон последних очень велик. В настоящее время на шахтах угольной промышленности проводят выработки более 300 различных сечений, что усложняет создание и эффективное использование проходческого оборудования. В одном околоствольном дворе может быть до 50 и иногда и больше сечений. Так, на шахте «Распадская» выработки околоствольного двора гор. +70 м сооружены с использованием 45 типов сечений, что не давало возможности при проходке применить типовое оборудование и типовые технологические схемы. Таким образом, экономия в общих объемах

околоствольных дворов при проектировании приводит к значительному увеличению затрат при их сооружении.

В настоящее время в СССР и за рубежом имеется опыт сокращения типоразмеров сечений горных выработок околоствольных дворов, позволяющий уменьшить число технологических переходов от одного сечения к другому и отработать более стабильную технологию их сооружения.

Так, по предложениям КузНИИшахтостроя при проектировании околоствольных дворов шахт «Березовская», гор. —100 м, «Бунгурская», гор. +60 м, «Юбилейная», гор. —260 м (Кузбасс) и «Красный Октябрь», гор. 910 м, им. Румянцева, гор. 1090 м, им. Гаевого, гор. 975 м (Донбасс) предусмотрено 3–6 типоразмеров сечений, что позволит использовать для их крепления два основных типоразмера опалубки ОМП. Однако такие примеры пока единичны и не привели к заметным изменениям в проектировании околоствольных дворов и других капитальных выработок.

На выбор технологических схем и оборудования для проведения выработок оказывают наиболее существенное влияние крепость горных пород, площадь поперечного сечения выработки, ее протяженность. Так, например, более сложна, в том числе и по применяемому оборудованию, технология производства работ по проведению выработок круглой формы, особенно с возведением монолитной бетонной крепи.

Увеличение площади поперечного сечения выработок ведет к усложнению технологии ее проведения и предъявляет дополнительные требования к применяемому оборудованию.

Определенное влияние на скорость проведения выработки оказывает численность бригады проходчиков, поскольку до настоящего времени уровень ручного труда все еще велик. Очевидно, повышение интенсивности производства работ и возможность размещения в забое необходимого числа людей и оборудования имеют определенные пределы и целесообразны до тех пор, пока увеличение скорости не приведет к уменьшению производительности труда и увеличению стоимости проходки.

Необходимая скорость проходки выработки зависит от места, занимаемого ею в плане горных работ подготавливаемого горизонта. Если выработка находится на критическом пути, то скорость ее проведения является одним из основных факторов, влияющих на продолжительность строительства шахты или горизонта, и должна быть максимальной.

При расчете продолжительности критического пути, определяющего срок строительства шахты, принимаются минимальные нормативные темпы проходки горных выработок в соответствии со СНиПом с поправочными коэффициентами для специальных условий.

Анализ показывает, что минимальные нормативные темпы не обеспечивают нормативного срока строительства шахты, пре-

Таблица 14

Комбинат	Скорость проведения, м/мес	Производительность труда, м ³ /чел.-смену
«Кузбассшахтострой»	151	2,55
«Карагандашахтострой»	105	2,42
«Печоршахтострой»	132	3,41
«Днепрошахтострой»	192	3,11
«Донецкшахтострой»	100	1,3
«Ворошиловградшахтострой»	183	2,83

дусмотренного Нормами продолжительности строительства предприятий, зданий и сооружений в зависимости от производительной мощности шахты и рудника.

Передовыми коллективами шахтостроителей достигаются высокие технико-экономические показатели при сооружении всех выработок, в том числе полевых штреков и квершлагов. В табл. 14 приведены максимальные скорости и производительность труда проходчиков, достигнутые некоторыми шахтостроительными организациями в последние годы при проведении полевых штреков и квершлагов.

Опыт проведения капитальных и подготовительных горных выработок позволяет сделать вывод о возможности достижения высоких технико-экономических показателей проходки при использовании существующих горнопроходческой техники и технологий.

Однако в области сооружения подземных выработок за последние 10 лет наблюдается тенденция к снижению скорости их проведения. Показатели производительности труда проходчиков при этом остаются примерно на одном уровне (табл. 15).

Как видно из табл. 15, наиболее низкие показатели наблюдаются при проведении полевых штреков и квершлагов.

Снижение основных технико-экономических показателей при ведении выработок вызвано усложнением горно-геологических и горнотехнических условий и ухудшением организации труда и производства.

К основным горно-геологическим и горнотехническим факторам, отрицательно влияющим на показатели работы проходческих бригад, относятся: возрастание горного давления с увеличением глубины ведения горных работ, что вызывает необходимость применения усиленных крепей, повышение коэффициента крепости боковых пород, снижающее производительность бурильных машин; увеличение площади поперечного сечения выработок, повышающее общую трудоемкость проведения.

Таблица 15

Выработки	Показатели проведения выработок по годам							
	1970		1975		1930		1985	
	Скорость, м/мес	Производительность труда, м ³ /чел.-смену	Скорость, м/мес	Производительность труда, м ³ /чел.-смену	Скорость, м/мес	Производительность труда, м ³ /чел.-смену	Скорость, м/мес	Производительность труда, м ³ /чел.-смену
Квершлаг и полевые штреки	60,1	1,14	61,6	1,29	54,5	1,17	47,6	1,19
	48,7	—	41,6	1,50	53,1	1,21	40,5	1,19
Штреки с подрывкой породы	87,9	1,35	95,8	1,59	78,8	1,27	67,8	1,42
	65,0	—	71,8	1,60	55,0	1,34	51,0	1,34
Штреки по углям	121	—	119,4	—	61,9	0,94	78,9	0,99
	82,8	—	147,3	—	81,3	—	90,3	—

Примечание. В числителе даны показатели для подрядного способа, в знаменателе — для хозяйственного способа.

К основным организационным факторам, отрицательно влияющим на технико-экономические показатели, относятся: ухудшение материально-технического снабжения, недостаточно эффективное использование проходческого оборудования в течение смены, значительные потери времени внутри проходческого цикла, необеспеченность шахтостроительных организаций стабильным фронтом работ, недостатки экономического стимулирования проходческих бригад.

Не способствует совершенствованию горнопроходческих работ и повышению их эффективности и существующая система планирования плановых и оценочных показателей. Так, до настоящего времени показателем объема выполненных работ шахтостроительной организации является валовый объем строительных-монтажных работ по их сметной стоимости. От величины этого показателя зависит не только выполнение плана, но и категория шахтостроительной организации, а следовательно, численность и заработная плата инженерно-технических работников. Внедрение на горнопроходческих работах технологий, связанных с удешевлением сметной стоимости работ, ведет, таким образом, к увеличению их объема для выполнения плана или даже к уменьшению заработной платы вследствие перевода в более низкую категорию. А на строительстве шахт с обычной технологией добычи угля стоимость горных работ в общей сметной стоимости строительно-монтажных работ составляет 40—60%. Поэтому в настоящее время шахтостроительные организации практически заинтересованы в применении более дорогих технологий (например, с применением монолитного бетона и

железобетона), а не более дешевых. Это одна из причин то что в шахтном строительстве до настоящего времени не мнутся применять более дешевые и производительные проведения горных выработок с применением набрызгбетона

2. СРЕДСТВА БУРЕНИЯ

2.1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Существующие нормативы скоростей проведения капитальных горных выработок также не отвечают современным требованиям. Так, СНиП 3.02.03—84 имеет следующие основные недостатки:

технически и организационно не обоснован, т. е. не учитывает технику, технологию и передовую организацию труда;

не учитывает факторы, влияющие на скорость проведения выработок (крепость горных пород, форму и размеры поперечного сечения выработок, тип крепи), а для выработок площадью сечения свыше 20 м² вовсе отсутствует;

недостаточно полно отражает условия, усложняющие проведение выработок (в условиях, когда может быть принято несколько понижающих коэффициентов, принимается только один из них, наиболее соответствующий конкретным условиям).

Совершенствование труда и производства, планирование нормативной документации является важным резервом повышения эффективности горнопроходческих работ.

Таким образом, основными особенностями проведения горизонтальных горных выработок в настоящее время и в ближайшей перспективе являются:

значительная протяженность, превышающая в отдельных случаях 3 км;

непрерывное увеличение размеров поперечного сечения;

увеличение крепости пересекаемых горных пород;

низкие технико-экономические показатели сооружения.

Противодействовать этим негативным явлениям можно за счет внедрения достижений научно-технического прогресса поэтому возникает необходимость в анализе показателей существующей техники и технологии для проведения горизонтальных выработок с целью выявления возможностей повышения технико-экономических показателей горнопроходческих работ.

С учетом наибольшей трудоемкости строительства, технико-экономических показателей, тенденции к увеличению объема, протяженности и размеров поперечного сечения, рассмотрим возможности интенсификации горнопроходческих работ преимущественно на примере строительства полевых шурфов и квершлаггов.

Затраты времени на бурение шуров и экономические показатели проведения выработки в значительной степени зависят от применяемой техники.

До настоящего времени все еще значительный объем бурения осуществляется ручными бурильными машинами — электросверлами и перфораторами. В последние годы из пройденных буровзрывным способом более 2700 км выработок лишь 400 км проведено с применением механизированных бурильных установок и навесного оборудования. В комбинате «Кузбассшахтострой» объем проведения капитальных горных выработок с применением ручных и колонковых электросверл и легких перфораторов составляет около 1,5 %, в комбинате «Карагандашахтострой» — 34 %.

Главным недостатком бурения электросверлами и перфораторами является высокая трудоемкость бурения. Кроме того, их применение не обеспечивает точного бурения оконтуривающих шуров, ведет к нарушению законтурного массива и излишним переборам пород в кровле.

Более совершенным является бурение колонковыми электросверлами на манипуляторах, установленных на ковшовых погрузочных машинах. Существенным их недостатком являются значительные затраты времени на их монтаж и демонтаж. При скоростном проведении выработок они применения не находят.

Прогрессивным направлением в настоящее время является бурение шуров с помощью специальных бурильных установок.

Так, для условий Донбасса замена бурильных молотков бурильными установками дает экономию за счет более высокой производительности труда и сокращения вспомогательных и трудоемких операций около 700 чел.-смен на 1 км выработки.

2.2. БУРИЛЬНАЯ ТЕХНИКА

В табл. 16 и 17 приведены технические данные выпускаемых соответственно в СССР и за рубежом бурильных установок. Как видно из приведенных данных, отечественные бурильные установки работают в основном на пневмо- и электроэнергии, лишь установка БКГ-2 имеет гидроударную бурильную машину. Область применения основных отечественных бурильных установок ограничивается площадью сечения выработок в свету 6—22 м², машины 1СБУ-2К — до 30 м², а ЗБК-5Д — до 50 м². Однако последние машины применяют еще очень редко.

В последние годы на базе установок БУ-1М, БУР-2, СБУ-2М и СБУ-2К в результате их модернизации созданы установки 1БУ-1, 1БУР-2; 1СБУ-2, 1СБУ-2К. Эти установки имеют высокую степень унификации элементов конструкции и отличаются

Таблица 16

Показатели	БКГ-2	БУА-3С	БУЭ-1	БУЭ-1М										
					БУ-1	БУ-1М	БУР-2	СБКН-2М	1СБУ-2К	СБУ-2М	2УБН-2П	УБШ-532		
Размеры забоя, обрабатываемого с одной позиции, м:														
ширина	4,5	4,0	3,6	3,8										
высота	3,5	3,7	3,4	4,0										
Площадь сечения выработки в проходке, м ²	9—16	<15	6—11	8—12	5,0	5,2	5,8	4,0	6,2	5,88	4,0	8,5		
Предел прочности пород при одноосном сжатии, МПа	120—140	40—50	60—80	80—140	3,7	4,0	4,0	3,2	5,8	3,92	3,2	7,1		
Глубина бурения шпуров, м	2,8	2,5	2,7	2,7	8—12	6—20	12—20	6—12	20—30	12—20	7—14	20—50		
Число бурильных машин	2	1	1	1	1—120	100—140	80—140	80—160	80—140	80—140	80—160	120—160		
Вид энергии	Гидравлический и электрический				1	1	2	Пневматический						
Способ бурения	Вращательный и вращательно-ударный						Вращательно-ударный		Гусеничный		Пневмоколесный			
Тип механизма передвижения	Колесно-рельсовый				Колесно-рельсовый									
Масса, т	5,5	5,4	5,2	5,4	2,3	2,3	6,5	5,7	13,9—14,6	8,9	6,45	20		

лишь числом бурильных машин и ходовым устройством. (могут поставляться с длиной хода податчика 2,7 и 3,3 м, а также с навесным оборудованием или без него. Навесное оборудование состоит из люльки и вилочного захвата, которые навешиваются на передний конец направляющей рамы податчика и служат соответственно для подъема горнорабочих или веревков крепи. Применение навесного оборудования позволяет типично механизировать возведение крепи и облегчает зарядку верхних шпуров. Управление установкой осуществляется одним машинистом с пульта, расположенного перед его сиденьем.)

Наряду с вращательно-ударными головками типа БГА-11 в этих установках предусмотрено применение мощных перфораторов ПК-75.

Бурильные установки СБКН-2М, 2УБН-2П и ЗБК-5Д по своему устройству и принципу действия аналогичны установкам БУР-2 и 1СБУ-2. Принципиальное их отличие заключается лишь в конструкции бурильной головки, в качестве которой используют колонковые перфораторы ПК-60, ПК-75.

Из серийно выпускаемых в угольной промышленности большее распространение получили бурильные установки вращательно-ударного бурения БУ-1, БУР-2, которые по технико-экономическим показателям в наибольшей степени соответствуют горно-геологическим условиям и требованиям надежности. Хорошо себя зарекомендовала установка БУЭ-1.

В зарубежной практике наиболее широкое применение получили буровые каретки с дизельным приводом и пневматическими перфораторами. Новые бурильные установки зарубежные

фирмы выпускаются уже с электрическим приводом, заменяющим дизельный.

В последние годы в зарубежной горнодобывающей промышленности и тоннелестроении находят широкое применение шахтные гидрофицированные бурильные установки, оснащенные гидравлическими бурильными машинами вращательно-ударного действия [36]. Уже в 1979 г. было создано 60 типов и модификаций и изготовлено 3000 таких машин, а к 1982 г. только фирма «Тамрок» (Финляндия) выпустила более 1000 гидравлических бурильных машин, работающих в разных странах. Эти машины пробуривают шпур и скважины диаметром от 38 до 50 мм на глубину 1,2—4,0 м со средней скоростью 1,2—2,1 м/мин в породах прочностью на сжатие 17,5—20 МПа.

Опыт разработки и применения за рубежом гидрофицированного бурового оборудования на проходческих и очистных работах, а также в тоннелестроении подтвердил его высокую технико-экономическую эффективность. Характерным для гидравлических бурильных машин в сравнении с пневматическими перфораторами эквивалентного класса являются:

- увеличение механической скорости бурения в 1,5—2,0 раза (в некоторых случаях и более);
- снижение расхода энергии (удельная энергоемкость разрушения горных пород в 5—7 раз меньше);
- износ основных узлов гидравлических машин значительно меньше, что повышает моторный ресурс примерно в 3 раза;
- увеличение КПД машин примерно в 3 раза;

2 Таблица 17

Показатели	"Джой" (США)		"Лонг-Ардокс" (США)		"Атлас Копко" (Швеция)		"Секма" (Франция)		"Компелла-Тамрок" (Финляндия)		"Зальцгиттер" (ФРГ)			
	СД-41	СД-73	ТД-20	ТД-24А	"Редрак-155"	СТН-10	АТН-15	СТН-15	PV1ZR-650H	PV2ZR-650H	PV2M-600H	ВW-41	ВW-32С	ВW
Площадь сечения выкладки вверте, м ²	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Размеры забоя, бурившего с одной позиции, м:	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
ширина	5,9	6,28	4	4,88	5,6	4,5	6,0	6,0	6,0	6,0	—	—	—	—
высота	3,2	3,35	2	2,74	4,25	2,9	4,0	4,3	4,4	3,9	—	—	—	—
Предел прочности пород при одноосном сжатии, МПа	—	—	—	—	—	>200	>200	>200	80—200	80—200	80—200	<80	<180	<180
Число бурильных машин	1	2	1	1	2	1	1	1	1	2	2	1	2	2
Мощность двигателя, кВт	19	84	20	—	—	45	—	—	40	70	70	38	64	85
Тип механизма передвижения	Пневмоколесный		Колесно-рельсовый		Гусеничный		Рельсовый		Рельсовый		Пневмо-колесный		Пневмо-колесный	
Основные размеры машин в транспортном положении, мм:	Пневмоколесный		Колесно-рельсовый		Гусеничный		Рельсовый		Рельсовый		Пневмо-колесный		Пневмо-колесный	
ширина	2200	2200	1800	2300	2250	1000	1500	1500	1500	1500	1300	2300	1750	2200
высота	1100	1300	810	1570	1350	1600	1500	1500	1500	1500	1670	1500	1500	1500
длина	6000	8300	6000	8000	1100	1100	1100	1100	1100	1100	1100	1100	1100	1100

улучшение санитарно-гигиенических условий труда горнорабочих благодаря пониженному шуму в среднем на 10 дБ и меньшему загрязнению шахтного воздуха;

легко решается вопрос смазки движущихся деталей в ударном механизме, так как гидроударник и клапаны постоянно работают в масле, как и двигатель, передающий вращение буровому инструменту.

Недостатками гидравлических бурильных машин являются: требования высокой чистоты, необходимой для работы гидросистемы; увеличение числа шлангов высокого качества; большая уязвимость и сложность в эксплуатации в сравнении с пневматическими машинами; наличие механизмов, требующих высокой степени фильтрации гидравлической жидкости, и др.

Многочисленные обзорные материалы, опубликованные фирмами «Атлас Копко» (Швеция), «Ингерсол Рэнд» (США), «Секкома» (Франция), «Фурукава» (Япония), ретроспективные анализы развития горной техники, выполненные в СССР, привели к выводу, что для бурения шпуров и взрывных скважин альтернативы гидравлическим бурильным машинам в настоящее время нет. Пневматические бурильные машины морально устарели; уровень производительности бурения ими стабилизировался, поскольку ударная мощность пневматического бурового оборудования приблизилась к своему пределу. Увеличение для этой цели рабочего давления сжатого воздуха неизбежно ведет к его повышенному потреблению, а применение поршней-ударников с большой ударной поверхностью — к росту размеров и массы машин, снижению ресурса бурового инструмента. Кроме того, для питания сжатым воздухом мощных пневматических бурильных машин понадобится увеличить площадь сечения воздухопроводов и производительность компрессорных станций. В связи с этим стала очевидной целесообразность полной гидрофикации бурового оборудования, которое можно было бы оснащать гидравлическими бурильными машинами. В эти же годы фирмы-изготовители горных машин создали ряд конструкций самоходных буровых кареток с установленными на них бурильными машинами, манипуляторами и податчиками с гидравлическими приводами, питаемыми от маслонасосных станций с электрическими или дизельными двигателями.

По условиям безопасности при электрическом способе взрывания буровые каретки запрещено включать после введения в шпур электродетонаторов, поэтому их стали оснащать пневматическими или дизельными приводами хода. Таким образом, на мировой рынок поступили полностью гидрофицированные самоходные высокопроизводительные буровые каретки.

Эти каретки отличаются большим разнообразием конструкций, однако в их основе лежит набор унифицированных узлов, включая манипуляторы универсального типа для буровых агрегатов (бурильная машина, податчик, гидросистема и пульт управления). Такие манипуляторы дают возможность бурить

шпурь практически во всех направлениях и даже использовать их в качестве грузоподъемных средств.

Технические характеристики этих узлов в основном определяют компоновку бурильных установок.

Серийное изготовление гидравлических бурильных установок освоили почти все зарубежные фирмы, специализирующиеся на выпуске горного оборудования. Наибольший опыт накоплен фирмами «Атлас Копко» и «Линден Алимак» (Швеция), «Мерт» и «Секома» (Франция), «Зальцгиттер» и «Крупп» (ФРГ), «Тамрок» (Финляндия), «Ингерсол-Рэнд» (США), «Джойн» (США) и др.

Бурильные установки зарубежных фирм отличаются высокой степенью унификации буровых агрегатов и отдельных узлов, что позволяет без затруднения переходить от одной разновидности к другой в зависимости от условий работы. Буровые шпурь в различных направлениях (в забое, кровле, почве, стенках выработки). Установки, как правило, имеют базисную ходовую часть, на которой могут быть смонтированы одна, две, три или четыре и шесть машин, что дает возможность обуривать забой разных сечений и использовать их в различных горно-геологических условиях. К таким установкам относятся, например, серия «Промек» фирмы «Атлас Копко» (Швеция) состоящая из унифицированных стандартных элементов: рамы, узлов, манипуляторов, бурильных машин, податчиков. Из элементов на тележке или шасси автомобиля собирают буровые агрегаты, которые в зависимости от площади сечения выработки могут иметь от одной до семи бурильных машин, способных обуривать забой площадью сечения от 15 до 115 м².

Интенсивные работы ведутся в настоящее время по разработке систем автоматизированного управления процессом бурения шпуров. Гидрофицированные буровые каретки поставляются с автоматизированным управлением подачей исполнительного органа на забой, забуриванием шпуров при небольшой энергии удара поршня-ударника, бурением на заданную глубину с возвращением бурильной машины в исходное положение по окончании бурения. Имеются также автоматические устройства предотвращающие заклинивание бура в шпуре. Разрабатываются каретки со следящими системами для управления приводами манипуляторов с целью согласования их работы.

Оснащение бурового станка модели АТН 22 производимой фирмой «Эймко-Секома» (США — Франция) электронной системой управления позволило повысить среднюю скорость бурения на 30% и уменьшить износ бурового инструмента на 27%. Благодаря этому за смену стало возможным обуривать одним станком от 8 до 10 забоев по 40 шпуров в каждом. Станок оборудован двумя манипуляторами и может использоваться как в горноподготовительных, так и в очистных забоях. Электронная система управления станка на шахте «Ла Мэ» в Восточной Франции показала его перспективность.

В целом, развитие современных бурильных установок зарубежных конструкций характеризуется следующими особенностями:

компоновкой различных модификаций установок на базе небольшого числа унифицированных узлов и агрегатов. Каждая из ведущих зарубежных фирм, выпускающих буровое оборудование, разработала один или несколько типов унифицированных бурильных агрегатов, которые она комбинирует в различных комбинациях и количестве на покупные или специально создаваемые ходовые части в зависимости от горно-геологических условий и по требованию заказчика;

увеличением производительности бурильных установок за счет применения более мощных и тяжелых бурильных машин и высокопрочного бурового инструмента;

широким внедрением гидравлического привода для бурильных головок вращательного и вращательно-ударного действия, что позволяет увеличить мощность и улучшить регулирование режимов бурения;

сокращением времени на подготовительные и вспомогательные операции в результате применения манипуляторов с параллельным перемещением бурильной машины, податчиков с автоматическим ускоренным возвратом бурильной головки и т. п.;

уменьшением числа обслуживающего персонала и повышением производительности его труда за счет применения элементов автоматизации и оснащения бурильных установок централизованными пультами управления на несколько бурильных агрегатов, обслуживаемых одним бурильщиком [17, 40].

Большие работы по разработке и внедрению гидрофицированных бурильных установок проводятся и в СССР.

ВПО «Союзгормаш» разработан ряд унифицированных фронтальных буровых кареток типа БК. Он включает в себя 12 машин пяти типоразмеров, что позволяет предприятиям выбирать необходимую каретку, наиболее полно удовлетворяющую местным горнотехническим условиям. Техническая характеристика ряда унифицированных кареток типа БК приведена в табл. 18.

ЦНИИподземмаш совместно с Автоматгормашем работают над созданием нового поколения бурильных установок с программным управлением процесса перестановки бурильной машины от шпура к шпуру и автоматическим регулированием режима бурения в зависимости от крепости буримых пород [34]. Они предназначены для механизации бурения шпуров по забою и под анкерную цепь, а также для выбуривания пласта угля в горизонтальных и наклонных выработках и оборудуются универсальными бурильными головками гидромеханического типа с кулачковым ударным механизмом и вращателем, приводимыми в движение гидромотором. Податчик длинноходовой цепного типа. Изготовление установок предусматривается на рельсовом, гусеничном и пневмоколесном ходу с одной и двумя длиннохо-

Таблица 18

Показатели	1БК1П	2БК2П	2БК2Д	3БК3ДВ	3БК4Д	3БК5Д	3БК5Д	3БК5ДЭ	2БК2	2БКПЭ	2БКПЗ
Типоразмер	I	II	II	III	IV	V	V	V	II	II	III
Размеры зоны бурения, м:											
ширина	3,2	3,4	3,4	4,5	6,9	7,5	8	8,5	3,5	3,5	4,5
высота	2,9	3,2	3,2	3,6	5,6	5,6	7,1	7,1	3	2	2
Число бурящих машин	1	2	2	3	3	2	3	2	2	2	2
Максимальная глубина бурения, м	3	3	3	3	4	4	4	4	3	3	3
Тип механизма передвижения	Пневмоколёсный						Колесно-рельсовый				
Тип привода хода	Пневматический						Пневматический				
Основные размеры, м:											
ширина	1,25	1,5	1,5	2	2	2,4	2	2,4	1,35	2	1,75
высота	1,35	1,5	1,5	2	2	2,4	2,4	2,5	1,5	1,8	2,6
масса, т	5	7,5	8	14	16	18	18	20	6,5	8,7	9

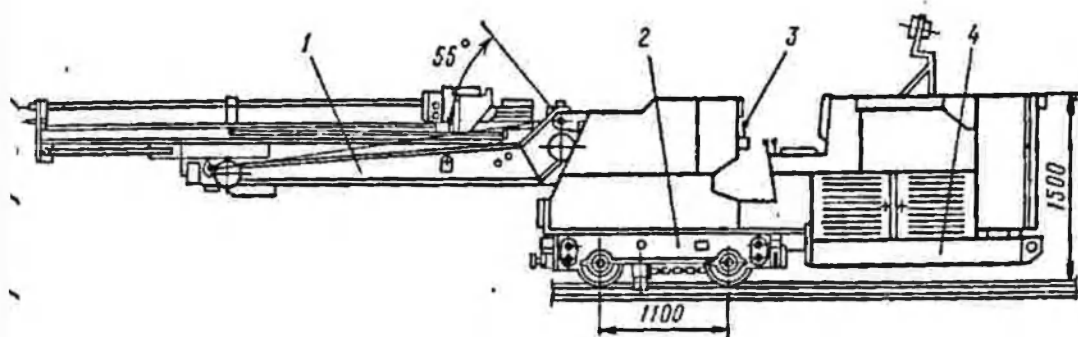


Рис. 7. Бурильная установка УБШ-251 (УБГ-1Р)

довыми бурильными машинами, устанавливаемыми на унифицированных манипуляторах.

Все бурильные установки разработаны на базе единого унифицированного бурильного агрегата, состоящего из бурильной машины и манипулятора. Податчики в бурильной машине сменные: для обуривания забоя и анкерования применяется универсальный податчик, а только для обуривания забоя — фронтальный.

Базовая модель типоразмерного ряда — установка УБШ-251 (УБГ-1Р) на рельсовом ходу состоит (рис. 7) из самоходной тележки 2, унифицированной длинноходовой бурильной машины 1, пульта управления 3, насосной станции 4 с маслобаком, гидро- и электрооборудования.

Техническая характеристика установок этого ряда с бурильной машиной УБГ-1 приведена в табл. 19.

Таблица 19

Показатели	УБГ-1Р	УБГ-2Р	УБГ-2Г	УБГ-2К
Площадь сечения выработки, м ²	7—16	9—20	9—20	9—20
Размеры забоя, обуриваемого с одной позиции, м:				
высота	2,5	3,6	3,6	3,6
ширина	3,3	4,5	4,5	4,5
Глубина бурения без замены штанг, м	2,9	2,9	2,9	2,9
Установленная мощность двигателя, кВт	30	60	60	60
Число	1	2	2	2
Тип ходовой части	Колесно-рельсовый		Гусеничный	Пневмоко- лесный
Размеры в транспортном положении, м	8,9×0,65× ×1,5	8,9×1,1×1,5	8,9×1,35×2	8,9×1,35×2
Масса, т	6,5	13	14	13

Кинематическая схема агрегата позволяет наводить бурящую машину для бурения любого шпура, совершая всего два движения: поворот манипулятора вокруг центральной оси и ее отклонение.

В агрегате предусмотрены наклон и поворот бурильной шипы относительно манипулятора, а также надвигание ее для компенсации неровностей забоя.

Универсальная бурильная головка, гидравлическая или гидромеханическая, позволяет бурить шпуры как во вращательном, так и во вращательно-ударном режиме соответственно по породам с пределами прочности при сжатии до 80 и 140 МПа.

Автоматизированная бурильная установка УБГ-1Р демонстрировалась на Международной выставке «Уголь-83». Ее технический уровень соответствует последним достижениям зарубежных фирм.

Наряду с этими работами продолжается исследование и создание бурильных агрегатов вращательного бурения для пород прочностью свыше 100 МПа. Число выпускаемых бурильных станков типа БУЭ достигло 35 % общего их числа.

2.3. БУРОВОЙ ИНСТРУМЕНТ

В качестве бурового инструмента при бурении шпуров применяются буровые штанги, изготовляемые или витыми (при вращательном способе бурения шпуров), или шестигранной (круглой) формы (при ударно-поворотном бурении).

Коронки армируются пластинками твердых сплавов: для вращательного бурения — ВК-6, ВК-8, ВК-8В; для ударно-поворотного — ВК-6В для пород с $\sigma_{сж} = 70-120$, ВК-8В для пород с $\sigma_{сж} = 120-180$ и ВК-15 для пород с $\sigma_{сж} > 180$ МПа.

Для вращательного бурения шпуров Краснолучский и Кузнецкий машиностроительные заводы изготавливают резцы РЗ-13М для бурения ручными электросверлами по породам с $\sigma_{сж} = 50-70$, РП-7 — для бурения по породам с $\sigma_{сж} < 100$, РБ-2 — для бурения по породам с $\sigma_{сж} < 120$, БИ-741В — для бурения бурильными установками по породам с $\sigma_{сж} < 100$ МПа.

Для ударно-поворотного и вращательно-ударного бурения шпуров применяют следующие типы коронок: КДП (долотчатые пластинчатые) — для бурения вязких монолитных пород и абразивных; КДШ (долотчатые штыревые) — хрупких монолитных; КТШ (трехперые штыревые) — хрупких монолитных трещиноватых; КНШ (неперетачиваемые штыревые) — хрупких абразивных; при бурении шпуров установками — Б443-25.

Расход коронок во многом зависит от их соответствия буримым породам и качества изготовления.

При увеличении стойкости бурового инструмента уменьшаются затраты времени на его замену, увеличивается произво-

Таблица 20

Метод определения	Стойкость буровых коронок (м) при $\sigma_{сж}$, МПа						
	40—50	50—70	80—100	110—120	137—160	180—210	230—240
По базовому расходу	323	208	98	64	39	19	8
По данным ВНИИцветмета	—	224	163	89	45	28	10

дительность бурения и уменьшается уровень ручного труда. Поэтому коронки должны быть качественно изготовлены и правильно подобраны для соответствующих условий; бурить следует только хорошо заточенными резцами.

По расходу резцов имеются очень противоречивые статистические данные. В табл. 20 приведена стойкость резцов, определенная по их базовому расходу и по данным ВНИИцветмета.

Совершенствование бурового инструмента является важным условием повышения производительности бурения и скорости проведения выработок. Одним из направлений в решении этой проблемы является разработка инструментов, в основу конструкции которых положены впервые разработанные в СССР принципы самозатачивания, прерывисто-сосредоточенного нагружения и разрушения. Стойкость буровых коронок, конструкция которых разработана с учетом этих принципов, в 3—4 раза выше обычных. Из-за отсутствия напряжений всестороннего сжатия и увеличения нагрузок на единицу длины лезвия использование таких коронок позволяет резко увеличить скорость бурения шпуров.

Зарубежные фирмы для удовлетворения спроса на буровой инструмент и обеспечения его высокой работоспособности считают целесообразным иметь минимальное число базовых конструкций коронок. Но в каждой из них предусмотрена возможность изменять параметры твердости твердосплавных вставок, их геометрическую форму или величину участка вставки, выступающего над поверхностью корпуса.

Большое внимание за рубежом уделяется штыревым твердосплавным буровым коронкам. Ими бурят в любых породах, а твердосплавные вставки (штыри) многократно перетачивают, если в этом возникает необходимость. По данным фирмы «Фурукава» (Япония) применение штыревых коронок по сравнению с обычными лезвийными обеспечивает увеличение скорости бурения на 10—20 % и более, высокую износостойкость (в 1,3—1,4 раза).

Вместо пайки штыри в головке коронок устанавливаются, правило, методом запрессовки. В последнее время для этой цели начали применять новую технологию, при которой сплавные штыри, снабженные резьбой, зачищаются в специальные отверстия в корпусе коронок, что позволяет более современную конструкцию коронки.

Одно из новейших достижений в области повышения устойчивости буровых коронок, предназначенных для бурения, — создание поликристаллических разработанных фирмой «Дженерал Электрик» (США). Материал состоит из синтетической алмазной крошки крупностью 100 мкм, которая под давлением $6 \cdot 10^9$ Па и при температуре 1400°C спекается с пластишкой из твердого сплава пластинок различных форм и размеров используется для армирования коронок. Промышленные испытания коронок, армированных такими сплавами, проведенные на угольных шахтах Великобритании в абразивных песчанках с пределом прочности на сжатие 40—165 МПа, показали, что скорость бурения достигать 2,9 м/мин, а износостойкость — до 1290 м. Следовательно, такими коронками можно успешно бурить даже в породах, где обычно применяли вращательно-ударное бурение.

В целом в зарубежной практике дальнейшее развитие бурового инструмента направлено:

на широкое применение штыревых коронок, армированных твердосплавными вольфрамокобальтовыми вставками при ударном и вращательно-ударном бурении;

расширение области эффективного применения вращательно-ударного бурения в породах средней крепости и крепких, абразивных благодаря применению коронок режущего типа армированных поликристаллическими материалами (содержащий искусственный алмаз) и отличающихся весьма высокой износостойкостью;

производство бурового инструмента для ударного и вращательно-ударного бурения из высококачественной стали, содержащей лигирующие добавки, которые обеспечивают запас прочности на усталость [16].

2.4. ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ БУРИЛЬНЫХ УСТАНОВОК

Техническая производительность бурильных установок определяется по времени чистого бурения шпура определенной продолжительности вспомогательных операций, выполняемых при этом. Так как бурение одной и той же машиной производится по породам различной крепости, ее техническая производительность определяется при прочности пород на сжатие $\sigma = 20$ МПа.

Эксплуатационная производительность зависит от количества факторов, поэтому ее определение связано с составлением

тематической модели, учитывающей как техническую производительность, так и все основные влияющие на нее факторы.

Для построения моделей эксплуатационной производительности проходческих машин используется статистический метод построения эмпирических формул (множественный регрессионный анализ), так как количественное изменение функции отклика (y) зависит от множества влияющих факторов (x):

$$y = F(x_1, x_2, x_3, \dots, x_i, \dots, x_p),$$

где p — число факторов.

Исходными данными являются обработанные стандартными статистическими методами результаты хронометражных наблюдений. Наблюдения проводились сотрудниками КузНИИшахтострой совместно с работниками НИС комбинатов «Кузбассшахтострой», «Карагандашахтострой», «Ростовшахтострой» и «Печоршахтострой». Хронометражными наблюдениями были охвачены выработки, проводимые в различных горно-геологических и организационно-технических условиях строительства и реконструкции угольных шахт, по широкому ряду технологических схем проведения квершлагов и полевых штреков.

Устанавливается следующая последовательность обработки данных.

1. Экспресс-методом обрабатываются вариационные ряды. Оценка полученных величин производится по критерию Л. Н. Большева и Н. В. Смирнова.

2. После отсева «выскакивающих» вариантов и обработки вариационных рядов на ЭВМ на уровне математических ожиданий структурные показатели удельных трудозатрат на 1 м^3 горных (в зависимости от основных влияющих факторов).

3. Производится проверка на достаточность численности выборки.

4. Производится отбор влияющих факторов и установление логической связи — фактор — аргумент. Кроме стандартных методов отбора влияющих факторов важное значение имеют интуитивные представления специалиста при наличии большого опыта и знания механизма изучаемого явления. Зачастую эти представления играют решающую роль при окончательном выборе наиболее значимых факторов.

Вводятся ограничения по выбору влияющих факторов, т. е. отбираются наиболее весомые, которые можно учесть и дать им количественную оценку. При этом считается, что остальные влияющие факторы учитываются косвенно, поскольку их влияние отражается в средних значениях показателя.

5. Производится логический анализ зависимости удельной пооперационной трудоемкости от влияющих факторов, устанавливается число парных корреляционных зависимостей и на ЭВМ находятся уравнения парной корреляции.

Реализация уравнения парной корреляции дает выражение вероятностные значения удельной трудоемкости процесса бурения для определения их эксплуатационной производительности

$$P_s = n_i 60 / T'_{пр}$$

где n_i — число проходчиков, занятых на выполнении работ

7. Вновь устанавливается число парных корреляционных зависимостей, строятся и реализуются уравнения парной корреляции.

Вероятностные (прогнозные) значения эксплуатационной производительности машин в зависимости от фиксированных значений влияющих факторов сводятся в таблицы и рассчитываются переводные коэффициенты.

БГА-1М, 1БГА-1, ПК-75 (БУ-1, БУР-2, СБУ-2)	150
БУЭ, МБЭ, НБ-1Э (БУЭ-1, БУЭ-2, 2ПНБ-2Б)	170
ЭБГП (ЭБГП-1)	140
БКГ (БКГ-2)	193

За уровень «шума» (фон) принимается фиксированное значение технической производительности машин при одном факторе.

Производится оценка достоверности полученных результатов. При $n \geq 2,6$ результаты считаются достоверными. Точность деления определяется сравнением фактических и расчетных значений.

Основными факторами, влияющими на эксплуатационную производительность бурильных машин, являются техническая производительность машин ($P^6_{тех}$), прочность пород ($\sigma_{сж}$), длина шпура ($l_{ш}$), удельные трудозатраты на вспомогательные ($T'_{вс}$) и подготовительно-заключительные ($T'_{п.з}$) работы. Показатели выборки приведены в табл. 21.

Таблица 21

Тип бурильной установки	Общее число наблюдений	Коэффициент вариации	Надежность результатов
БУЭ-1, 2ПНБ-2Б (НБ-1), КБМ-3	112	2,3	0,96
ЭБГП-1 (на машине 1ППН-5)	64	1,9	0,91
БУ-1, БУР-2, СБУ-2, БКГ-2			

В результате обработки экспериментальных данных были определены технические характеристики одной бурильной машины основных бурильных установок (см. табл. 21) и получена

формула для определения их эксплуатационной производительности

$$P_s^0 = 0,60 P^6_{тех} - 0,71 \sigma_{сж} + 2 l_{ш} + 0,52 S_{пр} \quad (1)$$

Множественный коэффициент корреляции $R_\phi = 0,92$, случайная средняя квадратическая погрешность корреляции $\sigma_{\phi} = 0,012$, критерий надежности $\mu = 76,8$.

На рис. 8 показана зависимость расчетного времени бурения шпуров от прочности пород в выработке площадью сечения в проходке 20,6 м² при применении установки БКГ-2, имеющей две бурильные машины. Как видно, изменение прочности пород вызывает значительные изменения в затратах времени на бурение, поэтому в выработках большей площади сечения оно достигает 6 и даже 12 ч. В то же время все бурильные установки, применяемые в угольной промышленности, имеют одну-две бурильные машины, что при увеличивающихся крепости горных пород и размеров поперечного сечения при малой скорости бурения явно недостаточно. Поэтому в практике горнопроходческих работ часто применяют две бурильные установки, что уменьшает продолжительность бурения, но вызывает дополнительные затраты времени на подготовительно-заключительные и вспомогательные операции.

Рядом исследований установлено, что удельная площадь на одну бурильную машину должна быть не более 6—9 м². Поэтому при площадях сечения выработки 25—50 м² в проходке число машин должно быть не менее трех—пяти. Так, в топшеледе строении создан опытный образец бурильной установки УБШ-622 на пневмоколесах, имеющей шесть бурильных машин, глубину бурения 4 м и рассчитанной на обустройство забоя в выработках площадью сечения до 130 м². Вероятно, необходимо создавать параметрический ряд гидрофицированных установок, пригодных для горнотехнических условий строительства всех подземных сооружений, начиная с площадей сечений 5 м² и кончая 140 м² и оборудованных одной—десятью бурильными машинами.

До настоящего времени не решен вопрос организации серийного производства установок для бурения шпуров под анкеры. Современными серийно выпускаемыми средствами бурения не решена и важная социальная задача — снижение затрат ручного труда.

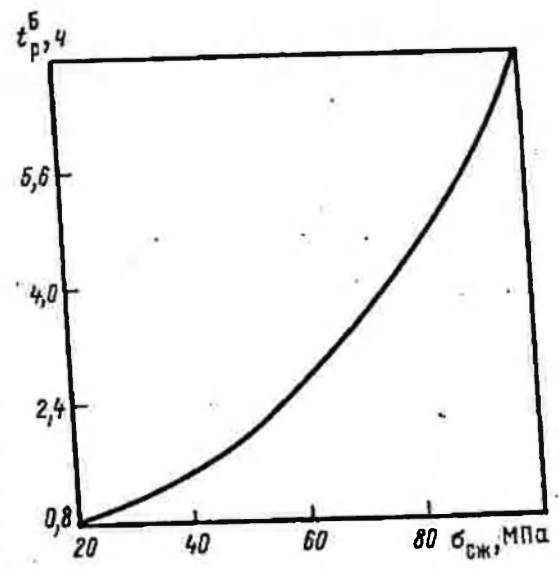


Рис. 8. Зависимость расчетного времени бурения шпуров (t_p) от прочности пород $\sigma_{сж}$

Таблица 22

Операция	Удельные трудозатраты при бурении шпуров (чел.-мин/м ³) при прочности пород, МПа			
	40	60	80	110
Основные	7,2	8,7	13,6	18,2
Вспомогательные	2,8	3,5	3,9	4,6
Подготовительно-заключительные	2,0	2,0	2,0	2,0

Таблица 23

Вид крепи	Расстояние (м) от устьев контурного шпура до проектного контура при прочности пород, МПа	
	20—70	>70
Монолитный бетон	0,08	0,05
Железобетонные тубинги	0,05	—
Металлическая затяжка	0,05	—

В табл. 22 приведены результаты хронометражных наблюдений за процессом бурения, проведенных КузНИИшахстроем.

Как видим, на долю непосредственно бурения шпуров приходится лишь 60—77% трудоемкости процесса; все остальное на подготовительно-заключительные и вспомогательные операции, которые выполняются в основном вручную.

Следует отметить малый диапазон области применения бурильных установок отечественного производства по сравнению с зарубежными.

Как известно, основой эффективного ведения буровзрывных работ является применение контурного взрывания. По своей сути и направленности оно отвечает требованиям современного этапа технического прогресса в горном деле и способствует снижению расходов трудовых и материальных ресурсов, увеличению скоростей проведения горных выработок.

Необходимым условием эффективного применения контурного взрывания является качественное бурение шпуров в соответствии с паспортом. Расстояния от устьев шпуров до проектного контура выработок с временной крепью до проектного контура в зависимости от прочности пород и вида временной крепи приведены в табл. 23 [51].

Такие расстояния невозможно выдержать, так как у машин типов БУ-1, БУР-2, СБУ-2М величина возможного приближения оси буровой штанги к крепи составляет 0,08 м, у БУЭ-1, БУЭ-2, БУЭ-3 и БКГ-2 — 0,12 м. Сюда же следует добавить толщину временной крепи. Тем более это невозможно при возведении постоянной крепи вслед за подвиганием забоя. Даже при возможности осуществления контурного взрывания шпуры редко бурят строго по паспорту. Созданные многочисленные конструкции разметчика шпуров (механические, световые, лазерные) вследствие большой трудоемкости и неудобства пользования применения не находят. Кроме того, они способствуют лишь разметке шпуров на поверхности забоя и не гарантируют их расположение в глубине массива. Поэтому бурильные установки должны исключить влияние человеческого фактора, для чего в них необходимо предусматривать (для обеспечения проектного положения шпуров) автоматизированные программные системы, непосредственно входящие в органы настройки бурильных машин. Современные отечественные серийные машины этого не имеют.

Основные тенденции развития буровой техники в СССР и за рубежом характеризуются [6]:

созданием унифицированных бурильных машин, работающих как во вращательно-ударном, так и во вращательном режиме, для эффективного обуривания на глубину до 4—4,5 м породных забоев прочностью пород на одноосное сжатие до 200—240 МПа в выработках площадью сечения до 120—160 м² (в угольной промышленности — до 50 м²);

переходом на гидравлический привод и более тяжелые конструкции бурильных машин, позволяющие повысить мощность, передаваемую на буровой инструмент, обеспечивающие расширение области их применения и повышение производительности бурения;

увеличением числа манипуляторов и бурильных машин, устанавливаемых на гусеничных или пневмоколесных тележках, обеспечивающих их большую маневренность;

переводом бурильных установок на полностью автоматизированный режим, обеспечивающий высокую их производительность, точность бурения и регулируемый режим работы инструмента;

усовершенствованием гидрофицированных буровых кареток путем повышения их надежности, облегчения обслуживания и ремонта, снижением стоимости изготовления, дальнейшей разработкой и применением программного управления процессом бурения шпуров с использованием компьютерной техники;

расширением области применения вращательного бурения по весьма крепким породам путем использования коронок с режущими из поликристаллических алмазных материалов и струй высокого давления.

При конструировании новых бурильных установок необходимо уделить особое внимание вопросам расширения их области применения (увеличение ширины, высоты и глубины обработки; переход на гусеничный или пневмоколесный ход; повышение энерговооруженности; увеличение числа устанавливаемых манипуляторов и бурильных машин, позволяющих бурить скважины под анкера; оснащение средствами автоматизации).

3. СРЕДСТВА УБОРКИ ГОРНОЙ МАССЫ

3.1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Уборка горной массы, включающая ее погрузку в транспортные средства, откатку их до обменного или разгрузочного пунктов, обмен груженых сосудов на порожние, является одним из трудоемких процессов проходческого цикла при буровзрывном способе и составляет 30—40 % его продолжительности и трудоемкости. Поэтому одной из главных задач эффективной механизации проведения выработок является создание высокопроизводительных и надежных погрузочных машин для различных горнотехнических условий.

3.2. ПОГРУЗОЧНЫЕ МАШИНЫ

Погрузочные машины служат для механизации погрузки и деленной от массива горной массы в транспортные средства зачистки почвы выработки. Их номенклатура и парк в угольной промышленности за последние годы расширились в основном за счет машин непрерывного действия, хотя в работе находится до настоящего времени большинство ковшовых машин периодического действия. Так, в 1986 г. в шахтостроительных организациях Минуглепрома СССР имелось 927 погрузочных машин, из них периодического действия — 591.

Техническая характеристика отечественных погрузочных машин приведена в табл. 24.

Ковшовые погрузочные машины выпускаются с прямой и боковой разгрузкой ковша. Типичным представителем периодической модификации является погрузочная машина типа ППН.

В зарубежных странах основным средством погрузки являются машины с боковой разгрузкой ковша, доля которых в общем парке машин составляет в ФРГ свыше 70 %, во Франции свыше 50 %, в ПНР свыше 40 % и все время увеличивается. Для расширения области применения ковшовых погрузочных машин зарубежные фирмы повышают их маневренность, для чего машины выпускаются на пневмоколесном ходу с шиннозащитными цепями. В сложных условиях работы ходовая часть машин оснащается специальными гусеничными траками.

Непрерывного действия с нагревающими лапами

Ковши овалье периодического действия

Показатели	Ковши овалье периодического действия					Непрерывного действия с нагревающими лапами					
	ППН-1С	ППН-2Э	ППН-2Г	1ППН-5	ППН-3	1ПНБ-2	2ПНБ-2	ПНБ-2К	ПНБ-3Д	ПНБ-3П2	ПНБ-4
Техническая производительность, м ³ /мин	0,8	1,0	1,0	1,25	1,6—2,5	1,25	2,0	2,5	4,0	4,5	6,0
Фронт погрузки, м	2,2	2,5	—	4,0	3,2	70	120	Не ограничен	190	190	190
Прочность пород при одноосном сжатии, МПа, не более			Любая								
Тип механизма передвижения	Колесно-рельсовый	Колесно-рельсовый	Гусеничный	Колесно-рельсовый				Гусеничный			
Вместимость ковша, м ³	0,2	0,32	0,35	0,32	0,52	—	—	—	—	—	—
Минимальная площадь сечения выработки в свету, м ²	6,0	7,0	7,0	7,5	6,5	6,0	6,0	6,0	9,0	9,0	12,0
Максимальный размер погрузаемой породы, мм	350	400	400	400	400	400	500	400	600	600	800
Основные размеры, м:	ширина	1350	1450	1700	1800	1600	1800	1800	2700	3170	2700
	высота	2250	2350	2550	2250	2800	1456	1140	1900	2450	2000
	длина	2250	2550	2600	7435	3200	8000	8000	9000	9500	10000
	Масса, т	3,5	5,0	5,0	3,0	5,8	6,75	17,7	26	28,1	34,0

Фирма «Элмко» (Великобритания) выпускает для угольной промышленности погрузочные машины с боковой и фронтальной разгрузкой ковша моделей 612Н, 625В, 627, 634, 636, 625Д-НД, 621, 632, 638В. Эти машины смонтированы на гусеничном ходовом механизме и в зависимости от типа привода и ковша нескольких модификаций. Модель 634, используемая при проведении горизонтальных выработок, оснащена тремя пятицилиндровыми взаимозаменяемыми двигателями, работающими на сжатом воздухе. Загрузочные скребки и зольный ковш управляются с помощью гидравлики. Остальные модели имеют электрогидравлический привод.

Фирма «Майнинг Дивелопмент» (Великобритания) разработала и выпустила новую серию погрузочных машин с фронтальной разгрузкой ковша для угольных шахт: МК2, М90, М290 на гусеничном ходу. Машины предназначены для погрузки и транспортировки горной массы, поддирки почвы, а также очистных работ.

Последней моделью фирмы являются машины «Минд» 750/140 и 1000/190, которые имеют небольшие размеры и могут располагаться под подвесными ленточными конвейерами. Машина «Минд» 750/140 — длина 4,2 м, высота 1,25 м, ширина 1,25 м, вместимость ковша 0,75 м³, максимальная высота разгрузки 2,25 м, оборудована гидравлическим двигателем мощностью 48 кВт, при работе выделяет незначительное количество тепла и не производит большого шума, может разворачиваться на 360° и имеет низкий центр тяжести, что обеспечивает высокую устойчивость. Производительность погрузки составляет 40—50 м³/ч; машина оборудована автоматическими дисковыми тормозами.

Фирма «Зальцгиттер» (ФРГ) выпускает погрузочные машины небольших размеров с боковым опрокидыванием ковша на гусеничном ходу различных моделей. Машины выпускаются с пневматическим (НЛ80) и электрогидравлическим (ЕЛ80) приводами.

Для проведения выработок большого поперечного сечения используются машины моделей ЕЛ380, ЕЛ480, ЕЛ583, ЕЛ680. В этих машинах ковш с толкательным цилиндром может использоваться в качестве площадки для монтажных работ.

Техническая характеристика машин некоторых зарубежных фирм приведена в табл. 25 [18].

Основной недостаток всех ковшовых погрузочных машин — циклический характер работы и, как следствие, относительно низкая производительность. Процесс наполнения ковша порожка составляет не более 10—15 % машинного времени. Остальное время расходуется на передачу груза, разгрузку и холостые движения порожнего ковша.

Применение ковшовых погрузочных машин на колеи рельсового хода ограничивается размерами выработки по ширине 3,5—4,0 м, и это является большим недостатком, так как

Показатели	625В	625НД	634	627	612Н	М90	М290	EL180	EL380	EL480	EL583	EL683
	Производительность, м ³ /ч	50	50	80	80	25	50	—	35—50	50—75	50—80	60—90
Вместимость ковша, м ³	0,6	0,67	1,2	1,2	0,34	0,45 0,6	1,5	0,6	1,0	1,0	1,2	1,2
Скорость передвижения, км/ч	2,2	2,6	4,0	2,3	3,9	3,5	4,0	1	3,2	0,8	3,2	0,8
Максимальное усилие отрыва ковша, кН	26,7	26,7	48,1	48,1	17,8	26,7	—	—	—	—	—	—
Максимальная высота подъема ковша, мм	3240	3290	3480	3480	2769	—	4200	1900	2150	2150	2150	2150
Максимальная высота разгрузки ковша, мм	3632	3683	4100	4090	—	1430	2137	2300	—	2800— 3900	—	2750— 3900
Размеры при опущенном ковше, мм:												
длина	4420	4407	4724	4674	3790	3200	4700	3500	4370	4700	4950	5150
высота	1740	1790	1638	1791	1403	1525	1500	1650	1500	1700	1550	1750
ширина	1372	1448	1448	1448	914	1000	1170	1400	1450	1450	1400	1400
Масса, т	6,25	8,45	8,43	9,87	4,38	4,72	8,1	5,75	7,3	9,2	9,1	11,2

увеличении ширины выработки происходит существенное возрастание ручного труда и затрат времени на вспомогательные операции. Так, для выработок, ширина которых равна фронтальной погрузке машины, затраты времени на перекидку породы с периферии к центру выработки, очистку путей и другие операции постоянны и составляют около 1,5 чел.-мин/м³. При увеличении ширины выработки до 4 м удельные затраты времени для машины типа ППН-3 достигают 2 чел.-мин/м³, а до 5 м — 4 чел.-мин/м³.

Машины с боковой разгрузкой ковша имеют следующие основные преимущества: возможность применения широких ковшей, обеспечивающих при сравнительно малой массе и мощности привода большое разовое наполнение ковша, а следовательно, и высокую производительность, меньшую энергоемкость погрузки; высокую долговечность и надежность вследствие того, что в силовом контакте с горной массой находится небольшое число узлов машины, этому способствуют и невысокие динамические нагрузки в связи с применением регулируемого гидрпривода рабочего органа и ходовой части.

В последнее время отечественной промышленностью созданы погрузочные машины с боковой разгрузкой ковша МПК-3 по техническому заданию, разработанному ИГД им. А. А. Скочинского, ЦНИИподземмашем, ДонУГИ и Копейским машзаводом им. С. М. Кирова. Несколько образцов этих машин успешно прошли приемочные испытания на шахтах Донбасса.

Испытания показали, что при использовании машин МПК-3 работы по погрузке породы могут производиться на значительном удалении пункта разгрузки от забоя, при этом машина может механизировать и вспомогательные работы по доставке материалов, возведению крепи, оборке забоя, зачистке почвы и т. п. Их применение в качестве погрузочно-доставочных средств представляет особый интерес как в смысле возможностей ликвидации ручной погрузки горной массы в коротких выработках, так и вследствие ряда технологических преимуществ выполнения процесса в сравнении с обычными средствами механизации погрузки. Одним из таких преимуществ является обеспечение свободной незагроможденной зоны призабойной части проводимой выработки, что исключает затраты труда, вок, перегружателей, а также средств вспомогательного транспорта.

Анализ расчетных и экспериментальных результатов показывает, что:

расчетная эксплуатационная производительность машин типа МПК, работающих в качестве погрузочных средств при погрузке на любые средства транспорта, как правило, в 1,5 и более раз выше, чем эксплуатационная производительность машин типа ПНБ в аналогичных условиях;

с увеличением расстояния от места разгрузки до забоя ее эксплуатационная производительность существенно снижается, однако до определенных (предельных) значений этих расстояний остается выше эксплуатационной производительности применяющихся средств погрузки;

с уменьшением сечения выработок увеличивается предельное расстояние пробега до пункта разгрузки, что позволяет эффективно использовать их в качестве погрузочно-доставочных средств на расстоянии до 80—90 м.

Таким образом, машины типа МПК можно применять и в выработках небольшой протяженности без промежуточного транспорта, т. е. в сбойках, камерах и протяженных выработках до монтажа в них основного проходческого оборудования [61].

Машины с нагребными лапами не имеют недостатков ковшовых машин. Основной разновидностью машин этой группы в СССР являются машины типа ПНБ. Из них только машины среднего и тяжелого классов предназначены для погрузки крепкой и абразивной горной массы в вагонетки, на конвейер или другие транспортные средства.

Как показал опыт работы шахт Донбасса, замена одной машины ППМ-4 на 2ПНБ-2 дает экономию за счет более высокой производительности труда и сокращения вспомогательных и трудоемких операций на 1 км выработки около 1000 чел.-смен [3].

В 1982 г. в СССР начат выпуск более совершенной погрузочной машины ПНБ-3Д2. В сравнении с ПНБ-3Д в ней улучшена конструкция заборной части, конвейера, ходовой части. Машина имеет кабельный барабан. Это первая из погрузочных машин, имеющих кабину машиниста. Вместе с тем у нее при одинаковой ширине заборного носка больше, чем у ПНБ-3Д, ширина и высота на 500 мм.

Такого типа машины изготавливаются также рядом зарубежных фирм. Так, фирма «Атлас Копко» (Швеция) выпускает четыре модификации машин с нагребными лапами 8HR, 9HR, 10HR, 7HR. Модель 8HR на рельсовом ходу, 9HR — на гусеничном.

Модель 8HR имеет ширину фронта погрузки около 3 м и глубину внедрения лап около 250 мм ниже верхней плоскости рельса, работа ее наиболее эффективна в выработках шириной от 2,1 до 4,0 м. Производительность машин этой модели 120—180 м³/ч.

Сравнение отечественных машин типа ПНБ с зарубежными показывает, что их технический уровень соответствует последним достижениям зарубежных фирм, а в ряде случаев превосходит их. Например, погрузочная машина ПНБ-3Д по производительности превосходит однотипную машину 18HR-2НУ фирмы «Джой» (США) в 1,5—1,8 раза (табл. 26).

Недостатком машин с нагребными лапами является быстрый износ последних при погрузке абразивных пород. Для повы-

Таблица 26

Показатели	18HR-2HY (США)	19HR-1HY (США)	343SE (Франция)	1NH1 (Япония)
Техническая производительность, м ³ /мин	3	5	1,5	1,5
Минимальная площадь сечения выработки, м ²	9	14	8	5
Установленная мощность электродвигателя, кВт	70,4	120,6	37	26
Основные размеры, мм:				
длина	7800	9200	7600	7200
ширина	1900	2980	1800	1500
высота	2000	2700	1900	1500
Масса, т	18	26,5	13	8

шения доли полезной работы ковшовой погрузочной машины, уменьшения износа нагребающих лап машины непрерывного действия с сохранением возможности погрузки кусковатого материала высокой абразивности и крепости (сочетание двух типов машин) фирма «Хегглюнд» (Швеция) разработала ковшовую машину «Хегглюдер» с нагребающими лапами верхнего захвата. Машины 8HR, 9HR и 10HR, имеющие вдвое меньшую установленную мощность, чем у 2ПНБ-2, ПНБ-3К, обеспечивают равную им техническую производительность — 2,3 м³/мин.

Следует отметить, что при работе машины типа ПНБ и ППМ машинист находится в зоне наибольшего пылеобразования, управление осуществляется с подножки машины.

В то же время почти все зарубежные машины имеют удобные сиденья для машинистов, а загрузка и разгрузка ковша происходит на значительном расстоянии от него.

Кроме рассмотренных машин для погрузки горной массы на рудниках черной и цветной металлургии и в тоннелестроении значительное распространение находят экскаваторы. В отличие от обычных к подземным экскаваторам предъявляется ряд дополнительных требований: высокой производительности при небольших размерах, позволяющих не только работать в небольших пространствах, но и транспортировать машину по горным выработкам; высокой маневренности; способности грузить негабаритные куски и зачищать почву; возможности разборки на транспортные сборочные единицы, облегченного монтажа и демонтажа в подземных условиях; обеспечения безопасной работы в условиях возможного падения кусков горной массы на машиниста.

Техническая характеристика некоторых экскаваторов, которые могут найти применение в угольной промышленности при проведении горизонтальных выработок площадью сечения в свету 25—50 м², приведены в табл. 27

Таблица 27

Параметры	Э-7515	Э-652
Техническая производительность, т/мин	3	3,4
Вместимость ковша, м ³	0,75	0,85
Мощность двигателя, кВт	100	60
Наибольшая высота черпания, м	7	4,5
Наибольший радиус черпания, м	6,7	5,2
Высота погрузки, м	2,8	2,2
Масса, т	17	14

3.3. БУРОПОГРУЗОЧНЫЕ МАШИНЫ

Стремление к расширению функциональных способностей привело к созданию буропогрузочных машин. Из отечественных машин этого типа нашли применение 1ПНБ-2Б и 2ПНБ-2Б, технические характеристики которых приведены в табл. 28.

На комбинате «Ачполиметалл» создан буропогрузочный агрегат БА-ПНБ-3Д (рис. 9), состоящий из погрузочной машины I и навесного несъемного бурильного оборудования 2. Агрегат имеет три бурильные машины, причем конструкция средней позволяет бурить шпур в кровле для установки штанговой крепи и в бортах для подвески вентиляционных и водовоздушных труб. Кроме того, он имеет схему перевода бурильных машин в положение бурения и погрузки по траектории, параллельной оси выработки, что значительно уменьшает минимально необходимую площадь поперечного сечения выработки.

Таблица 28

Показатели	1ПНБ-2Б	2ПНБ-2Б
Допустимая площадь сечения выработки в свету, м ²	6,4	8,8
Высота обуривания забоя, м	3,5	4,0
Ширина обуривания забоя, м	3,8	3,8
Навесное оборудование	—	НБ-1М
Глубина бурения шпуров, м	2,5	2,75
Прочность пород при одноосном сжатии, МПа	60	80
Основные размеры, мм:		
длина (при погрузке)	7280	8000
ширина	1600	1800
высота (в транспортном положении)	2000	2340
Масса, т:		
общая	9	13,9
навесного оборудования	1,7	1,8

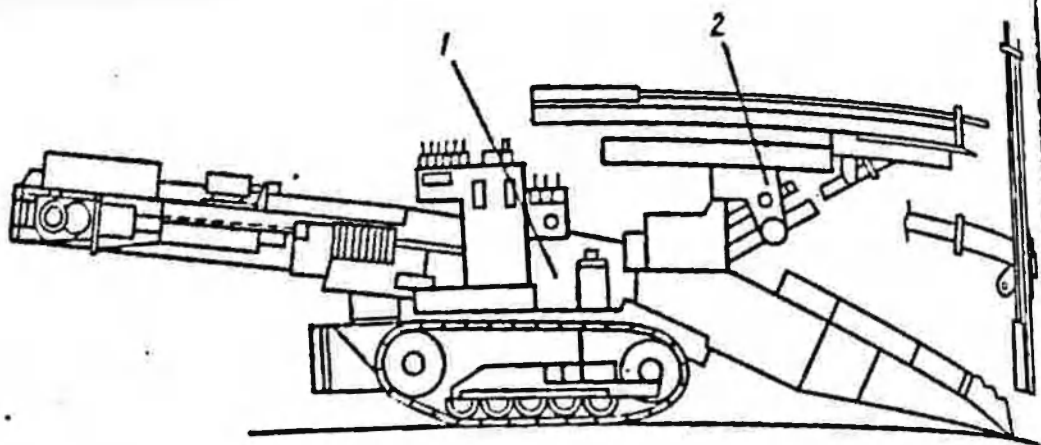


Рис. 9. Буропогрузочный агрегат БА-ПНБ-3Д

Агрегат прошел испытания в выработке площадью сечения 12 м^2 и $\sigma_{сж} = 140\text{—}170 \text{ МПа}$. В комплексе с нпм работал бункер-поезд из пяти проходческих вагонов ВПК-10. Испытания показали, что комплекс, составленный из буропогрузочного аппарата БА-ПНБ-3Д и проходческих вагонов ВПК-10 (ВП-8), при четкой организации работ позволит повысить производительность труда в 2—3 раза.

Другим агрегатом, созданным на комбинате «Ачполиметалл», является 2ГМ-ПНБ-3Д, особенность которого — использование гидравлического оборудования. В агрегате использованы две бурильные головки HL43 фирмы «Тамрок» (Финляндия). Санитарно-гигиеническая оценка в процессе промышленной эксплуатации показала, что уровень вибрации на рабочем месте оператора значительно ниже установленных норм: уровень шума ниже, чем при использовании пневматических бурильных головок. Полностью отсутствуют масло- и туманообразование [60].

По производительности бурения шпуров агрегат 2ГМ-ПНБ-3Д не уступает агрегату БА-ПНБ-3Д, несмотря на то, что он имеет две бурильные головки вместо трех. Техническая характеристика агрегатов на базе погрузочной машины ПНБ-3Д с гусеничной ходовой частью приведена в табл. 29.

Специалисты объединения «Укршахтострой», используя опыт комбината «Ачполиметалл», создали буропогрузочный оснащенный двумя перфораторами ПК-75 отечественного производства или E400 фирмы «Тамрок» (Финляндия) и самоходным консольным перегружателем на базе ППЛ-1КС. Промышленные испытания этого комплекса на шахте «Шахтерская-Глубокая» показали его работоспособность и перспективность.

Область применения названных агрегатов — выработки площадью поперечного сечения в проходке 9—20 м^2 .

Буропогрузочные машины в зарубежной практике большого распространения не получили вследствие их высокой стоимости. Одна из зарубежных конструкций буропогрузочных машин, созданная фирмой «Секома» во Франции, показана на рис. 10.

Таблица 29

Показатели	БА-ПНБ-ЗД	2ГМ-ПНБ-ЗД
Минимальная площадь сечения выработки, м ²	10	9,15
Максимальная высота бурения горизонтального шпура, м	4,8	4,8
Максимальная ширина забоя, обуриваемого с одного положения, м	5,0	5,0
Максимальный угол наклона выработки, градус	6	6
Число бурильных машин	3	2
Бурильная головка	Д475А	Гидравлическая
Податчик:		НЛ43 «Тамрок»
тип	Цепной	Цепной
привод	Пневмодвигатель	Гидравлический
Максимальное усилие подачи, кН	8	15
Максимальный ход подачи, мм	2500	2700
Перемещение податчика относительно позиционера, мм	2700	1800
Манипулятор:		
тип	Стреловидный с телескопической выдвижной рукоятью	Вращающаяся стрела с телескопической выдвижной рукоятью
раздвижение телескопа рукояти, мм	1300	1200
перемещение рукояти, мм	1000	800
Масса единицы навесного оборудования, т	1,15	2,0
Техническая производительность погрузки, м ³ /мин	4,0	4,0
Тип рабочего органа	Парные нагревающие лапы	Парные нагревающие лапы
Установленная мощность агрегата, кВт	148,0	194
Основные размеры агрегата, мм:		
длина	9000	9000
ширина на питатель	3000	2700
высота в транспортном положении	2500	2500
Масса, т	30	30

Машина имеет порталную бурильную установку 1, передвигающуюся по раме 2, устройство для подъема перегружателя 3, перегружатель 4, погрузочную машину 6, погрузочную платформу 5. Примерно такую же конструкцию имеет буропогрузочный агрегат фирмы «Джой Мэнифактуринг» (США).

В этих буропогрузочных агрегатах заслуживает внимания способ размещения бурильных установок, позволяющий располагать в забое до девяти бурильных машин.

На Международной выставке «Уголь-83» фирмой «Эймко—Секома» (США — Франция) была выставлена ковшовая погрузочная машина на пневмоколесном ходу с дизель-гидравлической

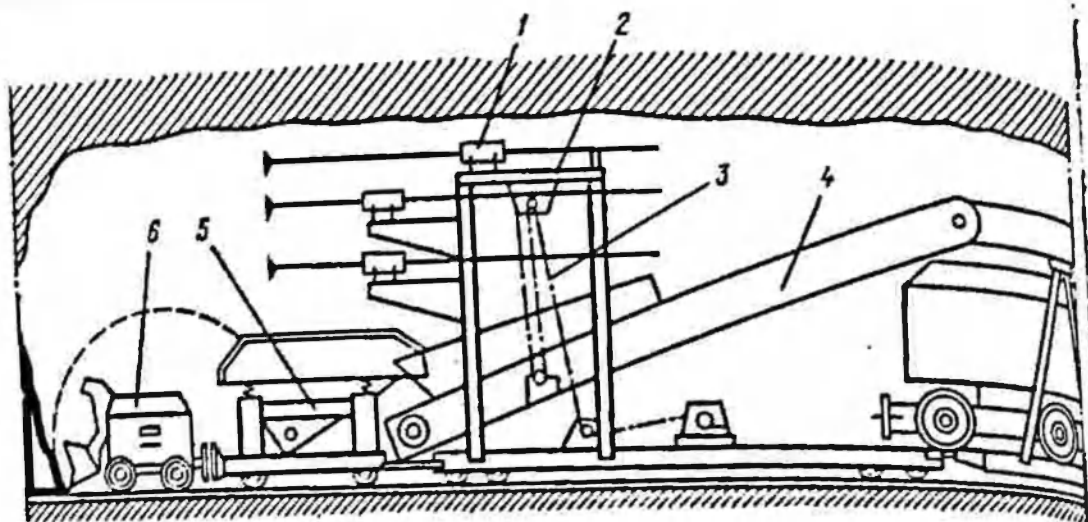


Рис. 10. Буропогрузочная машина фирмы «Секома» (Франция)

ским приводом, оборудованная системой быстрой замены рабочего органа, которая является новинкой, перспективна при создании подобных машин для малых сечений. Вместо ковша могут быть установлены: буровой манипулятор, снабженный цепным податчиком с гидравлической вращательно-ударной бурильной головкой, вилочный захват для транспортирования грузов, подъемная платформа для крепления. Замена ковша на бурильное оборудование занимает около 5 мин.

Фирма «Тампелла-Тамрок» (Финляндия) экспонировала буропогрузочную машину, созданную на базе советской погрузочной машины 2ПНБ-2. На машине установлены финский телескопический манипулятор с цепным податчиком и пневматический бурильный молоток.

В целом развитие средств погрузки горной массы на зарубежных угольных шахтах характеризуется большей надежностью погрузочных машин, преобладанием большого числа типоразмеров погрузочных машин на гусеничном ходу с боковой разгрузкой ковша вместимостью от 0,3 до 1,6 м³, область применения которых распространяется на выработки любой формы сечения в породах любой крепости. При этом значительно снижается объем ручных работ по подкидке породы и зачистке почвы, а также ряд вспомогательных работ в цикле (отсутствует необходимость в обмене вагонеток, сокращается время на маневровые операции при использовании оборудования на пневмошасси и гусеничном ходу). Создаются новые погрузочно-транспортные средства, в частности погрузочно-доставочные машины на пневмоколесном ходу с ковшами большой (до 3—6 м³) вместимости, а также, что особенно важно, модульные быстрозаменяемыми модулями назначения с легкоъемными и лов и оборудования, обустройства забоя, разрушения пород ударниками и т. д.

3.4. ТРАНСПОРТНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

Несмотря на высокую техническую производительность последних моделей погрузочных машин, процесс уборки породы занимает значительное время в проходческом цикле. Это объясняется в основном большими затратами времени на обменные и транспортные операции.

Традиционным транспортным средством при проведении выработок все еще остаются вагонетки различных вместимостей и конструкций. Основными факторами, влияющими на производительность, при этом являются вместимость откаточных сосудов, прерывность или непрерывность погрузки.

На рис. 11 показана зависимость производительности погрузочных машин от вместимости одновременно загружаемых транспортных средств. Как видно, при увеличении вместимости машины возрастает с 42 до 54 м³/ч, т. е. в 1,3 раза. Следовательно, увеличение вместимости одновременно загружаемых транспортных средств — путь к повышению производительности погрузки. Непрерывная погрузка горной массы способна обеспечить реализацию технической производительности погрузочных машин и повысить производительность труда на этом процессе.

С целью уменьшения времени на маневровые и транспортные операции при проходке выработок применяются конвейеры-перегружатели, забойные конвейеры, бункера-поезда, большегрузные проходческие вагоны, самоходные вагоны, автосамосвалы и погрузочно-транспортные самоходные машины.

В настоящее время применяются проверенные в производственных условиях средства обмена одиночных вагонеток — замкнутые разминовки, тупиковые заезды, перекатные платформы, накладные съезды и плиты. Однако они незначительно повышают эксплуатационную производительность погрузочных машин, так как не исключают применения тяжелого ручного труда при обмене вагонеток и перерывов в работе машин. Причем некоторые из них в однопутных выработках требуют на определенных участках уширения выработки, что вызывает увеличение стоимости проходки и осложнение работ.

Многие скоростные проходки выработок характеризуются высокой производи-

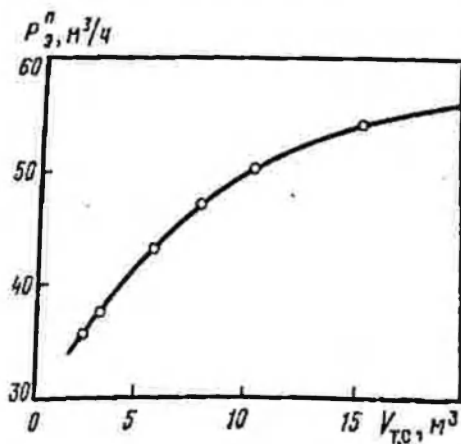


Рис. 11. Зависимость производительности погрузочных машин P_3^n от вместимости одновременно загружаемых транспортных средств $V_{тс}$.

Таблица 30

Операции погрузки	Удельные трудозатраты (чел.-мин/м ³) при применении машин			
	1ПН-5	1ПНБ-2	2ПНБ-2	ПНБ-3Д
Подготовительные	1,0	1,0	1,0	1,6
Вспомогательные	15,83	15,46	15,46	15,12
Основные	7,53	4,70	3,75	2,48

ностью процесса погрузки за счет снижения времени на обмен вагонеток. При этом, как правило, в процессе обмена участвует больше проходчиков и трудоемкость обмена вагонеток остается достаточно высокой. Это приводит к отставанию роста производительности труда от роста темпов проведения выработок. В результате этого многие скоростные проходки оказываются экономически неэффективными.

При применении погрузочных машин с высокой производительностью (ПНБ-3, ПНБ-3К, ПНБ-3Д, ПНБ-4) еще в большей степени выявляется несоответствие между средствами погрузки и призабойного транспорта. В табл. 30 приведены структурные показатели трудоемкости процесса погрузки при площади сечения выработки в проходке 20 м² при применении в качестве средств обмена переносных стрелочных переводов. Анализ данных табл. 30 показывает, что при повышении технической производительности погрузочных машин обмен вагонеток посредством стационарных стрелочных переводов снижает долю собственно погрузки с 30,4% при производительности машины 48 м³/ч до 12,6% при производительности 360 м³/ч.

Таким образом, несмотря на все большее насыщение проходческих забоев высокопроизводительной техникой, производительность труда, как показывает практика, остается на том же уровне. Совершенствование средств обмена и транспорта является решающим фактором в повышении производительности зочных машин.

Из последних разработок, направленных на совершенствование маневровых операций, следует отметить перекатную рошю.

Перекатная роликовая платформа типа ППР [53] предназначена для обмена одиночных вагонеток через разминловку, находящуюся на расстоянии 100 м от забоя горизонтальных подготовительных выработок, которые могут быть как однопутными, так и двухпутными с колеями 600 или 900 мм (табл. 31).

Таблица 31

Показатели	Типоразмер	
	ППР1-600, ППР2-600	ППР1-900, ППР2-900
Грузоподъемность, т	4	4
Ширина колеи рельсового пути, мм	600	900
Основные размеры тележки, мм:		
длина	2000	2300
ширина	976	1276
высота	123	123
Масса, кг:		
тележки	116	138
платформы	228; 240	278, 240

Платформа для однопутных выработок состоит из тележки, основной и промежуточной (направляющей и боковой) рам. Платформа для двухпутных выработок имеет две основные рамы.

Тележка представляет собой сварную конструкцию, основанием которой являются два рельса, соединенные между собой опорными брусками, между которыми расположены ролики, обеспечивающие перекачивание тележки с одной рамы на другую. Для фиксации тележки на основных рамах и относительно рельсовых путей предусмотрены упоры.

Для предотвращения самопроизвольного скатывания вагонетки во время перемещения тележки с вагонеткой с одного рельсового пути на другой тележка оснащена стопорными устройствами с педалью и пружиной.

Перестановка вагонеток с одного рельсового пути на другой в двухпутной выработке или на боковую раму в однопутной выработке осуществляется следующим образом. Порожняя вагонетка отцепляется от состава и закатывается на тележку до упора колеса в передний стопор. Под действием пружины задний стопор возвращается в исходное положение, и вагонетка фиксируется на тележке. Затем тележка с вагонеткой перекачивается на другой путь или на боковую раму до упоров. Перед скатыванием вагонетки на другой путь необходимо нажать на педаль стопорного устройства и зафиксировать его в нижнем положении. Порожняя вагонетка скатывается с тележки, а тележка возвращается в исходное положение, после чего цикл повторяется.

Перестановщик проходческого оборудования ППО предназначен для механизированного обмена груженых вагонеток и другого проходческого оборудования в призабойной зоне двухпутных выработок. Его грузоподъемность 10 т, масса 700 кг, рассчитан на колею 900 мм. Основные размеры 2703×1636×130 мм.

Таблица 32

Оборудование	Время накатывания на тележку, с	Время перекатыва- ния, с	Время скатывания, с
Вагонетка ВД-3,3: порожняя	8	25	4
гружевая	20	28	8
Погрузочная машина ППН-5	25	28	20

Испытания перестановщика показали, что его применение способствует повышению скорости проведения выработки за счет сокращения времени на обмен оборудования и снижения трудоемкости работ (табл. 32).

Обеспечивая определенный выигрыш во времени, платформы ППР и перестановщики ППО не освобождают рабочих от тяжелого ручного труда.

Перегрузатели предназначены для обеспечения эффективности использования погрузочных машин. Из перегружателей наибольшее распространение получили подвесные ППЛ-1, порталные ППЛ-1К, УПЛ-2; консольные ПСК-1, ПП-1, ПП-2. Техническая характеристика некоторых перегружателей приведена в табл. 33.

Их производительность соответствует основным типам погрузочных машин, кроме ПНБ-3Д.

Из конвейеров для транспортирования породы из забоя применяется наиболее часто СР-70М. Он предназначен для транспортирования угля, поэтому при транспортировании породы малонадежен в работе.

С 1981 г. начат выпуск ленточного телескопического конвейера ЛТП-80, который рекомендуется в качестве замены системы конвейеров СР-70—1700. Конвейер имеет ширину ленты 800 мм, приемную способность 8,2 м³/мин, скорость движения

Таблица 33

Показатели	упл-2м	ппл-1э	ппл-1п	ппл-1к	ппс-1
Производительность, м ³ /ч	150	150	150	150	150
Число устанавливаемых вагонов вместимостью 3 м ³	5	5	5	5	17
Ширина ленты, мм	650	650	650	650	650
Скорость ленты, м/с	1,25	1,25	1,25	1,6	1,6
Мощность двигателя, кВт	15	15	13,2	13	15
Масса, т	7,1	10	10	5	16,1

ленты 2 м/с и снабжен ленточным перегружателем длиной 7.4 м. Конвейер может удлиняться до 45 м без добавления отрезка ленты.

К безобменным транспортным средствам на колесно-рельсовом ходу относятся бункера-поезда и большегрузные вагоны с донным конвейером, предназначенные для приема от погрузочной машины, аккумулярования, транспортирования, разгрузки породы и обеспечивающие непрерывность процесса погрузки.

Достоинствами бункеров-поездов различной конструкции являются меньшая длина при равной грузоподъемности по сравнению с обычным составом вагонеток, возможность непрерывной погрузки. Недостатки: сложность конструкции, потребность в специальных разгрузочных пунктах, возможность загрузки и разгрузки только на прямолинейных участках, низкая надежность.

Большегрузные проходческие вагоны типа ВПК выпускаются вместимостью от 7 до 10 м³. В последних аналогичных конструкциях фирмы «Хегглюнд» (Швеция) разгрузочный конец вагона не приподнимают, а вводят в погрузочный конец следующего вагона, имеющего некоторое уширение кузова. Благодаря такой конструкции основные размеры вагонов по высоте остаются без изменений, что позволяет применять их при проведении выработок минимальной площадью сечения 6 м².

Для уменьшения затрат труда и обеспечения равномерной загрузки кузова такие вагоны следовало бы снабжать системой автоматизации донного конвейера.

Большинство моделей самоходных вагонов типа ВС имеют троллейно-кабельный и кабельный подвод электропитания (постоянного или переменного тока), а вагоны ВС15Д и ВС20Д — автономный дизельный привод.

Основными преимуществами самоходных вагонов по сравнению с рельсовым транспортом являются: высокая производительность (средняя производительность 400—600 т/смену, максимальная 1000 т/смену), хорошая маневренность, возможность преодоления подъемов до 15°, небольшие (до 12 м) радиусы поворота машин, меньшие затраты на устройство и содержание трассы транспортирования. Недостатки: высокая стоимость изготовления, содержания и ремонта вагонов, прерывность транспорта, быстрый износ элементов конвейера и шин при крепких и абразивных породах, небольшие экономически выгодные расстояния транспортирования, высокая удельная энерговооруженность.

Испытания, проведенные в угольных шахтах, показали не только возможность, но и эффективность применения самоходных вагонов в угольных шахтах [48]. Так, на шахте «Тентекская» ПО «Карагандауголь» применение самоходного вагона 5ВС-15 в комплексе с буропозрузочной машиной 2ПНБ-2Б подтвердило целесообразность использования пневмоколесного транспорта — скорость проведения по сравнению с аналогичны-

ми комплексами со скребковыми конвейерами возросла в 1,6 раза, а производительность труда — более чем в 1,7 раза. При этом были исключены тяжелые ручные операции парковки транспортных линий основного и вспомогательного потоков, в 5—6 раз сократилась продолжительность доставки материалов. Трудоемкость проведения снизилась в 1,8 раза, а по отдельным операциям в 3—4 раза, что позволяет высвободить из проходческой бригады 7 чел. Производительность машины 2ПНБ-2Б составила 0,56 м³/мин или в 2,4 раза больше, чем при конвейерном транспорте.

С учетом выявленных при испытаниях на шахтах ПО «Карагандауголь» и «Прокопьевскуголь» недостатков вагона БС 15 Гипроуглемаш спроектировал и провел приемочные испытания опытной партии вагонов ВС15Э, специально разработанных для условий угольных шахт. Основная их особенность — возможность снижения в 1,5 раза давления колес на почву и увеличение длины пробега до 1200 м.

К безобменным средствам транспорта относятся также погрузочно-транспортные и погрузочно-доставочные машины. Они находят широкое применение на рудниках цветной и черной металлургии, но в угольных шахтах практически не применяются, хотя за рубежом, например в ФРГ, они находят некоторое применение и в условиях угольных шахт. Кабельные варианты машин в принципе могут найти применение при проведении коротких выработок, а также и протяженных при использовании технологических схем с перегрузом породы.

3.5. ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ ПОГРУЗОЧНЫХ МАШИН

Эксплуатационная производительность погрузочных машин (м³/ч) определяется по формулам:

для машин периодического действия

$$P_s^n = \frac{3600 V_{т.с}}{\frac{V_{т.с} t_{ц} k_p}{V_k k_n} + \frac{2l}{v_{ср}} + t_{сц} + \frac{t_p}{n}};$$

для машин непрерывного действия

$$P_s^n = \frac{3600 V_{т.с}}{\frac{V_{т.с} t_{ц} k_p}{V_{дп} k_n} + \frac{2l}{v_{ср}} + t_{сц} + \frac{t_p}{n}};$$

где $V_{т.с}$ — вместимость транспортных средств, м³; $t_{ц}$ — продолжительность одного цикла движения ковша (гребка), с; $k_p = 1,1$ — коэффициент, учитывающий время, затрачиваемое на ремонт и техническое обслуживание машины во время смены; V_k — вместимость ковша машины, м³; $V_{дп}$ — расчетный объем горной массы, забираемый лапой за одно движение, м³; k_n — коэффициент наполнения ковша (гребка) породой; l — расстояние от машины до пункта обмена вагонов, м; $v_{ср}$ — средняя скорость

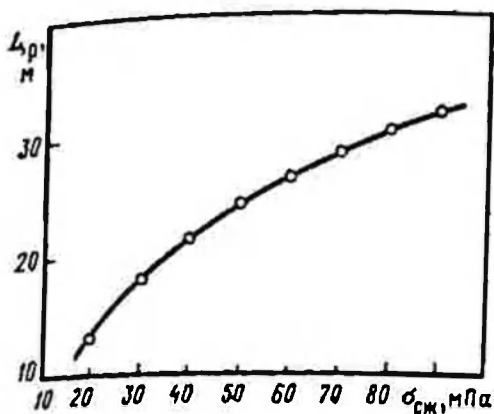


Рис. 12. Зависимость длины развала горной массы взрывом от прочности пород

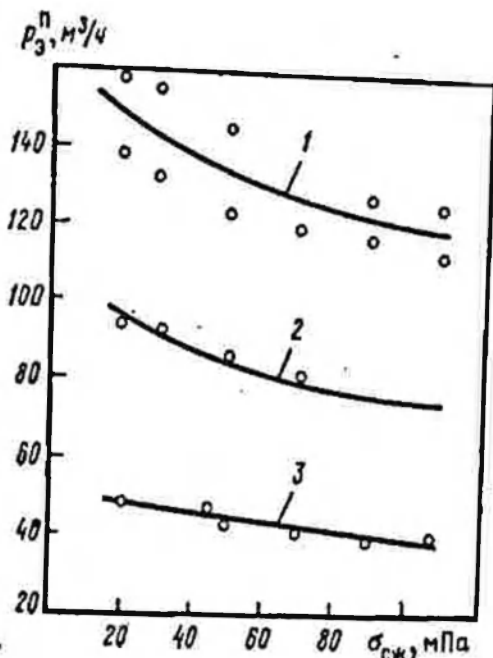


Рис. 13. Зависимость производительности погрузочных машин от прочности пород:

1 — ПНБ-3; 2 — 2ПНБ-2; 3 — ППН-5

откатки вагонов (вручную 0,6—1,0 и электровозом 1,5—3,0), м/с; $t_{сд}$ — время на расцепку вагонов, прицепку к машине и прицепку к составу (при погрузке всего объема горной массы в бункер-поезд и с помощью перегружателя без расцепки вагонов $t_{сд}=0$), с; t_p — время между подачей составов под погрузку, с; n — число вагонов в составе.

Определение производительности погрузочных машин по вышеприведенным формулам требует большого количества данных и не учитывает особенностей ведения горнопроходческих работ.

Весь процесс погрузки породы можно разделить на два этапа: малопродуктивная погрузка породы, разбросанной взрывом; погрузка основной массы породы с толщиной слоя выше 50 см.

Эксперименты показывают, что длина развала горной массы взрывом при сложившейся технической оснащённости взрывных работ в шахтном строительстве средствами короткозамедленного инициирования (ЭДКЗ) с ограниченным числом ступеней замедлений зависит от прочности пород (табл. 34) [15].

На рис. 12 показана зависимость длины развала горной массы взрывом от прочности пород, которая может быть описана уравнением

$$L_p = \sqrt{0,015 \sigma_{сж}^2 + 9,93 \sigma_{сж}} - 60,63.$$

Коэффициент корреляции $r=0,86$.

При увеличении величины развала горной массы возрастает объем малопродуктивной погрузки, а следовательно, снижается эксплуатационная производительность погрузочной машины.

Таблица 34

Шахта, выработка	Площадь сечения выработки, м ²		Предел прочности пород, МПа	Длина развала пород, м
	в свету	в проходке		
«Распадская»: главный квершлаг гор. +70 м	17,2	21,2	80—120	40
конвейерный квершлаг	12,3	15,4	50—70	18—21
«Коксовая», однопутный штрек	6,9	9,7	50—70	20
«Казахстанская»: выработки около ствольного двора	17,3	20,4	60—80	27—30
откаточный квершлаг	14,4	17,3	60—80	28
«Стахановская», откаточный квершлаг гор. —100 м	14,4	17,3	50—70	20
«Северная», конвейерный штрек	13,1	17,8	40—50	20

Зависимость производительности погрузочных машин от прочности пород показана на рис. 13.

В табл. 35 приведена структура подготовительно-заключительных ($T_{п.з}$), вспомогательных ($T_{вс}$) и основных ($T_{осн}$) трудозатрат на 1 м³ горной массы в плотном теле по типам машин в зависимости от площади поперечного сечения выработки.

К подготовительно-заключительным операциям относятся: подгон-отгон, подключение-отключение, подготовка погрузочных машин к работе, к вспомогательным — оборка кровли и боков с частичным оконтуриванием выработки: формирование развала породы рабочим органом в бурт высотой 30—40 см, разборка и разкайловка крупных кусков породы, подкидка породы, обмен груженых вагонеток на порожние, укладка времянок или выдвижных рельсов, подборка породы и т. д. К основным операциям относятся собственно погрузка породы в транспортные средства, маневровые перемещения погрузочных машин во время погрузки.

Как видно, при неизменной технологии погрузки породы рост поперечного сечения выработки обуславливает увеличение: объема погрузки породы, продолжительности оборки боков и кусков породы, продолжительности разборки негабаритных рования развала породы в бурт.

В этих же условиях удельные трудозатраты ($T'_{осн}$) погрузки 1 м³ породы остаются неизменными.

Увеличение продолжительности и трудозатрат на выполнение вспомогательных работ соответствует росту объема погрузки на

Таблица 35

$S_{пр}$, м ³	Удельные трудоzатраты в (чел.-мин/м ³)	Погрузочные машины			
		1ПНН-5	1ПНБ-2	2ПНБ-2	ПНБ-3Д
15	$T_{п.в}$ $T_{вс}$ $T_{оси}$	1,33 15,83 7,5	1,33 15,46 4,7	1,33 15,46 3,75	2,0 15,12 2,48
20	$T_{п.з}$ $T_{вс}$ $T_{оси}$	1,0 15,83 7,53	1,0 15,46 4,70	1,0 15,46 3,75	1,6 15,12 2,48
25	$T_{п.з}$ $T_{вс}$ $T_{оси}$	0,8 15,83 7,53	0,8 15,46 4,70	0,8 15,46 3,75	1,2 15,12 2,48
30	$T_{п.з}$ $T_{вс}$ $T_{оси}$	0,66 15,83 7,53	0,66 15,46 4,70	0,66 15,46 3,75	1,0 15,12 2,48

1 м выработки, поэтому удельные трудоzатраты ($T'_{вс}$) на 1 м³ погрузки породы остаются постоянными.

Трудоzатраты на выполнение подготовительно-заключительных работ остаются неизменными, поэтому рост объема погрузки породы на 1 м выработки обуславливает снижение удельных трудоzатрат ($T'_{п.з}$). Изменение трудоzатрат подготовительно-заключительных работ можно учесть фактором сечения выработки ($S_{пр}$).

Таким образом, на эксплуатационную производительность погрузочных машин влияют следующие факторы: техническая производительность ($P_{тех}$) машин, площадь поперечного сечения выработки ($S_{пр}$); прочность пород ($\sigma_{сж}$); вместимость вагонеток ($V_{т.с}$); способ обмена вагонеток или удельные трудоzатраты на обмен вагонеток ($T'_{уд.с.о}$); длина разброса горной массы взрывом (L_p) или объем непроизводительной погрузки породы ($W_{н.п}$); квалификация машиниста, техническое состояние погрузочной машины; трудоzатраты на вспомогательные операции; удаленность стрелочных переводов от забоя и др.

В КузНИИшахтострое на основе хронометражных наблюдений получена расчетная формула часовой эксплуатационной производительности погрузочных машин всех типов.

Таблица 36

Типы погрузочной машины	Общее число наблюдений	Коэффициент вариации	Надежность результата
ППН-5, ППМ-4	168	3,0	0,997
ПНБ-2, 2ПНБ-2, ПНБ-3Д	116	2,4	0,984

За основные учитываемые факторы процесса погрузки пород приняты: техническая производительность погрузочных машин, значение которой принимается из технической характеристики машины; площадь поперечного сечения выработки; прочность пород; вместимость непрерывно загружаемых транспортных средств; удельные трудозатраты на обмен вагонеток или одновременно загружаемых партий вагонеток.

Влияние второстепенных факторов учитывается косвенно значениями средних величин входных параметров.

Характеристика выборки для составления модели приведена в табл. 36.

С учетом рассмотренных зависимостей модель эксплуатационной производительности погрузочных машин всех типов имеет вид

$$P_{\text{э}}^n = 0,5 P_{\text{тех}}^n + 0,22 S_{\text{пр}} - 0,15 \sigma_{\text{сж}} + 3,36 V_{\text{т.с}} - 2 T_{\text{с.о.уд}} \quad (2)$$

Множественный коэффициент корреляции $R_{\phi} = 0,98$, случайная средняя квадратическая погрешность корреляции $\sigma_{R_{\phi}} = 0,018$, критерий надежности $\mu = 54,4$.

Следовательно, при прочих равных условиях производительность погрузочной машины будет зависеть от величины развала горной массы взрывом и от средств обмена. Даже при непрерывной погрузке горной массы техническая производительность погрузочной машины в забое не может быть реализована полностью из-за значительного развала пород взрывом. В табл. 37 приведены коэффициенты уменьшения эксплуатационной производительности погрузочной машины k_y по сравнению с технической, рассчитанные с использованием формулы (2) при $\sigma_{\text{сж}} = 60$ МПа и $S_{\text{пр}} = 20,6$ м².

Следует иметь в виду, что по данным табл. 37 можно определить максимально возможную производительность погрузочных машин. Фактическая эксплуатационная производительность при этом будет значительно ниже. Это вызвано прежде всего нетехнологичностью средств призабойного транспорта по отношению к погрузочным машинам. Так, при применении погрузочных машин на гусеничном ходу и скребкового конвейера последний ограничивает свободу маневра машины при уборке породы, поэтому неизбежны перекидка породы и повторная зачистка

Таблица 37

Средства обмена	Вместимость транспортных средств, м³	k _y для погрузочных машин		
		ППН-5	2ПНБ-2	ПНБ-3Д
Стрелочный перевод, электро-воз	3,3	0,12	0,26	0,38
Стрелочный перевод, вагоны ВПК	10	0,67	0,61	0,55
Плита-разминовка, электровоз	3,3	0,27	0,36	0,43
Перекатная платформа	3,3	0,33	0,40	0,45
Перегружатель ПСК-1	10	0,67	0,60	0,55
Перегружатель ППС-1	50	0,83	0,83	0,62
Забойный конвейер СР-70М	—	0,83	0,83	0,83

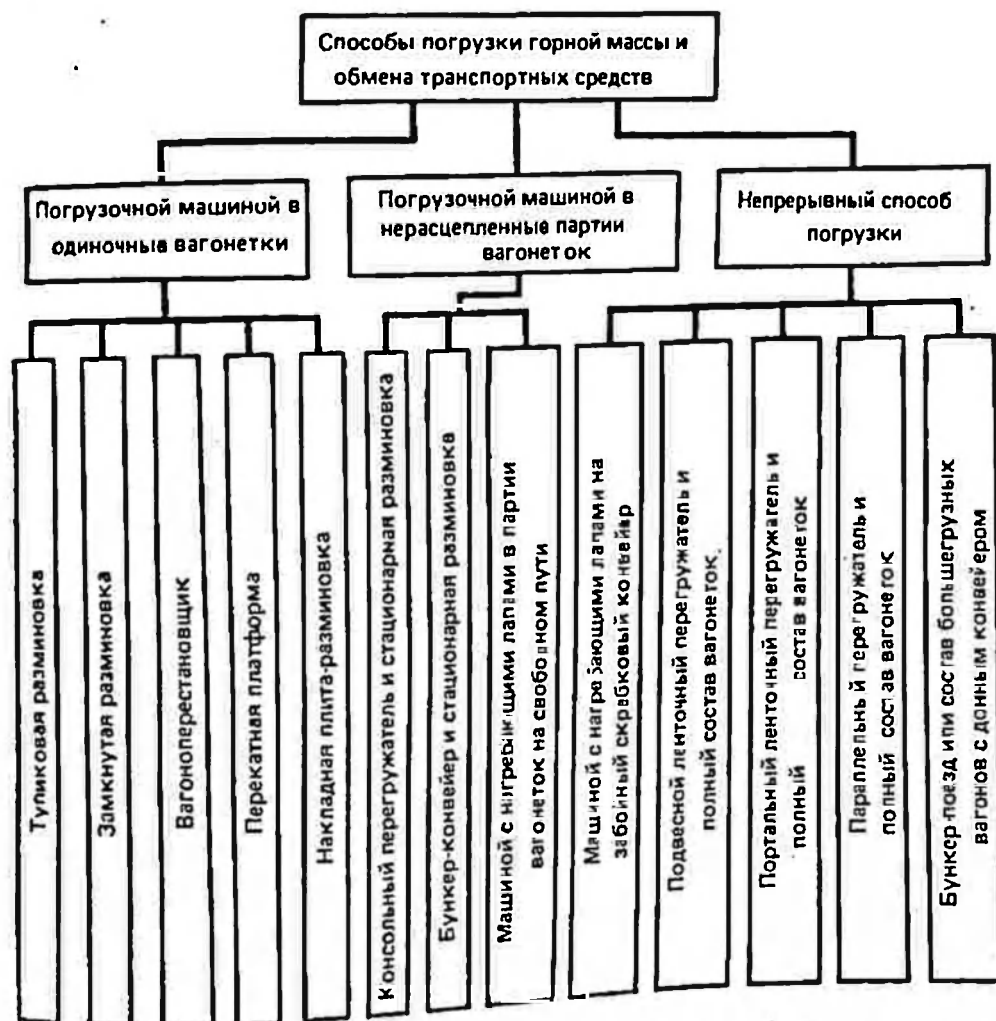


Рис. 14. Классификация способов погрузки горной массы и обмена транспортных средств при проведении горизонтальных горных выработок

почвы выработки вдоль конвейерной линии. Вследствие низкой приемной способности конвейеров возникают простои погрузочной машины из-за заштыбовки и разрыва транспортной цепи. При работе скребковых конвейеров в проходческих забоях велика аварийность и значительно сокращается срок их службы.

Нетехнологичность средств транспорта приводит к тому, что совместная работа действующих погрузочных машин и транспортных средств характеризуется весьма низкими технико-экономическими показателями. Так, при погрузке в одиночные вагоны эксплуатационная производительность погрузочных машин составляет только 0,1—0,2 м³/мин, а при погрузке на скребковый конвейер 0,15—0,3 м³/мин, что на порядок ниже их технической возможной производительности.

Отсюда видно, что для повышения производительности процесса уборки необходимо в первую очередь совершенствовать средства обмена и технологию буровзрывных работ, а не производительность погрузочной машины, которая у таких машин, как ПНБ-ЗД, для современного уровня вполне достаточна. Ее совершенствование должно вестись в направлении повышения надежности и срока службы.

Классификация способов погрузки горной массы и обмена транспортных средств при проведении горизонтальных горных выработок приведена на рис. 14.

4. МЕХАНИЗАЦИЯ ВОЗВЕДЕНИЯ КРЕПИ

4.1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

В зависимости от горно-геологических условий и типа применяемой крепи затраты труда на ее возведение составляют 20—30 % общей трудоемкости работ по проведению выработки.

Опыт строительства новых и реконструкции действующих шахт свидетельствуют о том, что крепление и поддержание основных горных выработок остается «узким» местом в общем комплексе горнопроходческих работ. Применение традиционных крепей не позволяет обеспечить достаточно высокие темпы строительства горных выработок, они материалоемкие и трудоемкие, всего срока службы выработки, зачастую не поддаются механизации.

Основной вид крепи в настоящее время — металлическая арочная крепь с железобетонной затяжкой, которая обладает многими недостатками. Так, оптимальный режим работы арки клинке ее в 1/3—1/4 пролета при тщательной забутовке и рас- выполняется. Из-за недостаточного контакта с окружающими породами арка с затяжкой выполняет, по существу, только ог-

раздающие функции. При такой ситуации практикуемое в сложных горно-геологических условиях увеличение плотности крепи до 2—3 рам на 1 м выработки практически не влияет на деформационные процессы в горном массиве и не может существенно повысить устойчивость выработки. Кроме того, эта конструкция не позволяет повысить производительность труда проходчиков, так как наиболее трудоемкие операции (установка арки, укладка затяжки и забутовка закрепного пространства) не могут быть механизированы.

Второй по объему применения в капитальных горных выработках является крепь из монолитного бетона, уровень механизации возведения которой не превышает 5—7% [10].

В проектах угольных шахт до настоящего времени применяют для крепления выработок околоствольных дворов жесткую крепь из двутавровых балок с бетонным заполнением. Кроме конструктивных и технологических недостатков, несоответствия режима работы реальным условиям, эта крепь нетехнологична в изготовлении, весьма металлоемка (до 1,5 т металла на 1 м выработки) и также не поддается механизации.

Таким образом, несмотря на постоянно предпринимаемые попытки усовершенствовать традиционные конструкции крепи и механизировать их возведение, процесс крепления остается одним из самых трудоемких и дорогостоящих. Следовательно, интенсификация горнопроходческих работ на базе традиционных методов крепления, за исключением монолитной бетонной крепи, практически невозможна. Повышение степени интенсификации и эффективности связано прежде всего с применением более дешевых крепей, дающих возможность механизации процесса крепления.

Между тем в последние годы как в нашей стране, так и за рубежом создан ряд новых эффективных видов крепей и способов крепления и поддержания капитальных горных выработок, дающих возможность частичной или практически полной механизации процесса. К числу таких разработок относятся: набрызгбетонная крепь в самостоятельном виде или в комбинации с усиливающими конструкциями (анкеры, арки, металлическая сетка), комбинированные крепи с использованием несущей способности окружающих выработку массива горных пород (крепь-оболочка) из монолитного бетона или набрызгбетона в сочетании с упрочнением массива, сборные железобетонные тубинговые крепи ГТК, КТАГ без заполнения и с заполнением крепного пространства твердеющими растворами или смесями и, если это необходимо, с последующим упрочнением массива, крепь-монолит из разрушенных взрывом и упрочненных горных пород, крепи регулируемого сопротивления и др.

В настоящее время объемы применения указанных конструкций крепей и способов поддержания выработок в Минуглепроции СССР остаются крайне низкими. В табл. 38 приведены объемы применения этих видов крепей (км) за 1985 г. [25].

Таблица 38

Вид крепи	Кузнецкий бассейн	Карагандинский бассейн
Металлическая крепь с тампонажем закрепного пространства	4	4,1
Сборная железобетонная тубинговая крепь	4,6	0,6
В том числе с тампонажем закрепного пространства	0,7	0,6
Анкер-металлическая крепь	4,3	—
Упрочненные горные породы	1,8	1,7

Одна из главных причин такого положения — отсутствие механизации процесса возведения крепи. В системе Минуглепрома СССР не организовано серийное производство созданных институтами средств механизации установки крепи (ТУ-3, К-1000, БУК-3, машина для торкретирования ПБМ, опалубка ОМП, машины для забутовки закрепного пространства, комплексы для упрочнения горных пород, машины для набрызгбетонирования и др.) и бурения шпуров под анкерную крепь в породах любой крепости.

Одним из наиболее эффективных и перспективных способов крепления горизонтальных капитальных выработок являются набрызгбетонная крепь и крепи, использующие в качестве основного несущего элемента оболочку разрушенных пород, упрочненных глубинной инъекцией и тампонажем закрепного пространства скрепляющими растворами, область применения которых практически неограничена. В связи с этим главными направлениями технического прогресса в области проектирования крепей в Минуглепроме СССР рекомендовано считать применение в проектах крепей, использующих несущую способность окружающего массива, в том числе упрочнение контурного массива в сочетании с облегченными видами крепей, заполнение закрепного пространства упрочняющими растворами в сочетании со сборными конструкциями анкеров (анкер-металлическая, анкер-набрызгбетонная), крепь-моноплит, крепь регулируемого сопротивления и многошарнирные сборные железобетонные тубинговые крепи.

Следовательно, развитие механизации процесса крепления должно идти по пути создания:

- надежных и эффективных средств бурения шпуров под анкры в выработках площадью сечения до 50 м²;
- средств возведения набрызгбетонных крепей с полной механизацией или даже автоматизацией процесса для исключения присутствия человека в месте производства работ;
- средств для тампонажа закрепного пространства и инъекционного упрочнения массива горных пород;

надежных механизированных опалубок и более эффективных машин для возведения монолитной бетонной крепи; средств механизированной доставки, дозирования и перемешивания бетонных смесей.

Поскольку арочная металлическая крепь длительное время все еще будет преобладающим видом крепи, следует вести работы в области совершенствования как конструкции крепи, так и механизмов для ее возведения.

4.2. МЕХАНИЗАЦИЯ ВОЗВЕДЕНИЯ АРОЧНОЙ МЕТАЛЛИЧЕСКОЙ КРЕПИ

Сложившаяся технология возведения металлической арочной крепи представляет собой многооперационный (16 операций) и трудоемкий процесс. Этот процесс на протяжении последних десятилетий не претерпел каких-либо существенных изменений и слабо поддается механизации. В связи с этим доля работ по креплению выработки в зависимости от ее площади сечения, технологической схемы проведения, схемы транспорта горной массы и других факторов колеблется от 25 до 55 %, составляя в среднем 33—36 % трудоемкости проходческого цикла и до 50 % по времени.

Для механизации отдельных операций процесса возведения крепи предложен ряд средств механизации. Анализом установлено, что из 33 отечественных и зарубежных средств механизации подъем и удержание верхняка осуществляют 30 конструкций, установку боковых стоек — 15, доставку отдельных элементов крепи в забой — 17. Однако ни одна конструкция не позволяет решить проблему комплексно или с частичным обеспечением выполнения таких технологических операций, как затяжка боков и кровли выработки, забутовка закрепного пространства и других работ [32].

В СССР освоено промышленным производством подвесной монорельсовый крепеустановщик КПМ-8, созданный и серийно изготавливаемый НПО «Углемеханизация». Он предназначен для механизации операций по доставке элементов крепи в забой, подъему и удержанию верхняков, выполняет функции передового предохранительного крепления. Перекрытие крепеустановщика можно использовать в качестве подвижного полка при бурении шпуров ручным инструментом и их зарядании, а также при оборке, подъеме материалов для забутовки закрепного пространства, укладке затяжек, расклинивании рам, наращивании вентиляционных труб.

После бурения шпуров крепеустановщик отводят по подвесному монорельсовому пути от забоя к месту складирования таллокрепи и затяжек. На выдвижные кронштейны перекрытия укладывают две стойки рамы крепи. Затяжки размещаются на полке перекрытия.

После взрывных работ и проветривания забоя крепеустановщик с элементами крепи передвигают к забою и перекрывают поднимают вверх до контакта верхняка с кровлей выработки. В данном случае он выполняет функции временной предохранительной крепи, под защитой которой разбирают и убирают горную массу. Затем перекрытие фиксируют на необходимой высоте, а стойки крепи спускают вниз и соединяют с верхняком. С опущенного до удобного положения перекрытия устанавливают межрампыс стяжки, затягивают верх и бока выработки, забутывают закрепное пространство.

Техническая характеристика КПМ-8

Грузоподъемность, кг	800
Скорость передвижения, м/с	0,3—0,4
Основные размеры, мм:	
длина	6880
ширина по перекрытию	3200
ширина по корпусу	1700
Высота от верхней полки монорельса, мм:	
при опущенном перекрытии	3003
при поднятом перекрытии	556
Длина монорельсового пути, м	60
Масса, кг:	
с подвесным путем	5748
без подвесного пути	2000

Применение подвесного монорельсового крепеустановщика КПМ-8 заметно сокращает трудоемкость работ и продолжительность крепления. В горизонтальных выработках его использование позволяет обеспечить степень механизации возведения крепи на 20 %, увеличить скорость проведения выработки на 10—15 % и снизить трудоемкость возведения временной и постоянной крепи в 2,6 раза. Исследования, проведенные на шахтах Донбасса, показали, что трудоемкость (чел.-мин) возведения крепи при этом следующая.

Сборка перекрытия	10—12
Доставка перекрытия в забой	2—3
Установка перекрытия в забое	1
Соединение элементов крепи	60—70
Затяжка межрампыс пространства и забутовка закрепного пространства	70—80
Нарращивание монорельсового пути	8—10

На этих операциях занято 2—3 рабочих.

Опыт эксплуатации крепеустановщика КПМ-8 на шахтах Донбасса показал возможности повышения достигнутых показателей. Резервы заключаются в сокращении затрат времени за счет увеличения числа совмещенных операций по креплению с другими операциями (например, бурение шпуров) и ускорения конструкции рабочего органа — перекрытия, обеспечив ему дополнительную подвижность в горизонтальной и вертикальной плоскостях, что позволит исключить ручной подъем и перемещение верхняка поперек выработки при криволинейной трассе моно-

рельсового пути и сократить при этом трудоемкость установки крепи на 10—12 %, а также предварительной сборкой верхнего свода крепи (верхняки с затяжками) во время бурения шпуров. При этом степень механизации возведения крепи может быть доведена до 40—45 %, а трудоемкость снижена на 20—25 %.

Экономический эффект от внедрения крепеустановщика составляет 27,8 тыс. руб. в год, выпускается он серийно с 1980 г. Тем не менее малый диапазон применения ($S_{\text{св}} = 13,8 \text{ м}^2$) и незначительная степень механизации процесса возведения крепи (20 %) не позволяют говорить о законченности работ в этом направлении.

Применяемые за рубежом средства механизации возведения металлической арочной крепи можно разделить на следующие основные группы: крепеустановщики (самоходные, порталного типа, установленные на проходческом комбайне и подвесные, перемещающиеся по рельсам); проходческие универсальные полки; дополнительные устройства [30].

Самоходные крепеустановщики имеют незначительное применение, так как считается, что использование машин, выполняющих одну функцию, нерентабельно. Общей тенденцией является создание крупных комплексов, включающих и крепеукладчики. Тем не менее простые крепеукладчики существуют и при благоприятных условиях позволяют повысить скорость проведения выработок за счет организации процесса крепления независимо от проходческого оборудования.

В качестве примера на рис. 15 показан подвесной крепеустановщик, созданный в Великобритании. Крепеустановщик передвигается по двум направляющим рельсам.

В ФРГ фирмой «Рурколе АГ» разработан универсальный проходческий полк АТНВ. Его отличительной особенностью является то, что крепеукладчик, имеющий подъемное устройство в виде телескопической стрелы с несущей балкой, установлен на каретке, передвигающейся по рельсу, расположенному на рабочей платформе.

Рабочая платформа крепится на основной раме полка в нижней его части. Она может перемещаться по высоте с помощью гидравлики, стабилизация рабочей платформы в пространстве осуществляется соответствующим распором. Рабочая платформа разделяет сферу проведения выработки в горизонтальной плоскости на две рабочие зоны. При низких выработках рабочую платформу поднимают, что позволяет одновременно с обустройством забоя в верхней половине выработки производить уборку горной массы в нижней ее части.

Полк фирмы «Рурколе АГ» (ФРГ) оснащен также буровым оборудованием, монтажным столом и другими приспособлениями.

Управляющая аппаратура размещена на двух пультах управления. Один пульт находится в середине полка между

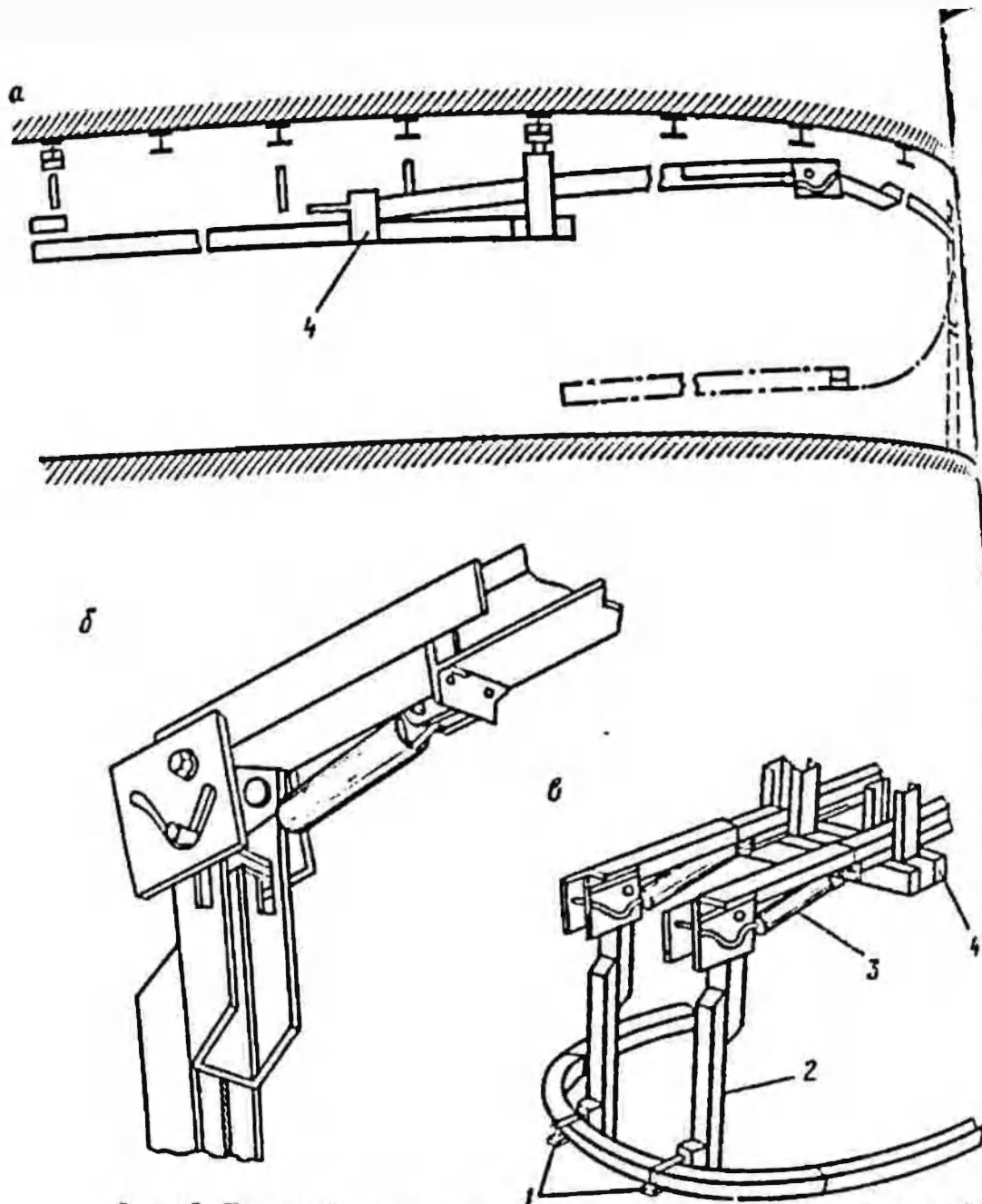


Рис. 15. Подвесной крепеустановщик для подъема собранной арки крепи:
 а — общий вид; б — механизм подъема манипулятора; в — манипулятор в сборе; 1 — киват; 2 — манипулятор; 3 — гидродомкрат подъема; 4 — рама

сущими балками основной рамы, другой — на заднем конце основной рамы. С заднего пульта управляют всеми функциями, необходимыми для перемещения и распора основной рамы. Другими функциями управляют со среднего пульта. Перемещение рамы вперед и назад производится с помощью маневровой тележки, смонтированной на подвесной монорельсовой дороге. Передвижением полка управляют с заднего стенда. Возможно также дистанционное управление.

Применение полка при проведении штрека площадью сечения в свету 17 м², в проходке — 19 м² на шахте «Цольферайн» позволило совместить почти все рабочие процессы во времени. При трехсменном режиме проходки за один рабочий день продвижение забоя в среднем составляло 6,7 м. Средние темпы про-

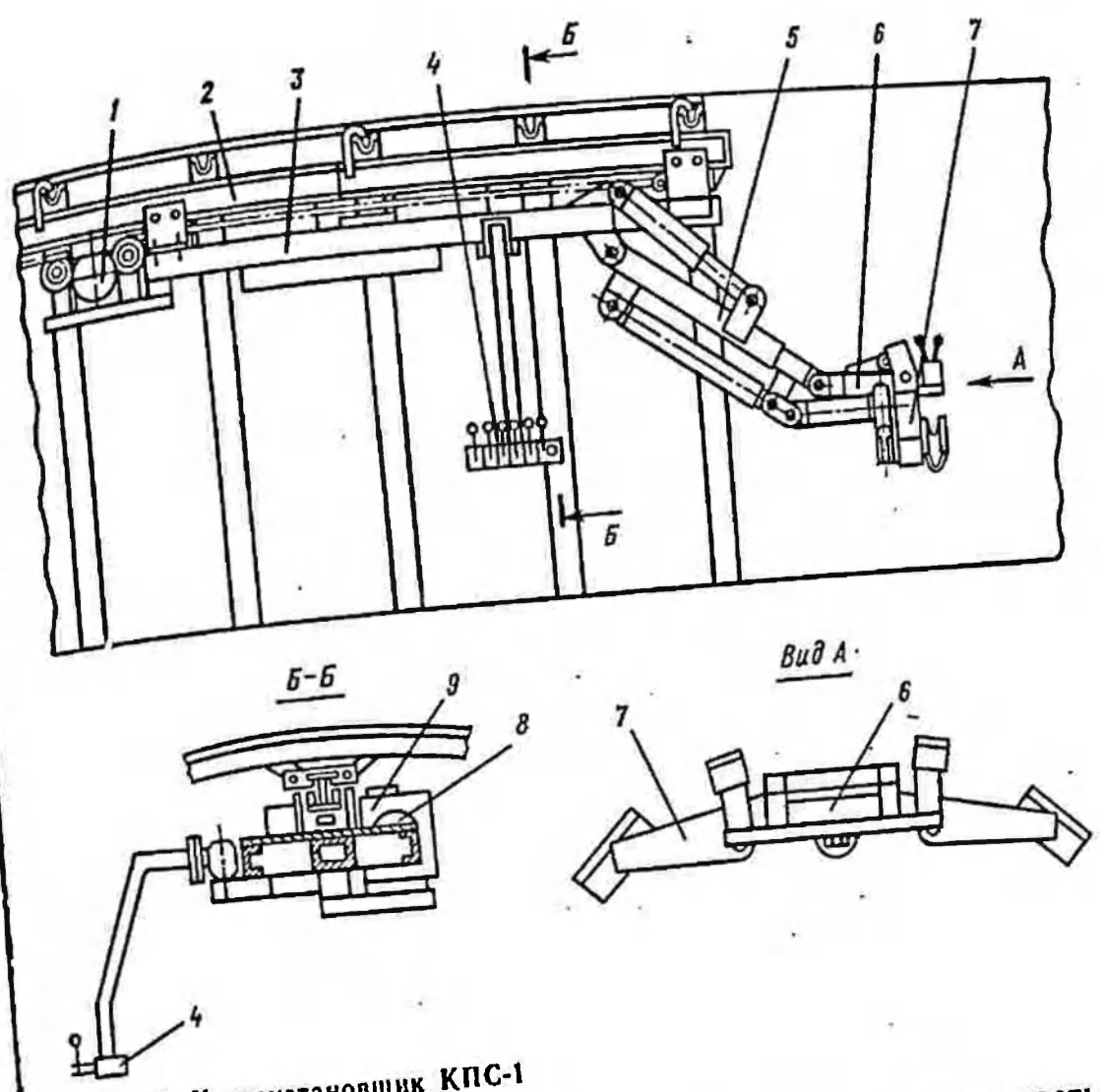


Рис. 16. Крепеустановщик КПС-1

ходки колебались от 170 до 220 м/мес. Производительность труда проходчика составляла 55 и 60 см/смену или соответственно 9,5 и 11 м³/смену.

Трудоемкость монтажа и демонтажа универсального полка в сравнении с другим проходческим оборудованием невысокая. На монтаж полка, включая несущие рельсы, гидроагрегат и магазин шлангов, требуется около 30 чел.-смен. Его преимущества позволяют использовать полки и при проходке капитальных выработок.

Следует отметить, что основным недостатком большинства крепеустановщиков зарубежных фирм является предварительная сборка сегментов крепи, что вызывает необходимость тщательного оконтуривания выработки и связано с дополнительными затратами ручного труда.

Выгодно от этих конструкций отличается крепеустановщик КПС-1, разработанный и изготовленный в Институте угля СО АН СССР (рис. 16). Крепеустановщик позволяет непосредственно в забое возводить верхняки и стойки крепи.

Крепеустановщик КПС-1 состоит из следующих узлов и элементов, связанных между собой кинематически: корпуса 3; монтажного стола 6; механизма установки стоек 7; механизма подъема стола 5; механизма перемещения 1; гидравлической системы 9; электрооборудования пульты управления 4; монорельса 2 (см. рис. 16).

Крепеустановщик работает следующим образом. Вне рабочей зоны забоя монтажный стол переводят в нижнее положение. В поддерживающие устройства стола устанавливаются верхняки крепи. Механизм установки стоек переводят в транспортное положение путем поворота захватов в вертикальной плоскости на 90° и производят на нем монтаж стоек, для которых они укладываются в захваты и прижимаются.

После уборки отбитой горной массы в пределах закрепленной части выработки монтажный стол переводят в транспортное положение. С помощью механизма перемещения крепеустановщик со смонтированными на нем верхняками и стойками крепя подаются к забою по монорельсу.

Выполнение крепеустановщика подвесным позволяет проходить над рабочим оборудованием в забое.

Механизмом подъема стол поднимают в верхнее положение. Механизмы установки стоек остаются в транспортном положении. В таком состоянии крепеустановщик выполняет функцию временной крепи до полной уборки отбитой горной массы из забоя.

По окончании уборки механизмы установки стоек переводят в рабочее положение и надвигают стойки на бока выработки. Производят соединение верхняка со стойками постоянной крепи, затяжку боков выработки, подвигают монорельс на величину подвигания забоя и откатывают крепеустановщик от забоя до следующего цикла крепления горной выработки.

4.3. МЕХАНИЗАЦИЯ ВОЗВЕДЕНИЯ МОНОЛИТНОЙ БЕТОННОЙ КРЕПИ

В настоящее время работы по укладке бетонной смеси за опалубку в основном механизированы за счет применения бетоноукладочных машин типов БМ-60, БМ-68у и комплексов «Монолит-2», БУК-2, БУК-3.

Комплекс «Монолит-2» предназначен для крепления монолитным бетоном капитальных выработок площадью сечения в свету $10-20 \text{ м}^2$. Комплекс работает на сухих компонентах бетонной смеси, которые смешиваются и транспортируются сжатым воздухом по гибкому трубопроводу к сопловому устройству, где происходит затворение бетонной смеси с водой. Готовая бетонная смесь при помощи манипулятора укладывается за опалубку. Комплекс состоит из цементовоза, загрузчика-дозатора, гибкого трубопровода, укладчика-манипулятора. Его производительность по укладке бетона $7 \text{ м}^3/\text{ч}$, максимальное рас-

стояние подачи сухой смеси 300 м. Для плавного выхода бетонной смеси из манипулятора на конце его установлен гаситель, что повышает безопасность работ, снижает нагрузку на опалубку при укладке бетона и, как следствие, позволяет использовать опалубку облегченной конструкции. Использование комплекса позволяет в 3—4 раза повышать производительность труда.

Бетоноукладочный комплекс БУК-3 предназначен для укладки бетонной смеси за опалубку из шахтных вагонеток при креплении бетоном выработок площадью сечения в свету $8,4 \text{ м}^2$ и выше. Принцип работы комплекса заключается в следующем. Из вагонетки бетонная смесь грейфером перегружается в сосуд бетоноукладчика и сжатым воздухом подается за опалубку. Производительность комплекса $5 \text{ м}^3/\text{ч}$, расстояние подачи бетонной смеси по горизонтали 300 м, по вертикали — 30 м, вместимость бетоноукладчика $0,5 \text{ м}^3$.

В зависимости от устойчивости боковых пород для возведения бетонной крепи применяют инвентарные и передвижные одно- и многосекционные опалубки. Универсальная опалубка ОГУ-1М применяется в одно- и двухпутных выработках (на прямолнейных участках) площадью сечения в свету $4,9—16,6 \text{ м}^2$, передвижная опалубка ОМП-2 в выработках площадью сечения в свету $5—25 \text{ м}^2$.

Опыт совместной работы КузНИИшахтостроя и комбината «Кузбассшахтострой» показал, что возведение монолитной бетонной крепи может быть полностью механизировано применением опалубки ОМП конструкции КузНИИшахтостроя и бетоноукладчиков БУК-2 конструкции ВНИИОМШСа.

Опалубка ОМП состоит из отдельных металлических щитов, соединенных с помощью шарниров в секции шириной 1 м. Число секций опалубки зависит от допустимой разопалубочной прочности бетона и скорости проведения выработок. Так, при скорости проведения выработки 60 м/мес и допустимой разопалубочной прочности бетона 7 сут требуется 14 секций.

Для перестановки секций применяют два типа перестановщиков — подвесные (к монорельсу) и навесные (на погрузочную или другие машины). Подвесной перестановщик — это тельферная тележка, передвигающаяся по монорельсу с помощью двух лебедок. Она состоит из двух тележек, шарнирно соединенных друг с другом. При снятии или установке секции одна из тележек сходит с монорельса, а вторая воспринимает консольную нагрузку от секции.

Применение опалубки ОМП значительно улучшает качество крепи, при этом длительность операций, связанных с перестановкой опалубки, по сравнению с инвентарными сокращается в 4—6 раз. В сочетании с бетоноподающими механизмами опалубка позволяет полностью механизировать возведение бетонной крепи, вдвое снизить эксплуатационные затраты и повысить безопасность работ.

4. МЕХАНИЗАЦИЯ ВОЗВЕДЕНИЯ ТЮБИНГОВОЙ УРЕПИ

Применение кранов в элементах заводского изготовления (тюбингов), монтируемых в забоях шахт с помощью крановых устройств типа УК-500, У-1000М, ТУ-3 и механизированных

Таблица 39

Параметры	УТМ	УК-1000М	УУ-1	ТУ-3	ТУ-3
Грузоподъемность, т	0,6	1—15	1	0,5—1,1	1—15
Площадь сечения выработки в плане, м ²	9,5—16,7	>6	13—20	3,4—20	9,4—25,0
Установленная мощность двигателя, кВт	5,7	55	17	7,5	13
Тип механизма передвижения	Колесно-рельсовый		Гусеничный	Колесно-рельсовый	
Размеры в транспортном положении, м	3,1×1,6× ×2,15	5×1,3×1,6	7,6×1,49× ×1,6	3,45×1,35× ×1,82	3,43×1,35× ×1,83
Масса, т	4,3	10,7	7,5	4,5	8,1

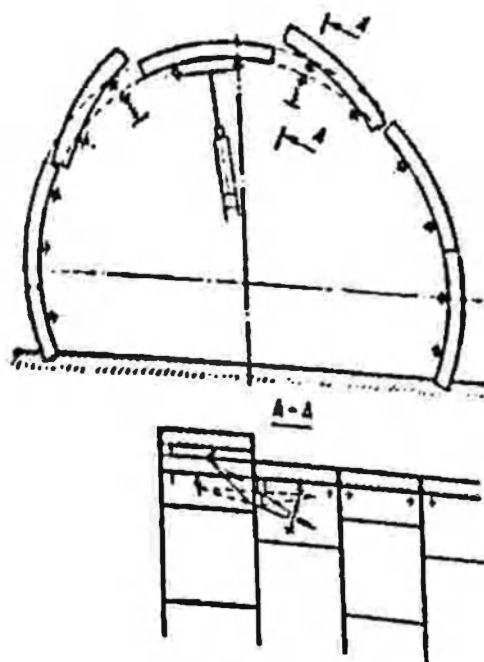


Рис. 17. Схема установки верхних тюбингов с помощью монтажного приспособления

шаблонов, позволяет получить приемлемые технико-экономические показатели и резко сократить расход дефицитного металла.

Характеристика тюбингоукладчиков с электрогидравлическим управлением приведена в табл. 39.

Тюбингоукладчик ТУ-3 выполнен в виде полноповоротной самоходной грузоподъемной машины с телескопической стрелой, оснащенной оригинальным прицепным устройством и уравновешенным противовесом. Полуавтоматическое прицепное устройство позволяет брать тюбинг из шахтной вагонетки или с почвы и без перецепки и дополнительных ручных работ устанавливать его в проектное положение.

Механизм поворота платформы состоит из двух гидроцилиндров, работающих на одну зубчатую рейку, взаимодействующую с шестерней. В ходовой части предусмотрены тормоза.

Нижние тубинги и полутубинги с обеих сторон выработки устанавливают обычно с помощью строп. Для установки верхних тубингов применяют специальное монтажное приспособление (рис. 17) — рамку, которую закрепляют на тубинге с помощью выдвижных штырей, вставляемых в проушины на лицевой стороне тубингов.

4.5. МЕХАНИЗАЦИЯ ВОЗВЕДЕНИЯ АНКЕРНОЙ КРЕПИ

Анкерная крепь в последние годы все шире применяется при сооружении капитальных выработок и тоннелей и является весьма перспективной. Дистанционное управление установкой анкеров максимально увеличивает безопасность работ и производительность труда, так как крепление осуществляется вслед за проходкой.

В шахтном строительстве угольной отрасли доля применения анкерной крепи незначительна, а за последние 10 лет даже уменьшилась до 1,5 %.

На горных предприятиях за рубежом наблюдается обратная тенденция: анкерная крепь находит все большее распространение в качестве как постоянной, так и временной крепи.

Ежегодно в мире в горной и строительной областях устанавливается около 500 млн. анкеров, в том числе в Канаде — около 50 млн., в США — 12 млн., большая часть которых в угольной промышленности (около 25 тыс. км выработок). Получает распространение анкерная крепь в горной промышленности ФРГ, Франции, КНР и других стран. В Великобритании, Швеции, Финляндии нашла применение анкерная крепь из зацементированных стальных канатов, отличающаяся высокой прочностью и дешевизной (в Финляндии ею закреплено более 150 км горных выработок).

В последние годы за рубежом получают развитие анкеры с патронированным вяжущим, когда твердеющая смесь подается в шпур в ампулах-патронах, и инъекционный способ, позволяющий подавать связующие композиции наносом на любую глубину.

Широкое распространение анкерной крепи за рубежом объясняется простотой ее установки, высокой эффективностью и экономичностью.

В развитии средств механизации возведения анкерной крепи можно выделить следующие основные направления:
совершенствование ручных средств установки анкеров (ручные сверла и перфораторы, сверла и перфораторы на державках, сбалчиватели, различные насадки для затяжки гаек и др.);
создание средств возведения крепи на базе буровых кареток, частично механизующих установку анкеров, а также

Таблица 40

Параметры	ПА-1	МАП-1	УВАК-1
Высота выработки, м	1,7—2,9	1,9—3,0	2,5—3,7
Максимальная прочность буримых пород $\sigma_{сж}$, МПа, не более	60	100	70
Глубина бурения, м	1,8	1,6—1,8	1,75—1,90
Усилие подачи, кН	3	15	3
Скорость подачи, м/с	0,01	0,039	0,01
Базисное сверло	ЭРП-18Д2М	ЭБГД-1	ЭРП-18ДМ
Масса, кг	67, 73, 76	250	4,8

средств, полностью механизмирующих рассматриваемый процесс;

разработка устройств, полностью механизмирующих возведение крепи, с дистанционным и автоматическим их управлением.

В отечественной практике возведение анкерной крепи производят с помощью бурильных машин ПА-1, МАП-1, УВАК-1 (табл. 40) и типа БУА.

Установки типа БУА позволяют обуривать забой, производить бурение шпуров под анкерную крепь и затяжку гаек на анкерах.

Шахтная бурильная установка БУА-ЗС-02 на гусеничном ходу с электрогидроприводом применяется для анкерования кровли горных выработок различного назначения при высоте выработок 2,6—3,6 м в породах с $\sigma_{сж} < 100$ МПа, а также для бурения горизонтальных шпуров по забою. Установка состоит (рис. 18) из бурильной машины 6 с бурильной головкой 4, манипулятора 5, корпуса 1, гусеничного хода 3 и системы управления 2.

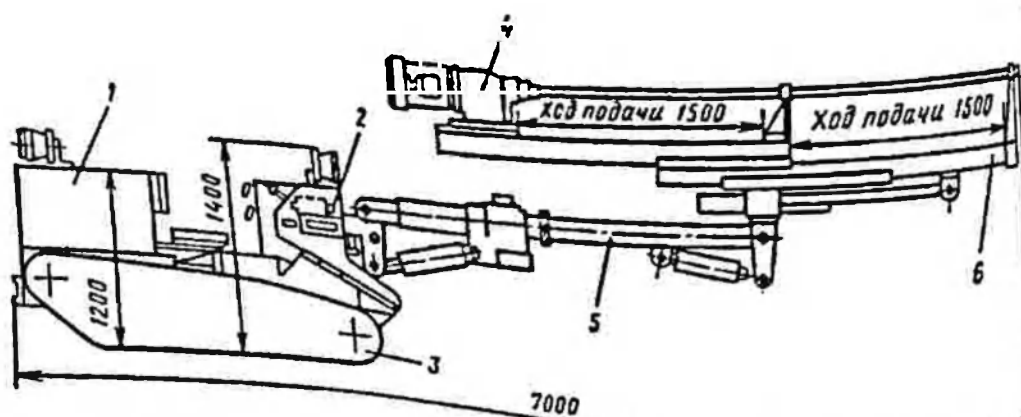


Рис. 18. Бурильная установка БУА-ЗС-02

При помощи бурильной установки БУА-3С-02 на шахте им. Дзержинского ПО «Прокопьевскуголь» проходили путевой уклон с гор. +120 м, приемную площадку путевого уклона на гор. +20 м и выработки околоствольного двора гор. +20 м.

Для бурения шпуров с $\sigma_{сж} \geq 70$ МПа редуктор бурильной головки включался на скорость 320 об/мин, для бурения по породам с $\sigma_{сж} < 70$ МПа редуктор переключался на 700 об/мин. Затраты времени (мин) на один шпурометр на основные и вспомогательные работы приведены ниже.

Забуривание	0,05
Бурение	1,1
Обратный ход инструмента	0,09
Переход от шпура к шпуру	0,37
Перезезды на новую позицию	0,06
Замена резцов и штанг	0,12
Очистка шпуров	0,13

Расход резцов на один шпурометр типа БИ 741 при бурении в песчанках с $\sigma_{сж} = 70-100$ МПа составил 0,1 шт. Испытания показали, что бурильная установка БУА-3С-02 может эффективно применяться при проведении выработок в породах с $\sigma_{сж} < 100$ МПа [35].

Все эти машины могут применяться лишь в выработках площадью сечения в проходке до 15—16 м². В выработках большого сечения (камерах и тоннелях) бурение скважин под анкерную крепь осуществляют высокопроизводительными буровыми машинами или перфораторами, смонтированными на самоходных установках или буровых рамах.

В зарубежной практике наибольшее распространение для этих целей имеет самоходное оборудование. Отличительными особенностями такого оборудования являются использование колесного (пневмошины) или гусеничного хода, дистанционное управление и широкая область применения.

Так, фирма «Тампелла-Тамрок» (Финляндия) выпускает универсальную самоходную автоматическую установку для анкерования «Роболт». Особенность этой установки состоит в использовании в ней стандартных узлов от другого серийно выпускаемого оборудования.

Из последних разработок фирмы «Тамрок» можно указать комплекс «Максиматик-Н-207-В» для проходки тоннелей площадью сечения 15—80 м². Комплекс оборудован двумя стрелашами ZR-990Н и перфораторами HLR-436-TS для бурения шпуров и перфораторами HLR-436-TS для бурения шпуров под анкерную крепь диаметром 32 мм. Дополнительно монтируется стрела погрузчика.

Шведская фирма «Атлас-Копко» разработала полностью механизированную каретку с дистанционным управлением «Болтэкс-500» для бурения шпуров и установки анкеров всех типов. Каретка может быть на пневматическом или гусеничном ходу. Производительность ее — 50 болтов в час. За счет использова-

ния выдвинутой стрелы крепь может устанавливаться на высоте до 4 м без дополнительных помостов.

Для сравнения следует отметить, что время установка с помощью самоходной и ручной установкой с помощью телескопического станка составляет около 5 мин; на автоматизированной установке АКП-8 — 3—4 мин; штапг типа «Сплит-Сет» с бурением шпуров менее чем за 2 мин. Чистое время установки штапга «Сплит-Сет» составляет 15—20 с, типа «Свелекс» — 1—1,2 мин или около 50 анкеров за час [15].

Таким образом, анкерная крепь является в настоящее время основным видом крепления, обеспечивающим повышение скорости проходки и производительности труда проходчиков. Данное направление соответствует прогрессивным тенденциям мировой практики того уровня, как наиболее механизмуемое (до 95—98 %) с использованием автоматических буровых кареток типа «Болтэкс-30» (фирма «Атлас-Копко», Швеция) или АКП-8 (СССР).

На современном этапе развития техники комплексная механизация анкерного крепления не является завершенным процессом. Существует много факторов, влияющих на степень механизации процесса крепления, например высота выработки, физико-механические свойства пород, необходимая длина анкера, его конструкция, стоимость устройства для установки анкеров и т. д. Поэтому в настоящее время в мировой практике наряду с использованием комплексной механизации находят применение и более упрощенные технические средства, дающие экономию за счет снижения уровня ручного труда и повышающие эффективность крепления за счет сокращения времени, необходимого для возведения крепи. Например, для установки анкеров вручную фирмы «Мако-Медон» и «Монтабор» (Франция) изготавливают пневмоподдержки для бурильных штанг. Поддержки в большинстве случаев имеют массу 20—30 кг, длину в сдвинутом состоянии 1,0—1,75 м и рабочий ход 0,95—1,95 м при одинарной или двойной раздвижке. При правильной организации работ и разовой замене буровых штанг рабочего хода достаточно, чтобы устанавливать анкеры длиной от 1,5 до 2,4 м.

Многие зарубежные фирмы серийно изготавливают механизированный ручной инструмент и легкие буровые станки, а также самоходные машины для частичной или полной механизации процесса анкерования. Только в США эти машины выпускают более 10 фирм и компаний.

В целом применение машин для установки анкеров позволило резко увеличить производительность труда и повысить безопасность работ по креплению. За смену бригада устанавливает 30—90 анкеров с применением простых машин, а с помощью полностью автоматизированных установок один оператор устанавливает до 120—140 анкеров в смену.

46. МЕХАНИЗАЦИЯ ВОЗВЕДЕНИЯ НАБРЫЗБЕТОННОЙ КРЕПИ

Для возведения набрызгбетонных крепей применяют машины типа БМС-3, БМ-60, С-702, С-630А, С-320, БМ-70, БПМ-1, ТП-2 и т. п. При этом коэффициент механизации процесса возведения крепи относительно невысок (0,34—0,46). Сохраняется тяжелый ручной труд при разгрузке материалов для приготовления набрызгбетона (цемент, песок, щебень), их дозировании, смешивании и загрузке сухой бетонной смеси в машину. Время работы по набрызгу бетона машиной БМ-60 составляет до 19 % общего времени работ по креплению. Закупка Минцветметом СССР импортных машин типа «Алива-300» фирмы «Алива» (Швейцария), «Торкрет-шприц» и «Торкрет-Миш» фирмы «Олеман» (ФРГ) также не решает проблемы комплексной механизации возведения набрызгбетонной крепи, так как показатели этих машин не намного выше показателей машины БМ-60. Время работы по набрызгу бетона этими машинами по данным их эксплуатации на рудниках Норильского горно-металлургического комбината составляет 25—30 % общего времени работ по креплению, остаются высокими затраты тяжелого ручного труда, производительность бригады из трех человек составляет 3—4 м³/смену.

Таким образом, массовое внедрение прогрессивного анкерного крепления с применением быстротвердеющих вяжущих и возведение крепи способом набрызгбетона связаны с увеличением доли ручного труда в особо вредных для здоровья условиях и сдерживается из-за отсутствия эффективных средств механизации и автоматизации процесса.

ВНИИОМШСом для уменьшения вредного воздействия водопылевого тумана на организм человека и отскока материала разработан механизм вождения, представляющий собой манипулятор, смонтированный на рельсовой самоходной тележке. Его использование позволяет сократить на 20 % отскок и на 3—5 % расход материалов для возведения крепи. Наряду с улучшением санитарно-гигиенических условий повышается безопасность труда: при использовании набрызгбетонной крепи в качестве временной она возводится под защитой постоянной.

НИПИгормаш разработал комплекс оборудования для набрызгбетонирования КНБ-2,5. Комплекс предназначен для доставки сухих компонентов набрызгбетона от пункта загрузки на участок ведения работ в шахте, их временного хранения, дозирования, смешивания составляющих бетонной смеси и возведения крепи в горных выработках. Он состоит из трех установок ДСМ-1 для доставки сыпучих материалов, навесного привода, переносного пульта управления и материалопровода (рис. 19).

Комплекс КНБ-2,5 прошел испытания и широкую промышленную проверку на шахте «Северопесчанская» Богословского рудоуправления ПО «Уралруда». Его применение позволило ис-

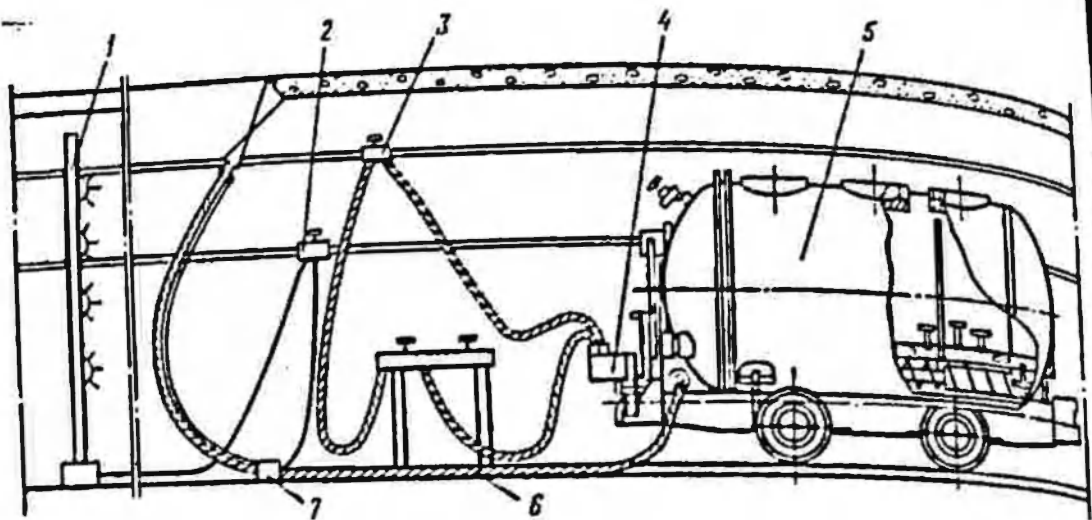


Рис. 10. Комплекс для набрызгбетонирования КНБ-2,5:

1 — водяная завеса; 2 — подвод от водяной магистрали; 3 — подсоединение к воздушной магистрали; 4 — привод; 5 — установка ДСМ-1; 6 — материалопровод; 7 — камера затворения

ключить тяжелый ручной труд благодаря сокращению числа вспомогательных операций, связанных с погрузкой и разгрузкой материалов крепи, дозированием и смешиванием компонентов бетонной смеси. При этом численность бригады крепильщиков уменьшается с 3—4 до 2 чел. Время работы по набрызгу бетона при работе комплекса составляет 70—75 % общего времени работ по креплению. Степень механизации достигает 82 % [7].

Повышение качества затворения и уменьшения пылеобразования достигается снижением до минимально возможных пределов диаметра форсунки (1,2 мм), повышением давления подводящей воды до 0,3 МПа, отнесением узла затворения от конца материалопровода, а также уменьшением площади контакта струи бетона с вентиляционной струей благодаря приближению сопла к бетонируемой поверхности. Вблизи работающего оборудования содержание пыли ниже санитарных норм (6 мг/м³), а на месте работы сопловщика в 5—11 раз меньше, чем при работе БМ-60. Таким образом, по своим параметрам и показателям КНБ-2,5 превосходит лучшие зарубежные машины аналогичного назначения.

Благодаря повышению качества дозирования, смешивания компонентов, затворения смеси бетона и поддержанию оптимальных режимов работы прочность уложенного бетона увеличивается в 1,3—1,4 раза. При этом на 3,5—4,7 % возрастает плотность уложенного бетона, а потери материала (отскок) и до 10 % при бетонировании свода горной выработки.

Производительность комплекса по сухой смеси составляет 4—6 м³/чел., дальность подачи материала по горизонтали — 250 м, по вертикали — 60 м, основные размеры позволяют при-

менять его в выработках площадью сечения в свету начиная с 6 м^2 .

При использовании комплекса производительность труда крепильщиков увеличивается в 2,5—3 раза, а себестоимость укладки бетона снижается в 1,9—2,3 раза.

Сочетание большой физической нагрузки с профессиональной вредностью ставит перед исследователями задачу полной механизации и автоматизации возведения набрызгбетонной крепи.

В настоящее время принята в эксплуатацию самоходная установка для механизации работ по возведению набрызгбетонной крепи, разработанная Казахским филиалом Гидропроекта. Особенностью этой установки на базе автомобиля МАЗ-500 является сопловый агрегат, смонтированный на манипуляторе, имеющем возможность при дистанционном управлении производить набрызг бетона на обрабатываемую поверхность полосами двухметровой ширины. Установка позволяет комплексно механизировать все работы по нанесению набрызгбетона при высокой безопасности и хорошем качестве крепи. Ее можно применять в подземных выработках высотой от 4,5 до 12 м и шириной от 4 м и выше без ограничений. Такая установка эксплуатировалась на строительстве Гимринского автодорожного тоннеля в Дагестане и показала хорошие эксплуатационные качества. Производительность установки в 5—10 раз превышает производительность машины с ручным управлением сопла.

В мировой практике уже имеется опыт создания автоматизированных систем для производства набрызгбетонирования. Так, фирмой «Алива» (Швейцария) изготовлен промышленный робот для набрызгбетонирования в горнорудной промышленности. При его применении не только ликвидируется ручной труд и улучшаются условия труда горнорабочего, но и благодаря наличию в промышленном роботе ультразвуковых датчиков и программного управления выдерживается оптимальный угол нанесения раствора на поверхность выработки, что позволяет уменьшить расход стройматериалов снижением отскока материала, объем которого при ручном способе нанесения бетонной смеси достигает 30—35 %.

В настоящее время получает развитие мокрый способ возведения набрызгбетонной крепи. При этом способе готовая (заведенная водой) смесь подается к месту производства работ по трубопроводу. Выход трубопровода оканчивается соплом-сметителем, к которому подводится сжатый воздух, сообщающий дополнительную кинетическую энергию бетонной смеси, благодаря чему возможно регулирование процесса набрызга.

Основным достоинством мокрого способа является отсутствие пыли при креплении и незначительный отскок материала (не более 4 %). К преимуществам сухого набрызга по сравнению с мокрым следует в первую очередь отнести меньшую стоимость и простоту эксплуатации рабочих механизмов. Кроме

того, сухую смесь можно транспортировать на более протяжен-
ные расстояния как в специальных емкостях, так и по трубо-
проводу, добавка ускорителей твердения в сухую смесь вылета
проще, чем в готовую. При мокром набрызге скорость вылета
струи, а следовательно, и трамбуемый эффект ниже, чем при
сухом. Это приводит к понижению сцепления материалов с по-
родой, ухудшению качества покрытия, что в конечном счете не-
благоприятно сказывается на прочностных характеристиках
набрызгбетонного перекрытия, особенно в своде выработки. По-
этому широкого распространения мокрый способ за рубежом
не получил, несмотря на имеющееся достаточно надежное обо-
рудование.

Вместе с тем накопленный опыт крепления основных горных
выработок на шахтах Ворошиловградской области («Должан-
ская-Капитальная», «Красный партизан», «Ворошиловград-
ская» № 1), а также на шахтах Донецкой области («Южно-
Донбасская» № 3, им. Калинина) показывает, что создание
набрызгбетонного покрытия мокрым способом для изоляции кре-
пи при тампонаже закрепного пространства является эффек-
тивным и технологичным решением.

В СССР машины для возведения крепи, работающие по
мокрому способу, не выпускаются. Единичные экземпляры по-
добного класса машин созданы ЦНИИПодземмашем — МНБ-1,
Днепропетровским институтом геотехнической механики —
МНБ-1,8, ДГИ — установка «Напта» производительностью 4—
6 м³/ч. ДонУГИ была усовершенствована набрызгмашина БМ-
60, прошедшая промышленные испытания на шахтах им. Стаха-
нова ПО «Красноармейскуголь» и им. Калинина ПО «Донецк-
уголь». Предусмотренные конструктивные изменения позволили
использовать машину для ведения набрызгбетонных работ мо-
крым способом. В Донбассе на шахте «Должанская-Капиталь-
ная» успешно прошла промышленные испытания машина «Пио-
нер» USI-139 фирмы «Монтабюро» (ФРГ). Эта машина явля-
ется многоцелевой и кроме набрызга бетона может быть ис-
пользована для тампонажа закрепного пространства и при-
контурного массива. Она отличается от других машин простотой
и компактностью, ее общая масса 470 кг.

4.7. ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ МАШИИ И ПРОХОДЧЕСКИХ ЗВЕЗДЕВ ПРИ ВОЗВЕДЕНИИ ПОСТОЯННОЙ КРЕПИ

Эксплуатационная производительность крепеустановщиков
типа ТУ, К 1000 при возведении тубинговой крепи и бетоноук-
ладчиков типа БУК при креплении горных выработок монолит-
ной бетонной крепью с применением механизированной опалуб-
ки ОМП определена в результате исследований КузНИИШахто-
таж Кузнецкого и Карагандинского бассейнов.

Характеристика выборки приведена в табл. 41.

Таблица 41

Тип крепеукладчика	Общее число наблюдений	Коэффициент вариации	Надежность результатов
К-1000, ТУ-2Р БУК-1; БУК-2 в комплексе с ОМП	120	2,4	0,97
	66	1,91	0,91

Возведение монолитной бетонной крепи производится по двум технологическим схемам или способам: параллельный способ, когда крепь возводится с отставанием на 60—200 м от забоя одновременно с другими проходческими процессами, и совмещенный способ, когда крепь возводится вслед за подвиганием забоя.

Совмещенный способ характеризуется тем, что крепь возводится с применением металлической передвижной опалубки и процесс ее возведения входит составной частью в процессе проходческого цикла.

Исследования показали, что часовая эксплуатационная производительность бетоноукладочных машин при возведении монолитной бетонной крепи вслед за подвиганием забоя с применением опалубки ОМП зависит от размеров поперечного сечения выработки и прочности пород и определяется по формуле

$$P_{\text{бет}} = 0,128 P_{\text{тех}}^{\text{бет}} + 0,034 S_{\text{пр}} + 0,0064 \sigma_{\text{сж}} \quad (3)$$

Множественный коэффициент корреляции $R_{\phi} = 0,98$, случайная средняя квадратическая погрешность корреляции $\sigma_{R_{\phi}} = 0,023$, критерий надежности $\mu = 42,6$.

Крепь ГТК возводится вслед за подвиганием забоя с помощью тубингоукладчиков конструкции КузНИИшахтостроя ТУ-2Р, ТУ-3 или шахтного крана К-1000 конструкции ВНИИОМШСа.

Возведение гладкостенной тубинговой крепи вслед за подвиганием забоя исключает из проходческого цикла операции по установке и демонтажу временной крепи, за счет чего значительно снижаются трудовые и материальные затраты и обеспечивается максимальная безопасность работ, так как работы ведутся под защитой постоянной крепи.

Число элементов тубинговой крепи на 1 м выработки зависит только от ее площади поперечного сечения, так как прочность породы и, как следствие, нагрузка на крепь учитываются конструкцией тубингов.

Таким образом, эксплуатационная производительность тубингоукладчика (элементов крепи в час) зависит только от размеров поперечного сечения выработки и может быть определена из выражения

$$P_{\text{туб}} = \sqrt{4,82 S_{\text{пр}} - 0,12 S_{\text{пр}}^2 - 17,34} \quad (4)$$

Коэффициент корреляции $r = 0,73$.

Случайная средняя квадратическая погрешность корреляции: $\sigma_r = 0,043$; критерий надежности $\mu = 16,97$.

В последние годы при проведении горизонтальных выработок все более широкое применение находит следующий способ возведения металлической арочной крепи: после проветривания забоя и приведения его в безопасное состояние (оборка отслоившихся кусков породы) проходчики с навала горной массы выдвигают к плоскости забоя подвешенные к ранее установленным рамам на специальных приспособлениях (крючьях) коньковые балки из двутавра, швеллера № 18—24 или из спецпрофиля № 22—27, путем расклинивания деревянными клиньями закрепляют их и укладывают на концы балок верхняяки постоянной арочной крепи с проектной плотностью. Кровлю выработки затягивают досками или железобетонной затяжкой. Этот элемент постоянной крепи выполняет роль предохранительной крепи на время проведения работ по погрузке породы. После отгрузки породы в почве выработки разрабатываются приямки и под ранее установленные верхняяки подводятся стойки. Затяжка и забутовка крепи производятся в обычном порядке. При таком способе производительность звена проходчиков зависит от размеров поперечного сечения выработки и устойчивости пород, влияние которой можно выразить через число рам (m), устанавливаемых на 1 м выработки. Тогда производительность звена проходчиков при установке металлической арочной крепи (метров выработки в час) определится из выражения

$$P_{\text{зн}}^{\text{лет}} = 0,27 n - 0,12 m - 0,02 S_{\text{кр}} \quad (5)$$

где n — число проходчиков, чел.; m — число рам на 1 м выработки.

5. ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ РАБОТЫ И КОМПЛЕКСНАЯ МЕХАНИЗАЦИЯ ГОРНОПРОХОДЧЕСКИХ РАБОТ

5.1. МЕХАНИЗАЦИЯ ВСПОМОГАТЕЛЬНЫХ РАБОТ

Одним из путей повышения производительности труда и сокращения доли ручного труда при проведении горных выработок является механизация вспомогательных процессов. Если основные процессы (бурение шпуров, погрузка горной массы и возведение отдельных видов крепей) в значительной степени механизированы, то такие процессы, как укладка рельсовых путей, сооружение водоотливных канавок, доставка материалов и крепи в забой и т. п., до настоящего времени практически выполняются вручную.

Приспособлений для механизированного проведения водоотливных канавок, серийно выпускаемых промышленностью, не су-

шествует. При буровзрывном способе проведения горных выработок обычно пробуривают специальный шпур для взрывания породного массива в месте расположения водоотливной канавки. Процесс ручной доработки ее поперечного сечения до проектных размеров доходит до 40—60 % всего объема работ, в результате чего на их проведение и крепление затрачивается до 20—30 чел.-смен в месяц на каждый забой. Механизацию этого процесса каждое предприятие обычно решает по-своему. Так, в комбинате «Днепрошахтострой» для этой цели была разработана, изготовлена и внедрена специальная машина на базе вращающейся машины «Урал-33». Погрузка породы от проведения водоотливных канавок в вагонетки производилась с помощью ленточного конвейера. Второй образец этой машины с учетом устранения недостатков, имеющихся в первом, изготовлен на специальной тележке с выносным режущим органом. Скорость проведения канавок была доведена до 1,5 м/мин.

Интересное решение было принято при проведении главного вентиляционного квершлага шахты «Октябрьская» ПО «Ленинскуголь». По предложению рационализаторов Егозовского ШПУ треста «Ленинскшахтострой» была изготовлена породопогрузочная машина на базе тубингоукладчика и навесного оборудования от универсального экскаватора ЭО-26-21. От тубингоукладчика ТУ-2Р использовали ходовую тележку с поворотной платформой, электрооборудование и пульт управления. Вместо выдвижной телескопической стрелы тубингоукладчика установили стрелу с ковшом вместимостью 0,25 м³. Узлы крепления стрелы с ковшом и ходовой тележкой были изготовлены аналогично с узлами экскаватора. Для большей устойчивости машины при погрузке применили специальные захваты, закрепляющие машину на рельсах.

Проходку водоотливной канавки вели с отставанием от забоя на 300—400 м, взрывные работы по канавке не производили. За период с мая 1982 г. по февраль 1984 г. было пройдено 1620 м водоотливной канавки площадью сечения 0,72 м². Анализ работы показал, что производительность труда при ее сооружении с применением погрузочной машины повысилась в 1,5 раза.

Экспериментальным заводом ПНИУИ выпускается универсальная машина «Штрек-1», имеющая в качестве навесного оборудования экскаваторный ковш вместимостью 0,1 м³, что позволяет использовать ее и для проведения водоотливных канавок. Машина представляет собой самоходный кран с навесным гидроразличным оборудованием. В зависимости от характера выполняемых машинной работ на стреле крана может быть установлено соответствующее оборудование: клешевой захват элементов крепи, ковш, грейфер, крюковая подвеска, устройство для установки опережающей крепи методом вдавливания в пески и неустойчивые породы. Машина может использоваться в выработках площадью сечения в свету не менее 6 м². Уни-

версальность машины позволяет использовать ее и для различного рода монтажно-демонтажных работ.

При применении всех видов сборных крепей (арочная, тубинговая) требуется выполнение значительного объема работ по забутовке закрепного пространства, на ее выполнение (при условии качественного выполнения) затрачивается более 50% времени и труда, требуемого для всего процесса возведения крепи. Вся работа выполняется с применением тяжелого ручного труда, и при условии механизации других процессов проходческого цикла забутовка пустот за крепью — наименее престижная работа.

Для механизации забутовочных работ разработан ряд машин (МЗ-6, ЗК-1), но практического применения они до сих пор не находят.

В ВостНИГРИ разработан забутовщик закрепного пространства эжекторного типа с пневмосбором забутовочного материала (породы крупностью до 40 мм) непосредственно из вагонетки [56]. Его производительность 4 м³/ч, дальность транспортирования по горизонтали 25 м, по вертикали — 6 м.

Забутовочное устройство успешно испытано в трестах «Таштаголрудстрой», «Казшахторудстрой» и «Гурьевскшахтострой» при заполнении закрепного пространства после возведения металлической арочной и тубинговой крепи. Установлено, что плотность укладки материалов хорошая. Устойчивость выработки, закрепленной тубинговой крепью, была проверена путем ряда массовых взрывов вблизи закрепленного участка. При этом выработка оставалась в хорошем состоянии.

Громадным резервом интенсификации горнопроходческих работ является механизация погрузочно-разгрузочных и транспортных работ на поверхности и в шахте.

До 30—60% трудозатрат при транспортировании вспомогательных грузов (материалов и оборудования) в горнодобывающей промышленности как в СССР, так и за рубежом приходится на погрузочно-разгрузочные работы. В угольной промышленности СССР вспомогательные грузы в общем случае перегружаются: на поверхности, на пути от поставщика до материального склада шахты — 6 раз; в шахте, на пути от ствола к забою — 8 раз, причем в подземных условиях эти работы, как правило, производятся вручную.

Основными причинами такого положения являются несовершенная технология погрузочно-разгрузочных, транспортных и складских работ и недостаточная механизация вспомогательного транспорта.

При комплексной механизации вспомогательного транспорта на основе контейнеризации и пакетирования имеется реальная возможность осуществить бесперегрузочную доставку материалов и оборудования не только с поверхности шахт до разгрузочных мест, но и непосредственно с заводов-изготовителей или

В угольной промышленности применяются специализированные или групповые контейнеры, разработанные Днепрогипрошахтом, ВНИИОМШСом, Центрогипрошахтом, ДонУГИ, КИИУИ, НПО «Углемеханизация» и другими. Ряд из них освоен производством, многие средства создаются и поступят на шахты в ближайшее время.

Органический недостаток контейнера как средства образования укрупненной грузовой единицы — большая масса тары — обусловил все более широкое распространение устройств по пакетированию груза и соединению его в пучки. В пакеты материалы связываются при помощи стропов, стальных лент или цепей.

Опытная эксплуатация на шахтах «Ворошиловградская», «Никапор» и «Черкасская» ПО «Ворошиловградуголь» показала принципиальную возможность и эффективность технологии доставки металлоарочной крепи, железобетонных изделий и лесных материалов в пакетах от поставщика до забоя. Результаты технико-экономического анализа показали, что трудоемкость погрузочно-разгрузочных и транспортно-складских работ при доставке 1000 т металлоарочной крепи сокращается с 98 до 58 чел.-смен; 1000 м³ железобетонных изделий — со 156 до 80 чел.-смен в год; 1000 м³ крепежных лесных материалов — с 1120 до 634 чел.-смен в год [38].

Для перевозки укрупненных грузовых единиц и штучных грузов, не соединенных в укрупненные единицы, а также узлов оборудования в пределах шахты (включая технологический комплекс поверхности, горизонтальные и наклонные выработки, оборудованные рельсовой колеей) применяются платформы на базе шахтных вагонеток.

В качестве транспортных средств для внутришахтных перевозок вспомогательных грузов по горизонтальным выработкам в отечественной практике используется основной транспорт. Монорельсовые и напочвенные рельсовые дороги применяются лишь в наклонных выработках, хотя на зарубежных шахтах, например в ФРГ, монорельсовые дороги применяются и для транспортирования грузов от ствола к местам работ.

Большинство изготавливаемых средств механизации вспомогательных работ имеют ограниченные функциональные возможности, многие из них по своим параметрам и особенно качеству изготовления не отвечают требованиям производства по характеру выполняемых работ, ряд технических средств имеет одно и то же назначение. Так, для доставки материалов и оборудования и производства монтажно-такелажных работ выпускается 16 наименований различных платформ, контейнеров и специальных вагонеток, 17 наименований монорельсовых и напочвенных дорог, 15 типов ручных лебедок, такая же картина наблюдается и у электрических лебедок, такая же картина наблюдается и с другими средствами механизации. Это ведет к необос-

повышению расширению номенклатуры и нерациональному использованию материальных ресурсов, не способствует повышению их технического уровня.

При этом по объему выпуска изделий, номенклатуре, функциональному назначению, надежности, эргономическим показателям имеет место серьезное отставание от уровня, достигнутого за рубежом по всем основным производственным процессам.

Основными причинами, сдерживающими повышение технической оснащенности и уровня механизации вспомогательных работ, являются:

некомплексное решение вопросов механизации вспомогательных работ и ликвидации ручного труда при разработке новой техники;

длительные сроки (5 лет и более) создания и внедрения новых машин и механизмов;

невыполнение плановых заданий по номенклатуре и объемам производства средств механизации вспомогательных работ;

отсутствие специализированных заводов по изготовлению средств механизации, кроме НПО «Углемеханизация», производственные мощности которого по выпуску серийной продукции ограничены;

технологическая неподготовленность ремонтных предприятий к изготовлению сложных машин, механизмов и приспособлений.

Для решения задачи механизации вспомогательных процессов, таким образом, просматривается единственный путь — переход на комплексную механизацию проведения выработок.

5.2. КОМПЛЕКСНАЯ МЕХАНИЗАЦИЯ ГОРНОПРОХОДСКИХ РАБОТ

Комплексной называется такая механизация процессов проходческого цикла, при которой исключается применение ручных работ, обеспечивается рост производительности труда проходчиков и улучшение технико-экономических показателей. Такая механизация в настоящее время пока не находит применения. Механизируются лишь основные процессы проходческого цикла, а вспомогательные процессы выполняются вручную.

Механизация основных процессов производится или подбором комплекта однофункциональных машин, соответствующего горно-геологическим и горнотехническим условиям проведения выработки, или специальными комплексами.

Механизация основных процессов с помощью однофункциональных машин в настоящее время имеет преимущественное распространение в СССР и за рубежом. В угольной промышленности, в частности в Кузнецком и Карагандинском бассейнах, применяются комплексы, состоящие из двух бурильных машин типа БУЭ или БУР-2, БУ-1, двух погрузочных машин

типа ИПН-5 и тьюбингоукладчика ТУ-2Р, ТУ-3. На рудниках цветной металлургии применяются комплексы, состоящие из погрузочно-доставочных и бурильных машин, машин для возведения набрызгбетонной и анкерной крепей.

В связи с многообразием горно-геологических и горнотехнических условий проведения выработок и сравнительно большой номенклатурой горнопроходческих машин возможное число комплектов (наборов машин) может быть значительным.

Приспособление ковшовых погрузочных машин на колесно-рельсовом ходу ограничивается размерами выработки по ширине 3,5—4,1 м, машин типа ПНБ — 4—6 м, причем при использовании последних скорости проведения выработок выше. Высокая производительность погрузочной машины типа ПНБ потребовала создания новых транспортных средств, обеспечивающих непрерывную работу машины в течение всего цикла по уборке горной массы в забое (большегрузные и самоходные вагоны). С применением этого оборудования в горнорудной промышленности достигнуты стабильные скорости проходки 600—700 м/мес и производительность труда 8—9 м³/чел.-смену.

Погрузочно-транспортные комплекты оборудования на базе специализированного проходческого оборудования, представленного колесно-рельсовыми или гусеничными машинами и рельсовым транспортом, рекомендуется использовать при проведении одним забоем капитальных и подготовительных выработок большой протяженности.

Технология проходческих работ значительно упрощается (не вызывает трудностей обмен оборудования в призабойной зоне) при использовании безрельсового транспорта в комплекте с погрузочными машинами на гусеничном или пневмоколесном ходу.

Так, на шахтах «Южная» и «Валуевская» Гороблагодатского рудоуправления применение погрузочных машин ПНБ-3К и вагонов 4ВС-10 позволило повысить производительность труда проходчика до 8—13 м³/чел.-смену, что в 2,5—3,0 раза выше, чем при обычной технологии.

Горнотехнические условия не всегда позволяют применять при проведении выработок такую мощную технику, как автосамосвалы, тяжелые погрузчики. Однако следует отметить большие потенциальные возможности самоходных специализированных машин в значительном повышении средних темпов проходки горных выработок, производительности труда проходчиков и снижении стоимости проходки при обычной (нескоростной) организации проходческих работ. Эти показатели достигаются за счет повышения сменности работы самоходного оборудования и коэффициента использования машин в течение смены.

Комплекты на базе комбинированных машин представлены различного типоразмера самоходными на пневмоколесном ходу погрузочно-транспортными машинами. Многообразие их типов и моделей позволяет использовать их при проведении выработок

различного сечения в широком диапазоне горнотехнических условий. Они успешно применяются в горнорудной промышленности и подземном строительстве при проходке горных выработок, подготовительно-нарезных, капитальных и околовольных выработок.

Погрузочно-транспортные машины вообще, а ковшового типа с автономным приводом в особенности имеют следующие преимущества по сравнению с комплектами специализированных самоходных машин: высокие маневренность и скорость движения; высокую надежность, достигаемую отсутствием сложных взаимосвязей, имеющих место при комплексах из погрузочных и транспортных машин; сокращение обслуживающего персонала и увеличение производительности труда; обеспечение более благоприятных условий для многозабойной организации труда; обеспечение комплексной механизации основных и вспомогательных работ при проведении выработок.

Опыт применения проходческих комплектов с отечественными и импортными погрузочно-доставочными машинами в рудниках Минцветмета СССР показывает, что производительность отечественных машин значительно ниже по сравнению с лучшими однотипными зарубежными машинами, причем импортные машины эксплуатируются с меньшей производительностью (в 2—4 раза) из-за несоответствия форм организации труда их техническим возможностям [24].

Результаты сравнительных испытаний погрузочно-транспортных машин и другого самоходного оборудования для погрузки и доставки горной массы, проводимых на различных зарубежных рудниках, подтвердили преимущества этих машин как высокопроизводительной техники.

Сравнительные технико-экономические расчеты показывают, что производительность ковшовых погрузочно-транспортных машин выше, чем у комплектов в составе погрузочных машин ППН-2Г и ПНБ-3К и самоходных вагонов ВС5, ВС10, ВС15. Это объясняется тем, что цикл погрузки и разгрузки у комплектов из специализированных машин продолжительнее, чем у погрузочно-транспортных. Особенно большая разница в производительности машин в диапазоне доставки 50—100 м. С увеличением расстояния доставки сменная производительность комбинированных машин снижается в больших пределах (23—55%), чем у комплектов погрузочных машин непрерывного действия и самоходных вагонов (18—25%).

Стоимость погрузки и доставки комбинированными машинами ниже и уменьшается с увеличением их грузоподъемности. Кроме того, их применение способствует и снижению затрат ручного труда на различного рода вспомогательные и подготовительно-заключительные операции.

Для типизации условий применения различных горнопроходческих машин с учетом оптимальных организационно-технологических параметров горнопроходческих работ и с использовани-

ем существующих нормативных документов в настоящее время создан ряд типовых комплектов машин. Так, ЦНИИподземмашем и ИГД им. А. А. Скочинского разработано пять комплектов проходческого оборудования типа КГ для проведения выработка буровзрывным способом. Их отличительная особенность — отсутствие самостоятельной конструктивной схемы. Поэтому они представляют собой набор машин из бурильной установки, погрузочной или буропогрузочной машины, перегружателя, махиновой тележки и крепеустановщика.

Проходческим комплексом называется одна машина или система машин, имеющих кинематическую связь или общую конструктивную схему, предназначенная для механизации процесса проходческого цикла.

Комплексы создаются с целью существенного улучшения основных показателей проходческих работ, так как применение отдельных машин, механизмирующих одну-две проходческие операции, не позволяет использовать высокопроизводительное проходческое оборудование с достаточной эффективностью.

Одним из эксплуатационных преимуществ комплексов является возможность их сборки из предварительно изготовленных и собранных серийных машин и узлов, в результате чего цикл изготовления и монтажа значительно сокращается.

При создании комплексов используются серийные погрузочные и буропогрузочные машины, бурильные установки и крепеустановщики. Имеются примеры разработки комплексов принципиально новой конструкции, в которых основные машины и механизмы взаимосвязаны не только технологически, но и конструктивно.

Анализ результатов испытаний отечественных и зарубежных комплексов для проведения горизонтальных выработок буровзрывным способом позволяет выделить три направления в области создания проходческих систем:

комплексы, состоящие из отдельных проходческих машин и механизмов, имеющие индивидуальные ходовые устройства, но кинематически связанные друг с другом;

комплексы, функциональное оборудование которых располагается на единой платформе и объединено технологическими и конструктивными связями;

комплексы, функциональное оборудование которых располагается на единой платформе и представлено однофункциональными быстроразъемными агрегатами.

К первому направлению относятся комплексы КГР-1 и КГВ-2 с бурильной машиной вращательно-ударного и вращательного действия, разработанные ЦНИИподземмашем для проведения горизонтальных горных выработок площадью сечения в свету до 20—25 м² буровзрывным способом (табл. 42). Они разработаны с учетом максимального сокращения межоперационных простоев. В частности, у КГВ-1 портальное выполнение бурильной каретки с площадкой для элементов арочной крепи и крепе-

Таблица 42

Показатели	Комплекс	
	КГВ-1	КГВ-2
Угол наклона выработки, градус, не более	3	3
Площадь сечения выработки в свету, м ²	18—25	13—20
Установленная мощность двигателей, кВт	180	142
Погрузочная машина	2ПНБ-2	2ПНБ-2Б
Крепеж-установщик	КПМ-8	КУ-1
Призабойные средства транспорта	УПЛ-2М	УПЛ-2М и 1.ТПП-80
Проектная скорость проведения выработки в породах с $\sigma_{сж} = 20$ МПа, м/мес	170	180

установщиком на подвесном монорельсе существенно сокращает пути перемещения других операционных машин и подготовительные работы, связанные с ними. КГВ-2 выполнен самоходным, а средства механизации погрузки и перегрузки имеют кинематическую связь (цепь). Другое оборудование увязано технологически. Все машины на гусеничном ходу. Работы машинами в забое по технологическому циклу производятся последовательно с заменой одной машины на другую. В целом испытания комплекса КГВ-2 в подземных условиях дали положительный результат [5]. При этом были выявлены следующие недостатки:

неоправданно возросло число маневровых операций, приходящихся на один цикл, что снижает технико-экономические показатели;

при выходе из строя в результате поломки одной из машин происходит вынужденный простой двух других. Простой комплекса, состоящего из трех машин, обойдется предприятию дороже, чем одной-двух. Сумма вероятностей отказа трех машин больше, чем вероятность отказа одной машины, аналогичной по качеству изготовления и конструкции. Тем самым снижается надежность комплекса;

в обводненных горизонтальных горных выработках существенно снижается производительность машины с фронтальным погрузочным органом, применяемой в комплексе.

Второе направление — разработаны и находят применение самоходные установки с двумя или несколькими манипуляторами со стационарными рабочими органами различного назначения. Как правило, рабочий погрузочный орган является ковшем с фронтальной или боковой разгрузкой, который расположен на нижнем манипуляторе. На верхнем манипуляторе на-

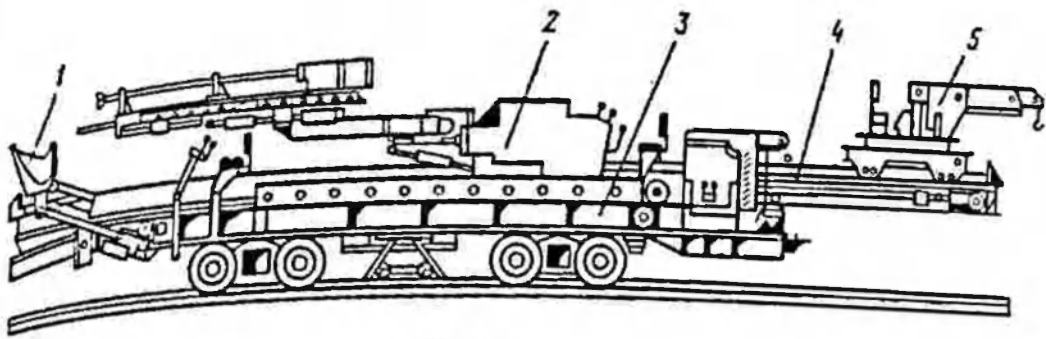


Рис. 20. Проходческий комплекс «Сибирь»

ходится либо буроскалывающий орган, либо бурильная машина. Наличие одной машины в забое упрощает технологию проведения выработки, но наличие на одной машине нескольких песчаных рабочих органов и манипуляторов увеличивает ее массу и основные размеры. Тем самым усложняется конструкция, снижается маневренность машины, что особенно сказывается на маневровых операциях при погрузке.

В качестве примера осуществления этого направления в стране может служить комплекс «Сибирь», предназначенный для проведения горизонтальных и наклонных горных выработок (рис. 20). Он представляет собой двухуровневую систему машины, включающую базовую раму 3 с ходовой тележкой и центрально расположенный скребковый конвейер 4 типа СР-70. Базовая рама вытянута по продольной оси выработки, а боковые ее балки выполнены полыми, что позволяет поместить в них телескопические стрелы с ковшами 1 боковой разгрузки. На базовой раме установлены параллельные балки, снабженные направляющими для бурильных установок 2. Примерно такими же направляющими оснащается конвейер для установки на них крепе-установщика 5 (ТУ-2). Шахтные испытания комплекса показали рациональность компоновочной схемы, позволяющей существенно сократить межоперационные простои машин.

В качестве примера зарубежных конструкций таких комплексов может служить серия машин «Тракхедер» фирмы «Перард» (Великобритания) для механизации процессов бурения шпуров, погрузки породы и установки арочной крепи в горизонтальных наклонных выработках и туннелях [12]. Машина имеет конвейер 3, на раме которого монтируются погрузчик 1, бурильные машины 2, магистральный конвейер 4 и силовая станция 5 (рис. 21).

Машины варьируют от простого бурового станка вращательного и вращательно-ударного бурения с конвейером до больших машин со всеми устройствами для погрузки и установки арочной металлической крепи. Все оборудование устанавливается на конвейер (экономия места), отпадает необходимость в выполнении подготовительных работ, связанных с перемещением погрузчика и вспомогательных приспособлений, т. е. с ук-

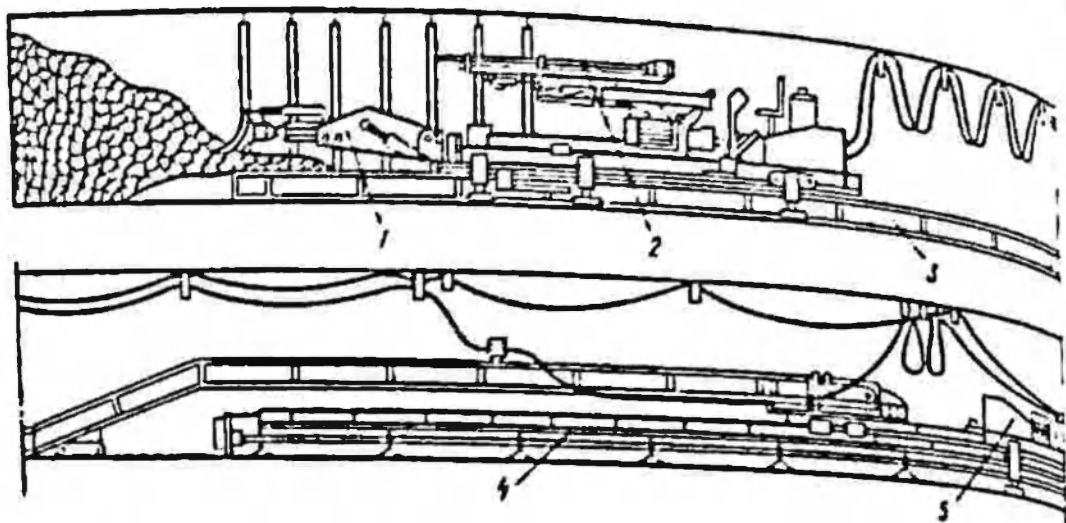


Рис. 21. Машина «Тракхедер»

ладкой рельсов, установкой монорельсов, механического укладчика и гидравлического цилиндра.

Для прямого и обратного движения конвейера и машины применяется привод системы «Ператрак».

Машины имеют модульную конструкцию, что позволяет оснащать их различным оборудованием в соответствии с требованиями заказчиков; устройством для возведения арочной крепи, опорными стойками, буровой кареткой, погрузочным устройством.

Модульная конструкция определяет простоту установки оборудования и обслуживания, ковш погрузочного устройства может работать по обе стороны конвейера (перемена положения занимает менее одной минуты), ковш вращается на 360° и может разгружаться в любую сторону.

Третье направление — преобладание модульной схемы с одним манипулятором и быстросъемными рабочими органами. Такие разработки проводят фирмы Великобритании, ФРГ, Франции и другие. Разработаны модульные конструкции на пневмоколесном и гусеничном ходу. Съемными рабочими органами являются: ковш, бурильный или буроскалывающий орган, установка для бурения и анкерования. Наличие на машине одного манипулятора со сменными быстросъемными рабочими органами позволяет комплексно механизировать все три основных трудоемких процесса проведения горизонтальных горных выработок буровзрывным способом без увеличения основных размеров, массы и существенного усложнения конструкции. Рабочим органом для транспортирования крепи и поднятия верхняка служит специальная приставка, одеваемая на ковш. Аналогичная приставка разработана для погрузочной машины МПК-3.

Следует отметить, что современные комплексы в основном не обеспечивают механизацию вспомогательных работ, хотя в принципе модульная конструкция машины позволяет оборудо-

вать ее приспособлениям для проходки канавки, оборки кровли и т. д.

Оценивая перспективы развития этих направлений, следует отдать предпочтение двум последним вследствие присущих им преимуществ:

наличие единой базы (общей платформы) является более рациональным решением, при котором до минимума сокращаются подготовительно-заключительные и обменные операции, связанные с маневрами машин;

функциональное оборудование, расположенное на площадках и рамах, работает в лучших условиях, чем непосредственно на почве, что повышает их надежность;

упрощается подвод к машинам любого вида энергии; снижается металлоемкость и энергоемкость оборудования.

Применение однотипных машин на шахте с заменой рабочих органов в процессе ведения горных работ и уменьшение числа машин позволит повысить надежность работ без качественного улучшения изготовления на заводе отдельных узлов и деталей машины; упростится их ремонт как в подземных условиях, так и на поверхности в ремонтных мастерских, возрастут скорости проведения выработок и производительность труда рабочих при одновременном снижении удельного расхода металла на механизацию проведения.

5.3. ОБЩЕЕ НАПРАВЛЕНИЕ РАЗВИТИЯ ГОРНОПРОХОДСКОЙ ТЕХНИКИ

Как показывают исследования, изложенные в предыдущих разделах, при проведении капитальных горизонтальных выработок механизированы процессы бурения шпуров, погрузки породы и в некоторых случаях возведения крепи. При этом в большинстве случаев используются однофункциональные машины и механизмы. Таким образом, попытка механизировать каждый из процессов привела к неоправданному увеличению в забое числа машин разнообразной конструкции и назначения.

С целью уменьшения доли ручного труда и повышения его производительности совершенствование горнопроходческого оборудования в настоящее время идет в основном по пути достижения универсальности существующих базовых машин и оборудования, повышения степени их унификации. При этом заметно стремление к расширению их функциональных возможностей за счет применения различного вида навесных устройств, чаще всего выполняемых в виде механических манипуляторов с ручным управлением и предназначенных для механизации малобъемных и вспомогательных работ.

Прогрессивным направлением в конструировании горнопроходческих машин в настоящее время является использование модульного принципа в их создании. Суть этого принципа заключается в следующем.

Каждое проведение горной выработки имеет свои особенности, что связано с необходимостью применения различных схем механизации. Целесообразно комплектовать эти схемы машинным оборудованием, которые можно приспособить к конкретным условиям строительства и изменяющимся горно-геологическим условиям. Их резкое изменение (например, повышение крепости пород) зачастую значительно снижает производительность труда или требует замены оборудования, что приводит к остановке проходки на длительное время и связано с необходимостью выполнения трудоемких работ по демонтажу и монтажу оборудования. Это вызывает необходимость создания гибких производственных систем, имеющих повышенную способность адаптации к изменениям производственной ситуации. Такие системы могут быть только модульными.

Модуль — это унифицированная составная часть машины, которая выполняет самостоятельную функцию, обладает свойствами независимой сборки и может заменяться другими модулями, выполняющими иные функции. При этом машина, в состав которой входят модули, будет называться модульным агрегатом. Она должна обладать конструктивной и функциональной автономностью и служить для выполнения определенных операций и процессов [46]. Способ построения машины и комплексов оборудования на основе системы модулей и модульных агрегатов называется модульным принципом.

Таким образом, модульный принцип строительства машины заключается в обеспечении унификации ее отдельных узлов и агрегатов и возможности замены одних функциональных агрегатов другими. Применение этого принципа будет способствовать значительному снижению уровня ручного труда при проведении горных выработок.

Однако и при таком решении вопроса уровень ручного труда остается высоким. Причина в том, что современные машины механизмируют лишь основные операции процесса — бурение, погрузку породы, а вспомогательные и большинство подготовительно-заключительных операций (разметка шпуров, замена штапг, подкидка породы и т. д.) выполняются вручную. Причем при применении высокопроизводительных машин уровень ручного труда повышается, так как время на выполнение основных операций уменьшается, а подготовительно-заключительных и вспомогательных остается постоянным или даже увеличивается. Традиционно используемые средства механизации не позволяют ликвидировать эти противоречия, поэтому уровень ручного труда на горнопроходческих работах на протяжении последних лет не снижается. Принимаемые в настоящее время технические решения в большинстве своем не соответствуют современным требованиям, предъявляемым к создаваемым средствам механизации, одним из основных критериев оценки которых является степень адаптации их к современным средствам автоматизации [43]. Существующие конструкции механизмов

имеют узкую специализацию, незначительное число выполняемых функций, требуют непрерывного участия человека в их управлении. Основным направлением решения проблемы ликвидации ручного труда и повышения его производительности на горнопроходческих работах в настоящее время является комплексная механизация отдельных технологических процессов, а затем и всего производства путем применения автоматических манипуляторов с программным управлением промышленных роботов.

Таким образом, просматривается следующая тенденция совершенствования горнопроходческой техники при буровзрывном способе проходки выработок:

переход от переносного оборудования, перестановки которого связаны с большими затратами ручного труда, к самоходному с обеспечением роста производительности труда в 2,5—3 раза;

обеспечение автономности, т. е. расположение источников энергии непосредственно на проходческой машине;

комбинирование функций (по зарубежным данным использование этого принципа позволяет увеличить производительность труда забойных рабочих в 1,6—1,8 раза);

автоматизация и программное управление, обеспечивающие создание машины с полной автоматизацией выполнения одной основной операции (например, бурение или погрузка), а в дальнейшем и машин-роботов. В целом вероятное повышение производительности составит не менее чем в 1,5—2 раза;

разработка модульных систем машин (самоходных, безрельсовых) многоцелевого назначения с легкоъемкими и быстроменяемыми модулями для выполнения работ по погрузке и доставке горной массы, материалов и оборудованию и т. п.;

автоматизация и программное управление модульных систем машин.

6. ТЕХНОЛОГИЯ И ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОВЕДЕНИЯ ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК

6.1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Проведение полевых горизонтальных выработок может осуществляться следующими способами: сплошным, ступенчатым, Уступным забоями, с центральной и нижней опережающей штольнями.

В горнодобывающей промышленности при проведении выработок площадью поперечного сечения 18—30 м² чаще всего применяется способ сплошного забоя. Этому способу присущ ряд преимуществ по сравнению с другими:

наличие более широкого фронта работ, позволяющего использовать мощное высокопроизводительное оборудование и достигать высоких скоростей проведения;

применение мощного проходческого оборудования создает благоприятные условия для использования глубоких шпуров, что способствует достижению высоких технико-экономических показателей;

меньший объем подготовительных и вспомогательных операций, что значительно удешевляет проходку.

Другие способы проведения применяются лишь в отдельных случаях преимущественно при сооружении камер и выработок большого сечения.

При выборе способа проведения выработок большого сечения следует учитывать факторы, влияющие на него (размер поперечного сечения, горно-геологические условия, наличие соответствующего оборудования, назначение выработки, условия строительства и т. д.).

При прочих равных условиях наиболее надежным критерием эффективности принятого способа является минимальная стоимость сооружения, которая является итогом достигнутых показателей — производительности труда, скорости сооружения выработок и т. д.

Уступный способ проходки может явиться вынужденным вследствие наличия слабоустойчивых и трещиноватых пород, не допускающих значительных обнажений кровли, а также при отсутствии соответствующего оборудования.

Проведение выработок площадью сечения в проходке 6—14 м² не вызывает особых затруднений. При этом применяется обычная технология — в забое работают одна бурильная установка и одна погрузочная машина. Несмотря на механизацию основных процессов проходческого цикла, уровень ручного труда достигает 70—80 % [8, 24].

При этом характерно, что повышение производительности горнопроходческого оборудования без решения проблемы механизации крепления и вспомогательных процессов при наличии организационных недостатков не всегда дает ощутимые результаты. Например, анализ 190 скоростных проходок, организованных на шахтах угольной промышленности, показал, что в 55 выработках была достигнута одинаковая среднемесячная скорость проведения как при использовании погрузочных машин типа ППН, так и машин типа ПНБ-2 и 2ПНБ-2, производительность которых в 2 раза, а стоимость в 3—4 раза выше [28].

С увеличением площади поперечного сечения выработок технология их проведения усложняется, затрудняется и становится более длительным процесс выполнения всех операций проходческого цикла, повышается их трудоемкость.

Из зависимости, показанной на рис. 22, видно, что даже при применении двух бурильных машин время бурения шпуров при $\sigma_{сж} = 100$ МПа в выработках площадью сечения в проходке св-

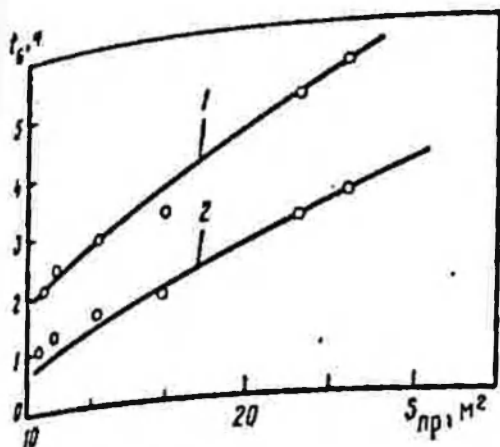


Рис. 22. Зависимость продолжительности бурения шпуров t_b от площади поперечного сечения выработки $S_{пр}$:
1 — БУР-2; 2 — БКГ-2

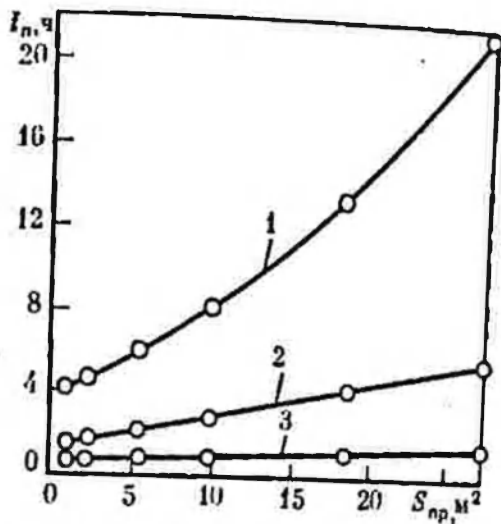


Рис. 23. Зависимость продолжительности погрузки горной массы t_n от площади поперечного сечения выработки $S_{пр}$:
1 — 1ППН-5; 2 — 2ПНБ-2; 3 — ПНБ-3Д

ше $16 м^2$ составляет 2—4 ч при применении установки БКГ-2 и 3,5—6,0 ч — установки БУР-2.

Увеличение площади поперечного сечения значительно влияет и на продолжительность погрузки горной массы. Погрузочные машины периодического действия, применяемые в настоящее время, имеют максимальный фронт погрузки 4 м, поэтому в выработках большого сечения не могут обеспечить одновременную работу по всей площади или ширине забоя с одной стойки, что приводит к увеличению объема ручных работ и времени погрузки. Машины непрерывного действия этого недостатка не имеют, но продолжительность погрузки породы в таких случаях растет за счет увеличения затрат времени на маневровые перемещения машины в забое.

Из зависимости, показанной на рис. 23, видно, что время погрузки при площади сечения выработок $25—30 м^2$ у наиболее распространенных машин 1ППН-5 составляет 16—22 ч, у машин 1ПНБ-2—3—5 ч. Машина ПНБ-3Д даже при площади сечения выработки $30 м^2$ может выгрузить породу за 1,8—2,0 ч.

Все это приводит к тому, что современные горнопроходческие машины не способны в таких выработках обеспечить рациональные параметры цикла и темпы проходки, регламентированные нормативами (СНиП 3.02.03—84). Как показывает опыт проведения выработок с размерами поперечного сечения $14—26 м^2$ в Кузнецком и Карагандинском бассейнах, за последние 15 лет средние темпы их проходки на 20—45% ниже, чем при проведении выработок площадью поперечного сечения в проходке $6—14 м^2$.

В связи с этим для более полного одновременного охвата рабочей зоны появилась необходимость увеличения числа бурильных установок и погрузочных машин в забое. Обычно число

параллельно работающих бурильных машин увеличивают до 3—4, а погрузочных машин — до 2. Это, естественно, усложняет организацию работ, но способствует уменьшению затрат ручного труда и повышению скорости проведения горной выработки. Ширина погрузочных машин больше, чем бурильных установок, поэтому минимальная ширина выработки для этой цели определяется из основных размеров и требований Правил безопасности. Исходя из этого минимальная ширина забоя выработки (М) для размещения в ней двух погрузочных машин составят: для 1ППН-5 — 4,4; 1ПС — 4,1; 1ПНБ-2 — 4,8; 2ПНБ-2 — 5,2.

Высота выработки зависит от ее назначения и требований к размещению эксплуатационного оборудования, поэтому, пользуясь типовыми сечениями горных выработок, можно установить, что две погрузочные машины любого типа (кроме тяжелых) могут применяться в выработках, имеющих $S_{пр} \geq 18 \text{ м}^2$. Таким образом, выработки, имеющие $S_{пр} \geq 18 \text{ м}^2$ и позволяющие увеличить число машин в забое для обеспечения нормативных скоростей проходки, следует считать выработками большого поперечного сечения при строительстве и реконструкции шахт.

Из-за многообразия горно-геологических и горнотехнических условий проведения горных выработок схемы их проведения также многообразны. При буровзрывном способе наибольшее распространение получили технологические схемы с применением следующего набора оборудования:

ручные перфораторы (5—7 шт.), погрузочная машина 1ППН-5, вагонетки ВГ;

бурильная установка БУР-2, погрузочная машина 1ППН-5, вагонетки ВГ;

бурильная установка БУР-2, погрузочная машина 2ПНБ-2 конвейер СП-63 или СП-70М с перегружателем или без него;

бурильные установки БУ-1 и БУР-2, погрузочные машины 1ППН-5 (2 шт.), вагонетки ВГ;

бурильные установки БУР-2 (2 шт.), погрузочные машины 1ППН-5 (2 шт.), вагонетки ВГ;

бурильные установки БКГ-2 (2 шт.), погрузочные машины 1ППН-5 (2 шт.), вагонетки ВГ;

самоходная бурильная установка СБУ-2, погрузочная машина 1ПНБ-3К, вагонетки ВПК;

бурильная установка БУЭ-1, буропгрузочная машина 2ПНБ-2Б; погрузочная машина 2ПНБ-2, вагонетки ВГ;

самоходная бурильная установка СБУ-2, погрузочная машина 1ПНБ-3Д, вагонетки ВГ.

В Кузбассе при строительстве и реконструкции шахт наибольшее распространение получила схема с использованием бурильных установок БУ-1 и БУР-2 и двух погрузочных машин 1ППН-5. Впервые такая технологическая схема была применена в 1974 г. В 1975—1985 гг. лучшие проходческие бригады доказали высокую работоспособность этой схемы. При ее применении были достигнуты достаточно высокие технико-экономические пока-

затели. Так, при проведении главного квершлага шахты «Капитальная» ПО «Южкузбассуголь», имеющего $S_{пр} = 22,6 \text{ м}^2$, была достигнута скорость проходки 105 м/мес; полевого штрека шахты «Распадская» — 133,3 м/мес, западного полевого штрека шахты «Абашевская» — 110,3 м/мес.

Высокие технико-экономические показатели достигаются даже при применении ручных бурильных машин. Например, при проходке полевого вентиляционного штрека на шахте «Ташковская» ПО «Первомайскуголь» применялось следующее проходческое оборудование: ИПП-5, СЭР-19, ЭБГП-1. При этом скорость проходки выработки сечением в свету $11,2 \text{ м}^2$ составила 237 м/мес и производительность труда проходчика — $2,96 \text{ м}^3/\text{чел.}-\text{смену}$. На шахте «Южно-Донбасская» № 3 при сооружении порожняковой ветви околоствольного двора площадью сечения в свету $9,3—17,7 \text{ м}^2$ с применением электросверл СЭР-19Д, погрузочной машины 2ПНБ-2 с вагонами УВГ-2,5 была достигнута скорость $1911 \text{ м}^3/\text{мес}$ и производительность труда проходчика $1,38 \text{ м}^3$ в свету на выход.

Однако опыт отдельных передовых проходческих бригад мало сказывается на средних технико-экономических показателях, которые значительно уступают максимально достигнутым. Изучение причин этого явления является необходимым условием для осуществления интенсификации и повышения эффективности горнопроходческих работ.

Анализ работы передовых и обычных проходческих бригад показывает, что основными факторами, влияющими на технико-экономические показатели их работы, являются горнотехнические и организационные.

6.2 АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ГОРНТЕХНИЧЕСКИХ И ОРГАНИЗАЦИОННЫХ ФАКТОРОВ НА СКОРОСТЬ ПРОВЕДЕНИЯ И ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ ТРУДА ПРОХОДЧИКОВ

С ростом технической оснащенности забоев выработок показатели их проведения все в большей степени зависят от производительности проходческих машин и степени их использования. Производительность же последних, а следовательно, и показатели проведения определяются не только их технической возможностью, но и основными горнотехническими и организационными факторами.

Следовательно, в общем случае скорость проведения одиночной выработки зависит от горно-геологических условий, формы и размеров ее поперечного сечения, набора проходческого оборудования, пригодного для этих условий, числа проходчиков и степени использования рабочего времени.

На основании исследований КузНИИшахтоостроя (1976—1985 гг.) с использованием материалов хронометражных наблюдений, выполненных работниками НИС комбинатов «Кузбасс-

шахтострой», «Карагандашахтострой», «Ростовшахтострой», «Печоршахтострой» при проведении горных выработок по породам при строительстве и реконструкции угольных шахт, методов планирования эксперимента с применением многофакторного регрессионного анализа получена математическая модель технической скорости проведения горизонтальных горных выработок [13]:

$$v_{т.г} = 84,6 + 0,035 P_{тех}^6 + 2,82 n_m^6 + 0,07 P_{тех}^n + 6,92 n_m^n - 0,14 \sigma_{сж} - 0,8 S_{пр} + 2,9 l_{ш} + 0,4 V_{т.с} - 1,1 T_{уд} - 0,7 T_{уд}^{kp} + 3,8 n_{зв} \quad (6)$$

где $P_{тех}^6$ — техническая производительность бурильных машин по породе прочностью $\sigma_{сж} = 20$ МПа, м/ч; $P_{тех}^n$ — техническая производительность погрузочных машин, м³/ч; n_m^6 , n_m^n — соответственно число бурильных головок и погрузочных машин; $\sigma_{сж}$ — предел прочности пород на одноосное сжатие, МПа; $S_{пр}$ — площадь поперечного сечения выработок в проходке, м²; $l_{ш}$ — глубина шпуров, м; $V_{т.с}$ — вместимость непрерывно загружаемых транспортных средств, м³; $T_{уд}$ — удельные трудозатраты на обмен транспортных средств, чел.-мин/м³; $T_{уд}^{kp}$ — удельные трудозатраты на возведение постоянной крепи, чел.-мин/м²; $n_{зв}$ — число проходчиков в звене.

Техническая производительность (м/ч) бурильных машин при $\sigma_{сж} = 20$ МПа

БГА-1М, 1БГА-1, ПК-75 (БУ-1, БУР-2, СБУ-2)	130
БУЭ, МБЭ, МБ-1Э, (БУЭ-1, БУЭ-2, 2ПНБ-2Б)	170
ЭБГП (ЭБГП-1)	140
БКГ (БКГ-2)	195

Техническая производительность погрузочных машин, м³/ч

ППП-1С	48	ППБ-ЗД	240
ППМ-5	75	ППБ-ЗД2	270
ППБ-2	120	ППБ-4	360
2ПНБ-2	150		

Удельные трудозатраты на обмен транспортных средств, чел.-мин/м³

Забойный конвейер	7,5	Перекатная платформа	10,2
Вагоны ВПК	8,6	Плита-разминька	12,4
Перегружатель	8,8	Стрелочный перевод	13,6

Удельные трудозатраты на возведение постоянной крепи, чел.-мин/м²

Асталлическая арочная типа АП-3 при числе рам на 1 м:

0,75	26,1	Набрызгбетон при толщине крепи, мм:	
1,0	28,8	50	8
1,5	33,6	100	16
2,0	37,5	Набрызгбетон с анкерами и подкладками при толщине крепи, мм:	
3,0	45,4	50	31,2
4,0	52	100	39,2
Монолитная бетонная с применением инвентарной передвижной ОМП	83,0	Набрызгбетон с анкерами и металлической сеткой при толщине крепи, мм:	
Тюбинги ГТК	62,9	50	29,2
	47,3	100	37,2
	29,3		

Полученная математическая модель технической скорости проведения горизонтальных горных выработок отражает все основные влияющие факторы и имеет хорошую сходимость с практическими данными. Кроме того, при составлении используются наблюдения за скоростными проведениями, следовательно, она отражает и прогрессивные направления в технологии и организации труда и производства и, таким образом, может служить основанием для создания объективного норматива скорости, учитывающего все основные факторы.

При анализе большого массива хронометражных наблюдений объективная оценка влияния каждого фактора на конечные технико-экономические показатели проходки (скорость и производительность труда проходчиков) весьма затруднительна, поэтому для выполнения такого анализа в данной работе использовался метод статистических испытаний.

За базовую взята технология проведения выработки $S_{пр} = 20 \text{ м}^2$, $\sigma_{сж} = 50 \text{ МПа}$. Оборудование: одна бурильная установка БУ-1, одна погрузочная машина ППН-5, глубина шпуров — 2,3 м, вместимость транспортных средств — 3,3 м³, средства обмена — стрелочный перевод, численность звена проходчиков — 4 чел., крепь металлическая арочная, 2 рамы на 1 м.

Для определения степени влияния отдельного фактора все остальные оставались постоянными.

Результаты расчетов влияния отдельных факторов на показатели проведения приведены в табл. 43.

Анализ полученных зависимостей позволяет сделать следующие выводы.

Повышение прочности пород с 20 до 140 МПа снижает скорость проходки выработки на 24,7 %. Производительность труда проходчика уменьшается пропорционально снижению скорости проходки. Как известно, этот фактор в основном влияет на производительность бурения. При применении коронок, соответствующих крепости пород, эти изменения уменьшаются.

Увеличение площади поперечного сечения выработки с 10 до 25 м² в проходке снижает скорость проведения на 15,1 %, при этом производительность труда проходчика повышается (при изменении этого показателя в м³/чел.-смену) в 2,5 раза. т. е. увеличение площади сечения выработки на 10 % дает рост производительности труда проходчика на 9,5 %. Следовательно, усложнение горнотехнических условий проведения капитальных горных выработок (увеличение $S_{пр}$ и $\sigma_{сж}$) не могло сказаться на резком ухудшении показателей их проведения.

Увеличение длины шпура с 1,5 до 3,3 м повышает скорость проведения и производительность труда в пределах 6,5—7 %.

Рост производительности горнопроходческих машин вследствие увеличения их числа дает значительно меньший эффект, чем повышение единичной производительности бурильных машин на каждые 10 % дает в среднем повышение скорости и производи-

Уравнения связи

Фактор	Производительность труда производителей	Скорость проведения работ
$\sigma_{сж}$	$2 \cdot 10^{-6} \sigma_{сж}^2 - 6,7 \cdot 10^{-4} \sigma_{сж} + 2,75$	$2 \cdot 10^{-5} \sigma_{сж}^2 - 0,173 \sigma_{сж} + 72,5$
$S_{пр}$	$\frac{136,7}{(S_{пр})^2} - \frac{51,7}{S_{пр}} + 5,1$	$\frac{2 \cdot 10^{-7} (S_{пр})^2 + 8 \cdot 10^{-5} S_{пр} + 10^{-2}}{1}$
$I_{ш}$	$\frac{1,21}{(I_{ш})^2} - \frac{1,7}{I_{ш}} + 3,22$	$\frac{I_{ш}}{1,2 \cdot 10^{-2} + 1,1 \cdot 10^{-3} I_{ш} - 3,5 \cdot 10^4 (I_{ш})^2}$
$P_{тех}^0$	$1,65 + \frac{510,1}{P_{тех}^0} - \frac{58910}{(P_{тех}^0)^2}$	$7,57 \ln (P_{тех}^0)^2 - 63,3 \ln (P_{тех}^0) + 198,8$
$n_{ш}^0$	$5,1 + 1,8 n_{ш}^0 - 0,1 (n_{ш}^0)^2$	1
$P_{тех}^{ш}$	$e^{[0,02 + 10^{-3} P_{тех}^0 - 4 \cdot 10^{-7} (P_{тех}^0)^2]}$	$\frac{1,6 \cdot 10^{-2} (n_{ш}^0)^2 - 1 \cdot 10^{-3} n_{ш}^0 + 1,1 \cdot 10^{-2}}{1}$
$n_{ш}^n$	$\frac{n_{ш}^n}{10^{-2} (n_{ш}^n)^2 + 0,29 n_{ш}^n + 8 \cdot 10^{-2}}$	$\sqrt{1,7 \cdot 10^{-2} (P_{тех}^n)^2 + 9,36 P_{тех}^n + 113,9}$
$v_{т.с}$	$\sqrt{5,5 \cdot 10^{-5} (v_{т.с})^2 + 8,6 \cdot 10^{-2} v_{т.с} + 7}$	$7 \cdot 10^{-2} (n_{ш}^n)^2 + 5,9 n_{ш}^n + 65,7$
$T_{ср.уа}$	$\sqrt{8 \cdot 10^{-4} (T_{ср.уа})^2 - 0,26 T_{ср.уа} + 10,7}$	$\sqrt{0,16 (v_{т.с})^2 + 56,3 v_{т.с} + 4957}$
$T_{кр.уа}$	$4,91 - 3 \cdot 10^{-2} \ln T_{кр.уа} - 0,17 \ln T_{кр.уа}$	$\sqrt{1,2 (T_{ср.уа})^2 - 190,7 T_{ср.уа} + 7515}$
$n_{за}$	$0,15 \ln n_{за}^2 - 3,1 \ln n_{за} + 6,19$	$91,8 - 0,69 T_{кр.уа} - 5 \cdot 10^{-3} (T_{кр.уа})^2$ $e^{0,9 + 1,4 \cdot 10^{-1} n_{за} - 5 \cdot 10^{-5} (n_{за})^2}$

тельности труда соответственно на 0,5 и 3,8 %, а рост производительности на ту же величину вследствие увеличения числа работающих машин — соответственно на 0,25 и 0,7 %. Происходит это за счет увеличения потерь времени на различные маневровые операции, а также помех, создаваемых машинами друг другу. Например, наблюдения показывают, что при увеличении числа бурильных машин производительность каждой последующей уменьшается на 12 %, а погрузочных машин на 15 %.

Значительное влияние на показатели проведения выработок оказывают вместимость откаточных сосудов и трудозатраты на обмен транспортных средств. Только непрерывная погрузка способствует более полной реализации технической производительности погрузочных машин (на 90—97 %) и повышению эффективности проходческих работ. При увеличении вместимости одновременно загружаемых транспортных средств от 2,5 до 30 м³ (три вагона ВПК-10) показатели скорости проведения горизонтальных выработок возрастают на 16—20 %.

Особенно большое влияние оказывают трудозатраты на возведение постоянной крепи. Так, при переходе от арочной металлической крепи к набрызгбетонной скорости проведения выработок увеличиваются на 15—45 %, а производительность труда на 40—70 %.

Замена монолитной бетонной крепи на набрызгбетон снижает трудоемкость возведения крепи примерно в 10 раз, при этом скорость продвижения забоя увеличивается на 29,8 %, а производительность труда на 38,9 %, т. е. снижение трудоемкости процессов на 10 % повышает показатели соответственно на 2,8 и 3,7 %.

Скорость проведения выработок и производительность труда проходчиков зависят от численности звена проходчиков нелинейно. При увеличении численности звена проходчиков на 10 % скорость проведения возрастает на 2,16 %. Производительность труда при этом снижается в среднем на 1,7 %.

Следует иметь в виду, что предложенные зависимости построены на основе выборочных данных фактических скоростей проведения шахтостроительными и углестроительными организациями Кузбасса, хозспособом — ВПО «Кузбассуголь», а также данных НИС комбинатов «Карагандашахтострой», «Печоршахтострой», «Ростовшахтострой». Поэтому результаты влияния отдельных факторов могут быть несколько искажены (их численные значения) вследствие воздействия организационных факторов, так как уровень организации труда взят среднеотраслевой. Так, по данным ИГД им. А. А. Скочинского увеличение численности звена проходчиков на 10 % повышает скорость проведения выработки на 4,1 %. По другим данным скорость проведения составляет от 2,16 до 5,7 % в зависимости от уровня механизации основных процессов. Естественно, что при нормальной организации труда результаты влияния численности звена проходчиков на показатели проходки будут выше. То же

можно сказать о влиянии производительности и численности горнопроходческих машин. В результате недостаточной надежности и низкой эффективности использования их расчетная эксплуатационная производительность может значительно отличаться от фактической. Так, в комбинате «Кузбассшахтострой» фактическая производительность работающих погрузочных машин 2ПНБ-2 составляет 511,3 м³/мес, а 1ППН-5 — 436,9 м³/мес, т. е. почти равны, в то время как их часовая техническая производительность отличается в 2 раза (150 и 75 м³/ч).

Все это, конечно, сказывается на результатах расчетов, но качественная сторона влияния отдельных факторов от этого не меняется.

Большое влияние на показатели проведения выработок оказывают геологические нарушения, прогноз которых до настоящего времени далек от совершенства.

При проведении западного полевого штрека на шахте «Абашевская» пришлось пересекать участок нарушенных пород протяженностью около 400 м. Если не учитывать начало и конец работ, когда бригада занималась подготовительными и заключительными работами, то средняя скорость проведения штрека в нарушенных породах составила 84,7 м/мес, в ненарушенных 110 м/мес, т. е. снижение скорости и производительности из-за нарушения составило 23 %.

При проведении вентиляционного квершлага (шахта «Абашевская» ПО «Южкузбассуголь») встреча с нарушением в июне 1986 г. вызвала обрушение забоя. Ликвидация аварии посредством цементации обрушенных пород продолжалась 7 дней. Трудозатраты при этом составили 224 чел.-смен.

При сооружении главного квершлага гор. +160 м шахты «Бунгурская» ПО «Южкузбассуголь» площадью сечения в свету 14,5 м², в проходке 19,1 м была встречена зона геологического нарушения протяженностью около 80 м, сложившаяся сильнопористыми алевролитами, углестыми алевролитами, углем. В связи с усилившимся горным давлением плотность установки металлической крепи из СВП-27 с железобетонной затяжкой увеличили до четырех рам на 1 м (в 2 раза). Чтобы исключить вывалы породы, применили забивную крепь. Однако под воздействием обрушившихся пород установленная крепь деформировалась. На расстоянии 40 м от начала зоны геологического нарушения произошел вывал породы и угля общим объемом около 360 м³, в связи с чем проведение выработки прекратили. Попытка ликвидации вывала не была успешной: под действием сильного давления раздробленных пород опережающая крепь и призабойные рамы продолжали деформироваться со значительными прорывами разрушенных пород в выработку.

Для дальнейшего проведения горной выработки были предложены два варианта.

1. В 20—30 м от завала разделить узел сопряжения, обойти зону вывалообразования и через 50 м выйти на проектную трассу выработки, затем ее проводить с применением опережающей крепи и возведением усиленной постоянной. При этом не исключалась возможность новых вывалов породы.

2. Упрочнение породного массива цементацией на аварийном участке, а затем проведение выработки обычным способом.

Был принят второй вариант. Упрочнив породный массив на участке, прилегающем к аварийному, закачали 116 м³ цементно-песчаного раствора в образовавшуюся полость и призабойное пространство. Упрочнение пород было закончено за 21 день, общие затраты труда составили 240 чел.-смен. Завершив упрочнение пород, выработку на аварийном участке провели обычным способом с возведением арочной металлической крепи (две рамы на 1 м). Вывалов горных пород из бортов и кровли выработки не

наблюдалось. Длительные инструментальные и визуальные наблюдения за состоянием крепи не выявили ее деформации.

В целом наличие нарушений по предварительным подсчетам снижает показатели проведения отдельной выработки на 20—40 %, а в целом по комбинату — на 5—10 %, т. е. не может оказать значительного влияния на их снижение.

На шахте «Шушталепская» ПО «Южкузбассуголь» околоствольных выработок при плане 3750 м³ было пройдено 1546 м³ из-за несвоевременного прехода бригады на проведение выработок околоствольного двора гор. —160 м и выполнения внеплановых работ на шахте «Капитальная».

На шахте «Капитальная» при годовом плане проведения околоствольных выработок и камер 4130 м³ пройдено 3733,2 м³ квершлагов и полевых штреков при плане 1180 м пройдено 844,2 м. Основными причинами невыполнения плана явились: раскомплектование бригады проходчиков из-за ее малочисленности, отвлечение членов бригады на перекрепку путевого квершлага № 2 с тубинговой крепи на металлическую.

Громкие потери рабочего времени и объемов работ имеют место из-за недостатков планирования и организации производства. Так, в комбинате «Кузбассшахтострой» из-за отвлечения проходческих бригад на выполнение вспомогательных работ на пусковых объектах, отсутствия фронта работ, перемещения с шахты на шахту (зачастую в другой город) теряется от 50 до 35 % (10—15 км) реально возможных объемов горных выработок. Например, в 1986 г. в тресте «Кузнецкшахтострой» проходческая бригада с шахты «Есаульская» в составе 44 чел. работала на поверхности с 15 марта по 10 июня. Потери в объемах составили около 150 м наклонных выработок. В тресте «Киселевкшахтострой» одна бригада проходчиков на выработках околоствольных дворов не работала 4 мес. (потери около 170 м) и другая с шахты «Карагайлинская» — 3,5 мес. (потери около 230 м). В тресте «Беловошахтострой» бригада с шахты «Чертинская» не работала в забое 6 мес. (потери 330 м), на шахте «Инская» — 6,5 мес. (потери 650 м), третья бригада — 5 мес. (потери 300 м). В тресте «Ленинскшахтострой» четыре бригады проходчиков с шахты «Октябрьская» 11 мес. работали на поверхности (потери 2900 м) и др.

В тресте «Кузбассшахтопроходка» (основном горнопроходческом подразделении комбината) отвлечения от основной работы проходчиков составили в 1986 г. 30 000 выходов — годовой рабочий фонд пяти проходческих бригад из тридцати двух человек (потери — 4200 м квершлагов).

Все приведенные выше примеры говорят в основном о низком уровне организации производства, который сказывается на снижении технико-экономических показателей проведения выработок.

Уровень организации труда в забое выработки характеризуется в основном величиной простоев и уровнем квалификации членов проходческой бригады.

Величина непроизводительных затрат рабочего времени, связанных с недостатками в организации работ, остается в настоящее время все еще достаточно высокой.

Так, по данным НИС комбината «Кузбассшахтострой» потери рабочего времени за последние годы составили 17—20 %, из них лишняя работа составила 4,6 %, простои, %: из-за отсутствия материалов — 1,7; энергии — 1,3; фронта работ — 1,2; инструментов, механизмов, приспособлений — 0,4; порожняка — 1,5; сжатого воздуха — 0,3; из-за неисправности инструментов, механизмов и приспособлений — 3,6; необеспеченности транспортом — 0,1; нераспорядительности руководства — 0,2; нарушения

трудовой дисциплины — 0,1. Случайные и прочие простои составили 2,2 %.

Следует иметь в виду, что эти данные получены в результате хронометражных наблюдений за работой отдельных смен передовых бригад Кузбасса. На рядовых проходках эти потери значительно выше.

Анализ причин простоев проходческих забоев углестроительных трестов ВПО «Кузбассуголь» и комбината «Кузбассшахтострой» за 1984—1987 гг. показал, что они распределяются следующим образом. Простои (%) из-за отказов горнопроходческого оборудования составили 15,7, поломки электроаппаратуры — 2,5; некачественного ведения буровзрывных работ (исправление крепи, недостаточное оконтуривание) — 5—13 и отсутствия материалов, проветривания, энергии, порожняка и т. д. (внезапные причины) — 13,4. Общая величина потерь рабочего времени составила 36,6 %.

Эти данные подтверждаются результатами хронометражных наблюдений при проведении аналогичных выработок в других угольных бассейнах. Например, при проведении квершлагов и полевых штреков в комбинате «Карагандашахтострой» средние потери рабочего времени составили 10,1 % в основном за счет лишней работы (6,5 %). На рядовых проходках эти потери увеличиваются до 32 %, в том числе лишняя работа составляет 21 %, простои — 11 %.

Рассматривая технологический процесс как объект управления и принимая за оценочный критерий производительность труда при заданных ограничениях темпов проведения выработок (нормативные темпы и технически возможные при определенном наборе оборудования), необходимо отметить, что в настоящее время управление технологическими процессами при проведении выработок находится на очень низком уровне.

Система управления технологическим процессом должна включать в качестве основных функций планирование, учет, контроль и регулирование.

Планирование. Выбор технологических процессов в большинстве случаев производится стихийно, исходя из имеющегося в настоящий момент проходческого оборудования, без учета основных влияющих факторов, таких, как площадь поперечного сечения выработки, ее протяженность, горно-геологические условия и т. д.

График организации работ с определением состава и последовательности операций, с расстановкой рабочих по операциям проходческого цикла не разрабатывается.

Выбор системы, методов и средств управления технологическим процессом не производится.

Определение связей, массивов и потоков информации не выполняется.

Учет. Определение фактических значений параметров технологического процесса производится укрупненно горным мастером «на глазок» в конце смены со слов проходчиков.

Определение фактических значений технико-экономических показателей проведения не производится.

Регистрация, хранение и передача информации — информация горному мастеру, кроме аварийных ситуаций, передается регулярно при посещении им забоя 2—3 раза в смену. Информация начальнику участка передается горным мастером лично или по телефону в конце смены укрупненно (общие результаты) и используется им для наряда следующей смене. Разбор операций в ходе технологического процесса не производится.

Контроль. Выявление отклонений фактических значений параметров от заданных и установление их причин производится только в аварийных ситуациях (отказы зарядов ВВ, разрушение крепи взрывом, выход из строя машин и т. д.).

Прогноз дальнейшего хода процесса и изменения параметров технико-экономических показателей в большинстве случаев не производится из-за отсутствия информации.

Регулирование технологическим процессом не производится из-за отсутствия текущей информации, например: о глубине обуренной заходки, фактическом КИШ, соблюдении паспорта БВР, соответствии схемы обмена вагонов принятой, времени выполнения технологических операций процесса, действиях и последовательности выполнения операций проходчиками и т. д.

Таким образом, инженерная подготовка и организация труда при проведении горизонтальных горных выработок все еще находится на низком уровне.

Эффективность горнопроходческих работ в значительной степени зависит от уровня удовлетворенности рабочих своим трудом. Неудовлетворенность трудом порождает текучесть кадров на предприятии. Установлено, что в течение 1,5 года потенциальная текучесть кадров становится фактической.

Текучесть кадров вызывает отрицательные социальные и экономические последствия и экономические потери, связанные с перерывом в работе (в среднем 28 рабочих дней на одно увольнение), дополнительными затратами на переподготовку и специализацию (в среднем 50 руб. для рабочих и 500—600 руб. для специалистов с высшим образованием), адаптацией работника на новом месте (квалифицированный рабочий в течение первых трех-четырех недель после перемены места работы имеет выработку ниже на 20—30%), снижением уровня производительности рабочих, решивших уйти с данного места работы.

Исследованиями Кузбасского политехнического института установлено [49], что основная причина потенциальной текучести кадров — нестабильность работы бригады, участка, вызванная изменчивостью фронта работ, недостатками материального технического снабжения и другими причинами, связанными в основном с плохой организацией производства и труда. Нестабильность

бильность фронта работ, плохая организация труда и производства приводят также к снижению материальной заинтересованности проходчиков в повышении технико-экономических показателей проходки.

К недостаткам инженерного обеспечения следует отнести и плохую изученность горных пород, по которым планируется проведение выработки, что часто вызывает простои проходческих бригад при встрече с непредвиденными ситуациями (нарушения, усиленные водопритоки и т. п.). За рубежом этим вопросам уделяется большое внимание. Например, в ФРГ перед проходкой разведка характера пород производится с помощью различных методов: бурения скважин с поверхности, вертикальных скважин из выработки, горизонтальных из забоя и т. д. Это позволяет более успешно выбрать как оборудование, так и технологию проведения.

Наибольшие резервы роста производительности труда заключены в рационализации приемов и методов труда, повышении занятости рабочих по основной профессии за счет исключения затрат времени на лишнюю и случайную работу и работу не по специальности, а также повышения коэффициента готовности забоя, т. е. повышения организационно-технического уровня горнопроходческих работ.

Организационно-технический уровень технологии проведения горной выработки можно оценить комплексным показателем, учитывающим общие потери скорости из-за организационных причин по сравнению с возможными, рассчитанными по эксплуатационной производительности горнопроходческих машин.

Обычно расчетная скорость проведения выработок, базирующаяся на существующих в настоящее время методиках расчета параметров проходческого цикла, как правило, в 1,5—2,5 раза превышает их фактические скорости. Так, например, технологическая схема проведения горизонтальных выработок площадью поперечного сечения в проходке более 16 м² с применением двух погрузочных машин ИПН-5, бурильных установок БУР-2 и БУ-1, тубингоукладчика К-1000 при креплении выработки тубинговой крепью ГТК рассчитана на проведение выработки со скоростью 170 м/мес. Расчет произведен, исходя из эксплуатационной производительности применяемых машин. Реализация данной технологии подтверждается примерами проведения выработок в Кузбассе со скоростью от 40 до 150 м/мес. Реальность достижения расчетных скоростей подтверждает такой пример. Были проведены хронометражные наблюдения в передовой проходческой бригаде в Кузбассе в целях выявления ее возможностей.

Результаты наблюдений (мин) приведены ниже.

Заряжание, взрывание, проветривание	90
Бурение 108 шпуров двумя установками БКГ-2	95
Отгон бурильных установок	10
Заряжание, взрывание, проветривание	90

Погрузка породы двумя машинами 1ППН-5	150
Отгон погрузочных машин, подгон тюбингоукладчика	10
Возведение крепи (три кольца тюбингов)	180
Укладка времянок	16

Общее время продолжительности цикла с учетом неподвижных затрат времени (60 мин) составляет 611 мин.

Возможная скорость проведения выработки по этим данным при 30 рабочих днях в месяц составляет 159 м/мес, производительность труда 4,2 м³/чел.-смену. Расчетная скорость составляет 135 м/мес, производительность труда — 3,6 м³/чел.-смену. Фактически максимально достигнутые бригадой результаты при проведении выработки: скорость — 115 м/мес, производительность труда — 3,58 м³/чел.-смену.

Таким образом, расчетная скорость является реальной и может быть достигнута при высоком уровне организации труда. Взаимосвязь фактических и расчетных показателей проведения выработки можно представить уравнениями

$$v_{\phi} = v_{p} K_{п}; P_{\phi} = P_{p} K_{п},$$

где v_{ϕ} и v_{p} — соответственно фактическая и расчетная скорость; $K_{п}$ — коэффициент потерь скорости проведения и производительности труда; P_{ϕ} и P_{p} — соответственно фактическая и расчетная производительность труда.

Учитывая, что при одинаковой численности бригады производительность труда прямо пропорциональна скорости проведения, коэффициент $K_{п}$ одинаков в обоих выражениях. Для его определения воспользуемся данными табл. 44, в которой даны скорости проведения выработок передовыми бригадами Кузбасса.

Анализ результатов скоростного проведения показывает, что величина $K_{п}$ меняется от 0,97 до 0,47, составляя в среднем 0,62, т. е. даже при скоростном проведении потери скорости составляют 40—60 %.

Причины потерь следующие:

одновременное обслуживание подъемным стволом эксплуатационных и горно-капитальных работ;

неисправность машин и механизмов;

недостаточный уровень организации труда в забое.

Если считать, что в передовых бригадах коэффициенты кооперации и разделения труда равны каждой единице, коэффициент состояния трудовой дисциплины также равен единице, то снижение показателей проведения выработок происходит, таким образом, за счет недостатков в организации производства и труда.

Среди этих факторов значительную долю имеют потери скорости в результате совместной работы эксплуатационников и шахтостроителей.

В целом по этой причине снижение показателей проведения выработок составляет около 20 % ($K_1 = 0,8$).

Таблица 44

Шахта, выработка	С _{пр} ^р м	Скорость проведения (м/мес) выработок по месяцам												Р _ф ^р м/мес	Р _р ^р м/мес	
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII			
		«Распадская», восточный полевой штрек	19,4	—	120,4	165	130	140	100	110	—	—	—			—
«Абашевская», западный полевой штрек	15,8	—	110	110	115	110	—	—	—	—	—	—	—	—	110	195
«Капитальная», главный квершлаг	22,6	—	103	105	86	101	100	85	101	80	87	75	93	131	82	128
«Капитальная», вентиляционный квершлаг	23,4	85	50	105	75	76	—	—	—	—	—	—	—	—	78	128
«Капитальная», полевой штрек	23,4	—	—	72	76	85	70	50	105	70	77	90	78	128	77	141
«Капитальная», главный квершлаг	21,1	76	70	76	89	81	81	78	90	70	68	53	71	131	74	131
«Капитальная», квершлаг № 69	22,4	60	78	70	105	105	55	60	40	46	—	—	—	—	55	131
«Абашевская», полевой вентиляционный штрек	19,3	63	70	105	105	115	—	—	—	—	—	—	—	—	100	121
«Абашевская», вентиляционный квершлаг	26,0	—	—	106	105	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Потери скорости, связанные с выходом из строя машин и механизмов, в среднем составляют около 15% ($K_2=0,85$), из-за отсутствия энергии и материалов около 11% ($K_3=0,89$).

Если считать, что эти потери одинаковы и в рассмотренных бригадах, то коэффициент потерь составит

$$K_n = K_1 K_2 K_3 K_{\text{орг}}$$

где $K_{\text{орг}}$ — коэффициент снижения показателей проведения выработки за счет недостатков организации труда непосредственно в забое.

$$\text{Отсюда } K_{\text{орг}} = \frac{K_n}{K_1 K_2 K_3} = \frac{0,59}{0,8 \cdot 0,85 \cdot 0,89} = 0,97.$$

Это соответствует действительности, так как рассмотренные бригады обладают высоким профессиональным мастерством и четкой организацией труда в забое.

Скорость проведения главного квершлага на шахте им. Кирова ПО «Ленинскуголь» приведена ниже.

Месяц года . . .	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Скорость проведения, м/мес . . .	51	32	50	44	38	24	40	35	28	22	35	

Величина показателя K_n изменялась от 0,13 до 0,29, в среднем составляя 0,21. Если принять, как и ранее, коэффициенты $\bar{K}_1, \bar{K}_2, \bar{K}_3$ примерно постоянными (в среднем за 5 лет по Кузбассу), то

$$K_{\text{орг}} = \frac{0,21}{0,8 \cdot 0,85 \cdot 0,89} = 0,35,$$

т. е. только за счет низкой квалификации проходчиков бригады и организации труда в забое скорость снижается на 60—65%.

Результаты исследований показывают, что наибольшие резервы повышения скорости проведения выработок и производительности труда проходчиков заключены в рационализации приемов и методов труда, повышении занятости рабочих на основной профессии за счет исключения затрат времени на лишнюю и случайную работу и работу не по специальности, а также за счет повышения коэффициента готовности забоя.

Как показывают наблюдения, наименее изученными из задач научной организации труда проходчика в настоящее время являются задачи, связанные с рационализацией приемов и методов работы.

Различают три степени рациональности рабочего процесса: низкую, среднюю и высшую. При низшей степени рациональности он состоит только из необходимых операций, но сами операции могут содержать лишние приемы. Средняя степень предусматривает рационализацию структуры операций. Каждая операция состоит только из необходимых приемов. Однако приемы, слагающие операцию, могут содержать лишние и нелов-

кие движения. При высшей степени усовершенствуют все составные части рабочего процесса, включая движение.

Анализ существующей системы проектирования и нормирования, а также визуальные наблюдения показали, что в настоящее время большинство процессов проходческого цикла имеет низкую (в общем случае) или среднюю (в передовых коллективах) степень рациональности. Поэтому дальнейшая рационализация рабочих процессов проведения горных выработок, стандартизация структуры процессов являются основой их унификации и повышения производительности труда. Эта работа невозможна без дальнейшего совершенствования системы нормирования.

Достижению этих целей служат разрабатываемые в настоящее время КузНИИшахтостроем совместно с Кузбасским политехническим институтом при непосредственном участии комбинатов «Кузбассшахтострой» и «Карагандашахтострой» карты трудовых процессов проведения горных выработок буровзрывным способом. Эти карты составляют по единой схеме, которая предусматривает следующие разделы.

1. Область и эффективность выполнения процесса.
2. Подготовка и условия выполнения процесса.
3. Исполнители, предметы и орудия труда.
4. Технология процесса и организация труда.

Разработка карт трудовых процессов с использованием системы микроэлементных нормативов открывает широкие возможности для выявления резервов совершенствования процессов труда на основе их детального анализа, позволяет одновременно с нормативной величиной определять наиболее рациональные приемы работы, устранять субъективный подход при разработке норм и нормативов, повышать степень их обоснованности, нормировать труд на стадии проектирования, сравнивать уровень интенсификации труда на различных участках работы. Эта задача является актуальной для развития отрасли в современный период. Ее успешное решение будет способствовать коренному улучшению технико-экономических показателей горнопроходческих работ и может обеспечить повышение среднотраслевой скорости проведения квершлагов и полевых штреков до 100—120 м/мес. Как показывает опыт использования карт трудовых процессов на общестроительных работах, производительность труда при этом повышается на 19—35 %.

Таким образом, совершенствование организации производства и труда при выполнении процессов проходческого цикла является основным резервом в повышении скорости проведения выработок при оснащении забоев современным оборудованием. Организовать труд проходчика — значит определить наиболее рациональные формы его разделения и кооперации, выявить наилучшие приемы и методы работы, выбрать наиболее эффективные варианты технологического процесса и горнопроходческого оборудования для обеспечения наименьших затрат времени и

оптимального распределения производственного процесса в пространстве и во времени.

Значительная роль в совершенствовании организации производства и труда и интенсификации горнопроходческих работ отводится бригадному подряду. В бригадах, работающих по этому методу, производительность труда на 10—15 % выше плановой, экономия расчетной стоимости составляет 3—4 % при отличном качестве работ.

Бригадный подряд способствует и улучшению социально-психологического климата в трудовых коллективах. Проведенные социологические исследования показали, что в них на 11 % выше квалификация рабочих и их мастерство, на 26 % меньше потери рабочего времени.

Вместе с тем практикой внедрения бригадного подряда выявлены и недостатки, сдерживающие его широкое распространение на стройках отрасли, в частности на горнопроходческих работах. Главный из них — неравноправие договаривающихся сторон. Если бригада несет полную ответственность за невыполнение договора, то против администрации за невыполнение обязательств по договору практически никаких санкций не предусмотрено. Отсюда вытекает зачастую невыполнение администрацией договорных обязательств; неудовлетворительная инженерная подготовка производства к внедрению новой формы хозяйства, несвоевременное обеспечение бригад материально-техническими ресурсами и документацией и т. д. Поэтому и договор о бригадном подряде составляется нередко лишь чисто формально для отчета.

Для дальнейшего совершенствования и развития бригадного подряда нужна всеобщая заинтересованность в результатах работы бригады, т. е. необходим перевод предприятий угольной промышленности на хозяйственный расчет и самофинансирование.

6.3. СКОРОСТНОЕ ПРОВЕДЕНИЕ ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК

Практическая возможность интенсификации горнопроходческих работ при различных технологиях их проведения определяется результатами скоростного проведения. При правильно выбранной технологии и четкой организации труда и производства с применением буровзрывного способа достигаются рекордные скорости проведения выработок (более 100 м/мес) не только по углю, но и по крепким породам. Результаты скоростного проведения выработок приведены в табл. 45.

Для достижения высоких технико-экономических показателей проведения выработок помимо подбора производительной техники, четкой организации труда, бесперебойного материально-технического снабжения, интенсификации проходчиков используются за счет повышения квалификации

142 Таблица 45

Шахта (объединение). Выработка	Оборудование	Площадь в поперечном сечении в свету, м ²	Численность бригады, чел.	Максимальная скорость проединки, м/мес	Производи- тельность руды, м ³ чел.-смену
«Ровенчюковская» («Донбассантрацит»), от- катный квершлаг	ЭБГП-1, ПЦА-4	8,8	70	550	2,74
«Абашевская» («Южкузбассуголь»), венти- ляционный квершлаг	БКГ-2 (2 шт.), ППП-5 (2 шт.), ТУ-3	22,2	51	115	2,74
«Тошковская» («Первомайскуголь»), восточ- ный полевой вентиляционный штрек	СЭР-19, ЭБГП-1, ППП- 5	11,2	40	237	—
«Воршаурская» («Воркутауголь»), нижний конвейерный штрек	БУР-2, 2ППБ-2	13,2	—	144,5	1,91
«Южно-Донбасская» № 3 (трест «Донецк- шахтострой»), вентиляционный штрек	2ППБ-2, СР-70, 1Л-80	12,1	50	183	2,36
«Казахстанская» («Карагандауголь»), вы- работки околоствольного двора	БУЭ-1, ИБ-1М, 2ППБ- 22Б	17,3	50	200	3,7

ются различные технологические приемы и рационализаторские предложения инженерно-технических работников и рабочих.

Большой интерес представляет опыт проведения главного вентиляционного квершлага на шахте «Октябрьская» ПО «Ленинскуголь» с крепью из тюбингов ГТК площадью сечения в свету $22,2 \text{ м}^2$, в проходке $26,0 \text{ м}^2$ по породам прочностью на сжатие $40-60 \text{ МПа}$. В забое работали две породопогрузочные машины 1ППН-5, две бурильные установки БУР-2 и тюбингоукладчик ТУ-2. В выработке настилили два пути, откатка породы — в вагонетки ВГ-3.3, доставка материалов и оборудования — в вагонетках и на платформе.

Маневровые работы в забое осложнялись тем, что на двух путях находилось пять машин, которые нужно систематически менять местами. Существующие накладные перекрестные съезды и плиты-разминовки позволяют перекатывать через них вагонетки, но обмен погрузочных и бурильных машин и тюбингоукладчика занимает много времени. По предложению рационализаторов бригады был изготовлен и применен перекрестный накладной съезд, позволяющий быстро и безопасно перегонять машины с одного пути на другой.

Бригада состояла из 46 чел.: 36 проходчиков, пять электрослесарей и пять машинистов электровоза, которые разделены на пять звеньев. В звене 6—7 проходчиков, электрослесарь и машинист электровоза.

Среднемесячная скорость проведения составила 82 м , несмотря на значительное число встречающихся геологических нарушений. Производительность труда при этом достигла $2,1$, а при скоростном проведении $2,49 \text{ м}^3/\text{чел.-смену}$.

Такая же выработка (вентиляционный квершлаг, $S_{\text{св}}=22,2 \text{ м}^2$, $S_{\text{пр}}=26 \text{ м}^2$) проводилась в 1985 г. на шахте «Абашевская». При этом применяли две бурильные установки БКГ-2, две погрузочные машины 1ППН-5 и ТУ-3. Обмен вагонеток ВГ-3.3 проводился по челноковой схеме через стандартные симметричные стрелочные переводы двумя электровозами АМ-8Д2.

108 шпуров глубиной $2,5 \text{ м}$ обуривалось за 90 мин , погрузка породы (120 м^3) проводилась за $180-210 \text{ мин}$, возведение трех колец тюбинговой (ГТК) крепи — $180-210 \text{ мин}$, зарядание, взрывание и проветривание — 90 мин .

Продолжительность цикла составила $9,5-10 \text{ ч}$. В апреле было пройдено 106 м , в июне — 115 м . Производительность труда составила соответственно $3,58$ (50 чел.) и $2,74 \text{ м}^3/\text{чел.-смену}$ (54 чел.).

При сооружении камеры гаража-зарядной (ШСУ № 2, трест «Горловск-углестрой») площадью сечения в проходке $23,2 \text{ м}^2$ за 26 рабочих дней было пройдено 184 м . Производительность труда составила $1,73 \text{ м}^3/\text{чел.-смену}$ и превысила достигнутую по ШСУ № 2 более чем в 2 раза.

Выработка расположена вквост простирания пород с прочностью на сжатие $70-140 \text{ МПа}$ с наличием подстилающих вскрытию угольных пластов. Бурение шпуров осуществлялось перфоратором ПП54ВБ, погрузка породы — машинами ППН-1С и ППН-3 в вагоны УВГ-3.3. Крепление — арками из СВП-27. В качестве временной применяли анкерную крепь. Состав бригады — 5 звеньев по 16 чел. в каждом [45].

На шахте «Южно-Донбасская» № 3 для повышения скорости проведения откаточного квершлага по породам прочностью $40-60 \text{ МПа}$ в сложных горно-геологических условиях в забое выработки был смонтирован опытно-экспериментальный образец породопогрузочной машины МП-2Б с навесным бурильным оборудованием ЭБУ-1. Она изготовлена на базе серийно выпускаемой машины ППН-2, в которой ходовая часть выполнена с использованием ходовой части трактора Т-4А11-2. Питатель машины МП-2Б на 1 м имеет большую ширину, чем у машины ППН-2, что позволило за 40 мин убирать породу после взрывных работ. Машинной порода грузилась на прибойный конвейер СР-70, затем по второму конвейеру СР-70 доставлялась на погрузочный пункт и перегружалась в вагоны УВГ-2,5. Машинной порода грузилась на прибойный конвейер СР-70, затем по второму конвейеру СР-70 доставлялась на погрузочный пункт и перегружалась в вагоны УВГ-2,5.

Маневровые работы по обмену порожняка и груженых вагонов на погрузочном пункте осуществлялись с помощью лебедки и плиты-разминовки,

которая передвигается вслед за проведением выработки, максимальное отставание от места пересыпа — 30—40 м.

Крепежные материалы в забой доставлялись на специальных площадках и в контейнерах.

По мере уборки породы для установки арочной крепи разделялись лунки и устанавливались ножки из расчета две рамы на 1 м выработки. Параллельно велись работы по устройству рабочего полка, монтировались верхняки на ранее установленные ножки крепи с последующей их установкой по реперам и направлению.

Для инженерного обеспечения высокопроизводительной работы бригады руководством ШСУ № 13 были разработаны и доведены до каждого исполнителя конкретные организационно-технические мероприятия, которые предусматривались: ежемесячный осмотр и ремонт машины МП-2Б, конвейеров СР-70, навесного бурильного оборудования ЭБУ-1; создание необходимого резерва порожняка и материалов; оборудование непосредственно в шахте подземного пункта хранения взрывчатых материалов; широкая ответственность при подведении итогов работы бригады за сутки; постоянный контроль за состоянием техники безопасности и технологией проведения выработки.

Несмотря на то, что в результате неполадок с машиной суммарные потери рабочего времени составили более 11 смен в месяц, оптимальная организация труда обеспечила в августе 1984 г. высокие технико-экономические показатели работы — план проведения выработки был выполнен на 124,9%, нормативный показатель по СНИПу перевыполнен на 54%.

На шахте «Самбековская» 26/27 ПО «Ростовуголь» при проведении откаточного квершлага, находящегося на критическом пути строительства нового горизонта, была применена уступная форма забоя. Протяженность квершлага 1700 м, площадь сечения в проходке 24 м². Пересекаемые породы были представлены песчаниками и песчанистыми сланцами прочностью на сжатие 100—140 МПа. Приток воды в забой достигал 25 м³/ч.

По проекту расстояние между опережающими и отстающими забоями — 12 м. Выработку проводили буровзрывным способом. Шпуров бурили самоходной бурильной установкой на гусеничном ходу СБУ-2. Число шпуров в опережающем забое площадью сечения в проходке 12,8 м² составляло 54 шт. глубиной 2,5 м. В отстающем забое бурили 20 шпуров глубиной 2,2 м. Глубина заходки за цикл в обоих забоях равнялась 2 м. Бурением в опережающем и отстающем забоях были заняты три проходчика. Двое управляли манипуляторами бурильной установки, один следил за шлангами сжатого воздуха и воды. Бурение шпуров в опережающем забое полностью совмещалось с погрузкой породы машиной ППБ-3Д в вагонетки ВГ-2,5, возведением постоянной крепи в отстающем забое и наоборот (рис. 24). После окончания бурения шпуров в первом забое бурильную установку СБУ-2М перемещали во второй забой на безопасное расстояние (25—30 м от опережающего забоя).

Заряжание первого забоя продолжалось 40—45 мин, а второго — 20 мин. Забой проветривался в течение 30 мин после взрывания.

Опережающую выработку крепили временными металлическими арками из спецпрофиля СВП-22 с плотностью установки — 1 рама на 1 м горной выработки с затяжкой кровли обалами.

Работы по возведению постоянной крепи полностью совмещались с работами по бурению шпуров в опережающем забое.

Устройство канавки, наращивание труб вентиляции и сжатого воздуха, укладка временных путей производилась параллельно с работами, выполняемыми в первом и втором забоях. График организации работ показан на рис. 25. Среднемесячная скорость проведения составила 120 м [14].

При проведении протяженных выработок околоствольного двора у каптологическая схема, позволившая совместить частично процесс уборки породы и бурения шпуров.

Выработка площадью сечения в свету 17,3 м² и в проходке 20,4 м² с проводилась по песчаникам средней крепости и крепким аргиллитам ($\sigma_{сж} = 60—70$ МПа).

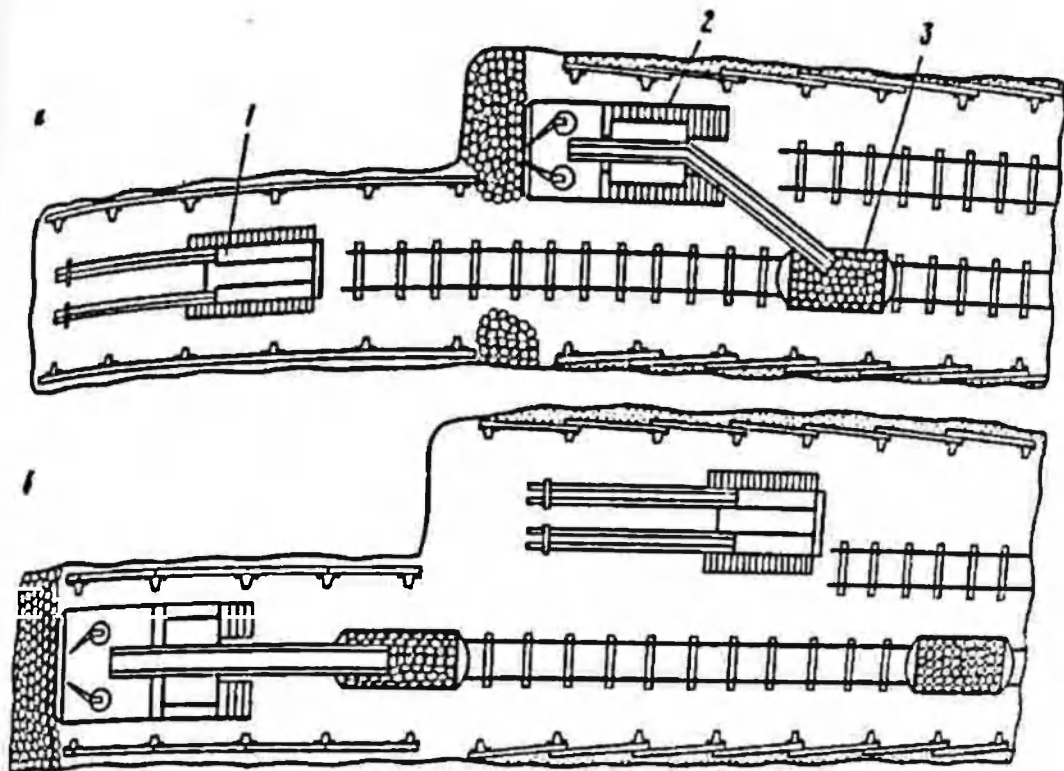


Рис. 24. Схема расположения оборудования при бурении шпуров (а) и погрузке породы (б) в опережающем забое откаточного квершлага шахты «Самбековская» 26/27;
1 — СБУ-2М; 2 — ПНБ-ЗД; 3 — ВГ-2,5

Бригада состояла из 5 звеньев по 10 проходчиков. Работы велись по режиму семидневной рабочей недели, в 4 шестичасовые смены в сутки. Каждое звено работало по 4 дня (5-й день — выходной). В смену выходило 8—9 проходчиков с учетом скользящего графика.

Шпуры бурили бурильной установкой БУЭ-1 и навесным бурильным оборудованием ИБ-1М, установленным на погрузочной машине 2ПНБ-2Б (рис. 26). Бурили 84 шпура глубиной 2,3 м три проходчика. Погрузка породы производилась в два этапа. На первом этапе с рельсового пути удаляли породу с помощью машины 2ПНБ-2Б и готовили рабочую площадку для бурильных установок 2ПНБ-2Б и БУЭ-1. Породу грузили в вагонетки для бурильных установок 2ПНБ-2Б и БУЭ-1. Породу грузили в вагонетки ВШ-8 и частично на левый борт. На втором этапе убирали породу, оставшуюся у левого борта, совмещая эти работы с бурением шпуров. Породу грузили с помощью машины 2ПНБ-2.

График организации работ показан на рис. 27.

Опыт бригады свидетельствует о том, что применение предложенной технологии позволяет достичь высоких скоростей проведения выработок большого сечения. Максимальное продвижение забоя за смену составило 1,67 м, за сутки — 6,68 м и в месяц 200 м. Выработка на одного проходчика составила 3,7 м³/чел.-смену.

Подобная технологическая схема с совмещением процессов бурения шпуров и погрузки породы широко применяется на рудниках черной и цветной металлурии. Ее применение в сочетании с анкерной и набрызгбетонной крепью позволяет добиваться высоких технико-экономических показателей ходки.

Так, при проведении штрека площадью сечения 16,9 м², протяженностью 5,3 км на одном из рудников была применена следующая технология. Работу начинали с осмотра забоя, оборки заколов и орошения отбитой горной массы. Породу убирали двумя погрузочными машинами ППН-3 в вагоны ВГ-4. Забой обслуживали два состава по 14—16 вагонов.

Операции	Объем работ	к/мод	1-я смена								2-я смена							
			8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19				
			к/мод	к/мод	к/мод	к/мод	к/мод	к/мод	к/мод	к/мод	к/мод	к/мод	к/мод	к/мод				
Опережающий забой																		
Бурение шпуров СБУ, м	135	3																
Заряжание шпуров, шт	64	9																
Взрывание и проветривание забоя	-	9																
Осмотр забоя	-	9																
Погрузка породы машинной ПНБ-ЗД, м³	25,6	4																
Временное крепление забоя, рам	2	2-3																
Снятие временной крепи, рам	2	3																
Укладка временного пути, м	2	3																
Остающийся забой																		
Принем и сдача смены	-	9																
Взрывание и проветривание забоя	-	9																
Осмотр забоя	-	9																
Погрузка породы машинной ПНБ-ЗД, м³	22,2	4																
Постоянное крепление, рам	2,2	2-6																
Бурение шпуров СБУ-2, м	44	3																
Заряжание шпуров, шт	20	9																
Устройство бетонной канавки, м	2	2																
Укладка временного пути, м	2	3																
Наращивание труб вентиляции, м	2	2																
Наращивание труб сжатого воздуха, м	2	2																
Наращивание труб для промывки, м	2	2																
Осмотр и ремонт оборудования	-	3																
Прочие вспомогательные работы	-	2-3																

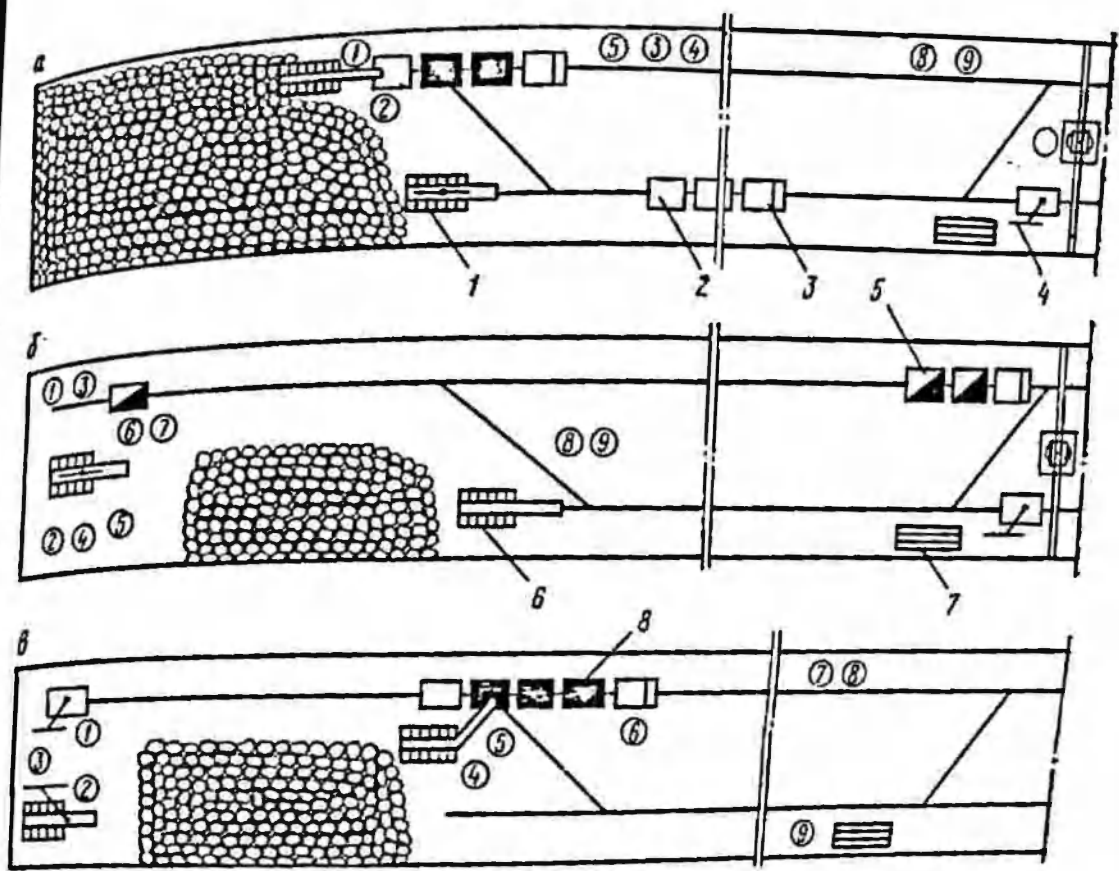


Рис. 26. Схема размещения оборудования и расстановки рабочих при проведении выработок околоствольного двора шахты «Казахстанская» (цифры 1—9 в кружках — расстановка рабочих):

а — погрузка породы; б — возведение постоянной крепи; в — бурение шпуров и погрузка породы; 1 — 2ПНБ-2Б; 2 — порожние вагоны; 3 — электровоз; 4 — БУЭ-1; 5 — платформа с крепью; 6 — 2ПНБ-2; 7 — место для складирования материалов; 8 — груженные вагоны

Операции	Объем работ	Число рабочих	Часы цикла						
			1	2	3	4	5	6	
Прием-сдача смены	—	9							
Бурение шпуров, м	185	3							
Взрывные работы	—	7							
Зарядание и взрывание шпуров, шт	84	7							
Приветривание	—	—							
Приведение забоя в безопасное состояние	—	9							
Погрузка породы, м ³	40,8	3-7							
Установка постоянной крепи, рам	4	7							
Настилка временного пути, м	8	2							
Устройство водоотливной канавки, м	8	2							
Устройство водоотливной канавки, м	—	—							
Прочие вспомогательные работы	—	—							
Изготовление забойки	—	3							
Обмен вагонов перестановщиком	—	3							
Доставка ВВ с участка пункта ВМ	—	2							
Подготовка материалов, порожника	—	9							
Технологический перерыв	—	—							

Рис. 27. График организации работ при проведении выработок околоствольного двора шахты «Казахстанская»

Для обмена вагонов применяли два правосторонних съезда. После того как головная погрузочная машина, опережая вторую не менее чем на 3 м, заканчивала уборку породы, в забой заезжала буровая каретка БК-01 для бурения шпуров диаметром 40 мм. Число шпуров на забой 49, глубина врубовых шпуров 2,4 м, отбойных и оконтуривающих 2,2 м. Врубо — прямая боковой с центральной скважиной диаметром 57 мм.

После окончания уборки породы второй погрузочной машиной в забое приступала к работе вторая буровая каретка СБКНС-2. Закончив обустройство забоя, каретки размещались на правом пути в 150—170 м от забоя за стрелочным переводом.

Выработку крепили постоянной металлической крепью из спецпрофиля СВП-27. Отставание постоянной крепи от забоя — не более 500 м, а временной железобетонной анкерной крепи, которая устанавливалась сжесмева по сетке 1×1 м, — не более 0,5 м.

Применяли следующий режим работы: шестидневную рабочую неделю с общим выходным, три 7-часовые смены в сутки. Проходческие работы выполняла бригада в составе 12 чел. (четыре звена по три человека). Средняя скорость проведения при этом по породам прочностью 140—160 МПа составила 125 м/мес, производительность труда проходчика — 6,7 м³/чел.-смену [45].

На рудниках цветной металлургии широко применяются технологические схемы с использованием отечественных и импортных погрузочно-доставочных машин. При этом после взрывания и проветривания забоя погрузочно-доставочная машина очищает забой для подготовки его к бурению, затем проводится бурение шпуров по забою и под анкерную крепь и одновременно — погрузка породы в вагонетки.

Показатели некоторых проходок при применении самоходных бурильных установок на рудниках цветной металлургии приведены в табл. 46 [47].

Опыт применения различного проходческого оборудования (в том числе и импортного) на рудниках цветной металлургии показал, что при применении самоходного оборудования скорость проведения одним забоем достигает 130—150 м/мес, при этом рекордная производительность труда составляет 20—30 м³/чел.-смену.

Опыт скоростного проведения выработок показывает, что при его организации особое внимание уделяется ремонтно-подготовительным работам, для чего организуются смены по профилактическому осмотру и ремонту оборудования, доставке в забой материалов, наращиванию коммуникаций. Иногда для выполнения этих работ предусматривается не полная смена, а производится частичное совмещение этих работ с проходческими работами в двух смежных сменах.

Заслуживает внимания опыт организации на шахтах специализированных доставочных бригад, не входящих в проходческие. Например, внедрение на шахтах ПО «Интауголь» напочвенных канатных дорог послужило базой для создания таких бригад. Этим же бригадам поручаются работы по разделке сопряжений и засечке новых выработок. Работы по разделке сопряжений бригады затрачивают до 10 сут и более на засечку новой выработки и демонтаж оборудования). Создание таких бригад поз-

Показатели	ПО «Даль- полнметалл»	«Солнечный» ГОК	Северо- Уральский бокситовый рудник
Площадь поперечного сечения выработки, м ²	14—16	17	14,5
Прочность пород, $\sigma_{сж}$, МПа	120—140	140	100—120
Число забоев в работе	9	2	1
Погрузочно-транспортное обо- рудование	ПД-8Д	ДК-2, 8Д	ЛНБ-3К
Способ обмена вагонеток	ЛК-1	Тупиковые заезды	Заезды в ор- тах через 100 м
Максимальная скорость прове- дения, м/мес	1334	851,3	300
Производительность труда про- ходчика, м ³ /чел.-смену	25,2	17	9,9

воляет на 35—40 % повысить скорость проведения выработок и на 25—30 % увеличить производительность труда.

Производительность труда при скоростном проведении горизонтальных выработок достигла в цветной и черной металлургии соответственно 18,3 и 11,7 м³/чел.-смену, а в угольной промышленности до 8 м³/чел.-смену.

При этом следует учесть, что наиболее высокие результаты достигаются при применении анкерной и набрызгбетонной крепи.

За рубежом буровзрывной способ проведения горных выработок характеризуется многообразием применяемых технологических схем и оборудования. Используются различные варианты расположения и глубины шпуров, порядка выемки отдельных участков забоя, видов и способов установки постоянной и временной крепи.

Ниже приведены некоторые примеры организации и технологии проведения горных выработок в угольной промышленности зарубежных стран.

В Лотарингском угольном бассейне (Франция) достигнут значительный прогресс в проведении выработок большого сечения по породам благодаря выбору эффективных методов ведения работ, позволяющих использовать тяжелое оборудование, усовершенствованию механизации бурения шпуров и обеспечению высокой степени безопасности работ.

На шахте «Ля Эв» (Франция) при проведении кверцлага «Порселет» площадью сечения в проходке 24,1 м² и в свету 20 м² работы велись в четыре смены, в забое находилось по 6 чел. Шпуры бурили двумя бурильными машинами, занято ежедневно по 12 чел. Шпуры бурили двумя бурильными машинами. Исполнительными органами были две установки из которых обслуживалась одновременно «Монтабер Т28», каждая из которых использовала один боковой ход. Длина шпуров составляла 3,4 м. На погрузке использовали одновременно 10-тонный дизельный грузчик СТ-2500 на шинно-колесном ходу с боковой разгрузкой ковша и погрузочную машину «Эймко-633» массой 6,3 т на гусе-

ничном ходу с ковшом вместимостью 1,0 м³. Погрузка велась на подвесной конвейер-перегрузатель ПФ-1 длиной 35—40 м, установленный по центральной оси выработки, с помощью которого порода загружалась в шахтные вагонетки вместимостью 3,5 м³.

Наилучшие достигнутые результаты: 186 м за 20 рабочих дней, 216 м за 23 рабочих дня и 183 м за 19 рабочих дней. Среднесуточная скорость подвигания забоя составила 7,35 м, производительность труда — 6,6 м³/чел.-смену.

На каменноугольных шахтах ФРГ основной объем выработок проводится буровзрывным способом. В комплект стандартного оборудования для проведения выработок по породе буровзрывным способом входят: электрогидравлическая буровая тележка на гусеничном ходу с несколькими машинами пуллорами и гидравлическими перфораторами; одна или две погрузочные машины с боковой разгрузкой и телескопической рукоятью; скребковый конвейер как промежуточное транспортное средство и при необходимости устройства для установки крепи.

На шахте «Генрих Роберт» для проведения полевых вскрывающих выработок площадью сечения в свету 27,9 м² и в проходке 31,2 м² был использован специальный буровой полук, что позволило применить технологию проведения с оригинальным набором проходческого оборудования, состоящего из двух систем, находящихся непосредственно в забое, но функционирующих совершенно независимо. Отбитую горную массу убирали с помощью двух пневматических ковшовых погрузочных машин 63311 «Эпико» с боковой разгрузкой ковша (рис. 28). Третья погрузочная машина находилась на некотором расстоянии от забоя — в резерве. Породу грузили погрузочными машинами непосредственно на скребковый конвейер, а оттуда — в вагонетки. Обмен вагонеток выполнялся следующим образом. Один рабочий расцеплял вагонетки, а рабочий погрузочного пункта, стоящий на возвышающемся пульте управления, подавал их толкателем на порожняковом пути до погрузочного пункта и с помощью поворотной плиты подавал одну вагонетку под погрузочный пункт. Во время загрузки производилась сцепка вагонеток, а затем гидравлическим домкратом подавалась под погрузку очередная вагонетка. Для доставки из забоя отбитой горной массы использовался одноцепной скребковый конвейер ЕКФ-3 длиной 37 м. Конвейер передвигался цепной лебедкой. Все механическое оборудование смонтировано жестко на плите — основании конвейера.

В сечении выработки настлалось три рельсовых пути: порожняковый, для загруженных вагонеток и для доставки материалов.

Буровой полук (платформа) состоял из отдельных сегментов и собирался по блочному принципу. Его ширину можно изменить в зависимости

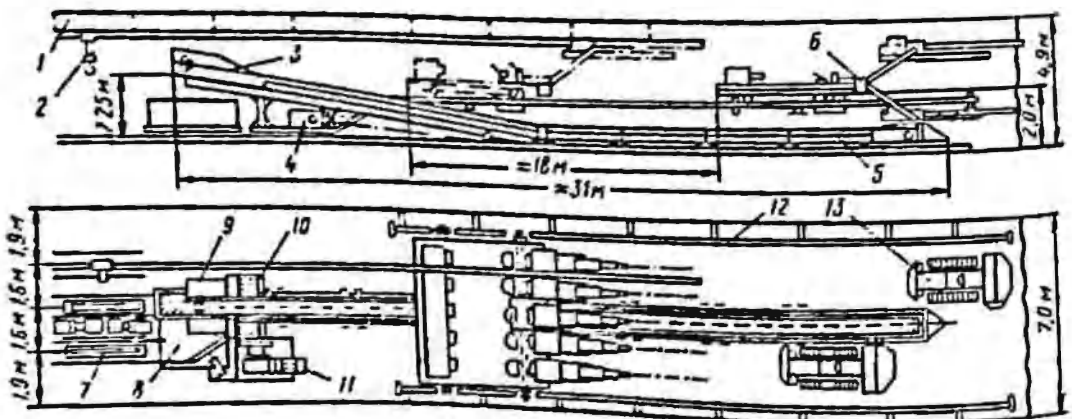


Рис. 28. Схема размещения оборудования при проведении полевых вскрывающих выработок на шахте «Генрих Роберт» (ФРГ):

1 — монорельсовая подвесная дорога; 2 — крановая тяговая тележка; 3 — одноцепной скребковый конвейер; 4 — цепная лебедка; 5 — гидропривод; 6 — буровой полук с бурильными машинами; 7 — толкатель; 8 — поворотная плита; 9 — погрузочная машина; 10 — двигатель; 11 — лебедка; 12 — рельсы для полка; 13 — погрузочная машина

от сечения проходимой выработки. Полок передвигался по двум ходовым рельсам длиной по 1,6 или 3,2 м. Рельсы монтируются на специальных консолях, закрепленных через 1 м на крепи выработки. По мере проведения выработки ходовые рельсы сзади снимали и переносили вперед к забою. Для передвижения полка использовались ходовые двигатели погрузочной машины.

На полке были смонтированы пять манипуляторов. Бурение выполняли с пачкой, выдвигая его к плоскости забоя. Для бурения использовали перфораторы массой 65 кг и штанги длиной 3,2 м.

Для крепления применяли четырехсегментную арочную металлическую крепь. Ширина арки по почве 7 м, высота в свету 4,9 м. Шаг установки крепи 0,5 м.

При подвигании за один цикл на 2,8 м на оборку стенок и бурение шпуров уходило по одному часу, а на взрывные работы и установку бурового полка — 2 ч. Уборка отбитой горной массы занимала 2 ч, а возведение крепи — 6 ч. Скорость проведения составляла 100—110 м, производительность труда — 4,34—6,15 м³/чел.-смену.

Фирмой «Бекорит» (ФРГ) на шахте «Цельферайн» был создан и опробован при проведении штрека площадью сечения в проходке 19 м² универсальный проходческий полк АТНВ. Применение полка способствовало снижению стоимости и повышению скорости проведения выработок, механизации работ по креплению, транспортированию, бурению и подготовительно-заключительным операциям.

Основной несущей конструкцией полка является монорельс. На буровой платформе смонтированы два легких манипулятора. Рама перемещается с помощью маневровой тележки, смонтированной на подвесной монорельсовой дороге.

Уборка отбитой горной массы производилась погрузочной машиной с боковой разгрузкой ковша на скребковый конвейер и далее на ленточный.

При трехсменном режиме работ подвигание забоя за сутки составляло 8,7 м. Месячные скорости проведения колебались от 170 до 220 м.

На шахте «Вальзум» (компания «Бергбау АГ Нидеррейн», ФРГ) для вскрытия северного участка шахтного поля пройдено несколько горизонтальных выработок по породе, которые в течение ряда лет не будут подвергаться воздействию очистных работ. Площадь сечения полевых штреков в проходке — 26 м². Крепление выработок осуществлялось анкерами с набрызгбетоном. Для бурения шпуров использовали буровую электрогидравлическую каретку, оснащенную двумя манипуляторами. Вначале длину заходки приняли равной 1,6 м, потом по мере совершенствования процесса крепления ее увеличили до 2,5 м, а позднее до 3,2 м. Обуриванию забоя точно по заданному контуру сечения выработки придавалось особое значение, так как каждый случай перебора сечения требовал повышенного расхода бетонной смеси.

На уборке породы работали две машины с боковой разгрузкой ковша. Погрузка осуществлялась непосредственно в вагонетки. Обе ветки рельсовых путей были соединены посредством стрелочного перевода, собранного на общей плите. Уборка породы проводилась под защитой полка (рис. 29).

Для выполнения работ по креплению использовались два рабочих полка. Оборка кровли и нанесение первого слоя бетона на поверхность пород велись с первого полка, а установка арматурных арочных перекрытий и нанесение второго слоя бетона — с заднего полка.

Все рабочие процессы были взаимосвязаны во времени и в пространстве. Непосредственно после бурения и взрывания проводилось упрочнение пород кровли и забоя в верхней части выработки, т. е. нанесение первого слоя набрызгбетона. После окончания уборки породы проводили оборку и упрочнение нижней части поверхности забоя и стенок выработки. Затем выполняли анкерование выработки с закреплением арматурной сетки. Производительность перечисленных работ составляла 2,5—3 ч.

За зоной упрочнения пород, на расстоянии второй слой бетона, выполнялся монтаж арматурной сетки и нанесение

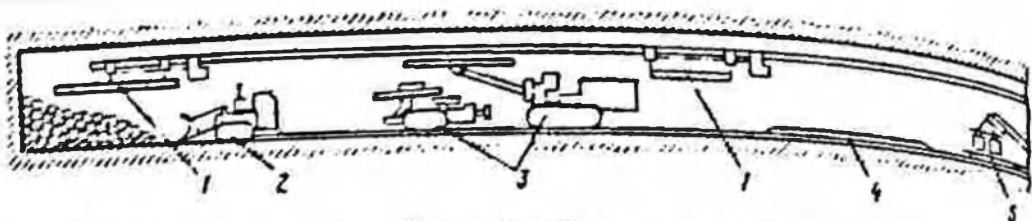


Рис. 29. Схема размещения оборудования при проведении полевых выработок на шахте «Вальзум» (ФРГ):

1 — рабочие поля для нанесения набрызгбетона; 2 — погрузочная машина; 3 — электродвигательные буровые каретки; 4 — плита-разминковка; 5 — машина для нанесения набрызгбетона

При длине заходки 2,4 м проходческий цикл выполнялся за две смены, при этом расходовалось 18 чел.-смен; производительность труда рабочего составила около 3,2 м³/смену.

Таким образом, опыт применения различных технологических схем проведения выработок на отечественных и зарубежных шахтах и рудниках свидетельствует об отсутствии серьезных принципиальных различий в способах выполнения производственного процесса. Во всех случаях технология ориентируется на сплошное разрушение забоя, непрерывное транспортирование горной массы и комбинированное (формой сечения и конструкцией крепи) сохранение устойчивости выработки.

Тем не менее наиболее распространенные в ФРГ технологические схемы с использованием буровзрывных работ обеспечивают более высокие показатели производительности труда рабочих и скорости проведения выработки по сравнению с типовыми отечественными схемами. Так, средняя скорость проведения выработок по породе площадью сечения 20—40 м² буровзрывным способом в ФРГ в сложных горно-геологических условиях составляет 3 м/сут, максимальная — 13 м/сут, средняя производительность труда проходчика при этом — 3,4 м³/чел.-смену, максимальная — 6 м³/чел.-смену. Если сравнить средние показатели отечественного проведения квершлагов и полевых штреков (средняя скорость 51,8 м/мес и средняя производительность труда — 1,19 м³/чел.-смену), то видно, что они меньше соответственно в 1,5 и 2,85 раза.

Такое положение объясняется главным образом большей энерговооруженностью и производительностью эксплуатируемых в ФРГ машин.

Применение более производительных бурильных машин, сокращение времени на подготовительные и вспомогательные операции в результате использования манипуляторов с параллельным перемещением бурильной машины и податчиков с автоматическим ускоренным возвратом бурильной головки, уменьшение числа людей на обслуживании бурильной головки, уменьшение централизованных пультов управления — все это приводит к значительному снижению трудозатрат при бурении шпуров. Этому же способствует и более высокая производительность машины с боковой разгрузкой ковша, возможность производить погрузку в партии вагонеток, отсутствие при погрузке

помощника у машиниста, применение крепеустановщика и совершенный способ наращивания монорельса.

Выполненный анализ отечественного и зарубежного опыта проведения выработок со скоростями не ниже 100—150 м/мес позволил рекомендовать следующие основные мероприятия.

1. Скоростное проведение должно организовываться для отработки технологии или в случае производственной необходимости и не должно наносить ущерба другим бригадам.

2. Бригада должна быть обеспечена устойчивым фронтом работ. Наиболее благоприятными условиями для этой цели обладают выработки протяженностью не менее 1000—1500 м.

3. При выборе оборудования следует ориентироваться на более мощные и производительные машины. Более производительной является одна мощная машина, чем две маломощные. Число бурильных машин необходимо выбирать исходя из расчета площади поперечного сечения выработки на одну машину в зависимости от характера пород не более 5—8 м².

4. Необходимо тщательно изучить горнотехнические условия проведения выработки. Если отсутствуют достаточно подробные геологические данные о характере пород, их следует исследовать перед проведением выработки или в процессе ее проходки. Можно часть этих сведений получить из опыта проведения выработки — аналога.

5. Перед проведением каждой выработки должна проводиться организационно-подготовительная работа, заключающаяся:

в подборе оптимального комплекта машин, обеспечивающих высокую производительность труда и высокие темпы проведения выработок;

в разработке основных параметров организации работ при проведении выработки с максимальным совмещением операций проходческого цикла;

в составлении детального пооперационного графика организации работ с расстановкой каждого члена проходческой бригады;

в отработке проходческими звеньями технологических приемов и графиков организации работ;

в организации оперативной диспетчерской службы с установлением связи забой — диспетчерский пункт;

в назначении ответственных лиц за организацию и проведение скоростной проходки;

в разработке мероприятий по бесперебойному обеспечению забоя всем необходимым (материалы, запчасти и т. д.).

Проведение этих мероприятий способствует повышению скорости проведения выработки, как правило, в 1,5—2,0 раза и производительности труда проходчиков в 1,3—1,5 раза. При этом следует учитывать, что возможности ухудшения качества проведения выработки повышаются. Так, установлено, что при скоростном проведении последующая устойчивость выработки примерно на 50 % ниже, чем при нормативном проведении, что

в первую очередь связано с невысоким качеством возведения крепи и ее последующими деформацией и разрушением. Поэтому в процессе проведения выработок должен осуществляться тщательный контроль за соблюдением технологии.

6.4. МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПРОХОДЧЕСКОГО ЦИКЛА

Определение оптимальной скорости проведения выработки неразрывно связано с расчетом параметров проходческого цикла и построением графика организации работ, который разрабатывается на основе нормативных данных или обработки большой совокупности хронометражных наблюдений.

Необходимость его составления диктуется отсутствием четкого представления об эксплуатационных возможностях горнопроходческой техники, которые зачастую искажаются недостатками в организации производства и труда.

Вопросами разработки математических моделей (аналитических и эмпирических) проходческого цикла при проведении горных выработок буровзрывным способом занимались многие исследователи.

Наибольший вклад в исследование рассматриваемого направления внесли советские ученые Н. М. Покровский, Э. Э. Нильва, О. Д. Алимов, Г. А. Ганзен, А. Г. Гузев, Ю. А. Дмитрак, А. А. Кузьмин, П. А. Лыхин, В. Г. Лукьянов, И. В. Ляшенко, П. В. Нагибин, В. Н. Зотов, И. Э. Цейтин и др.

Развитие исследований шло по пути комплексного описания технологических схем проведения выработок и разработки математических моделей проходческого цикла для отдельных наборов оборудования, привязанных к конкретным условиям.

В настоящее время нет единой методики расчета параметров проходческого цикла, а также единых мнений по этому вопросу. Сложилось четыре основных подхода к решению проблемы:

параметры проходческого цикла связываются непосредственно с продолжительностью смены, а продолжительность процессов регулируется глубиной шпура — данный подход не учитывает горнотехнических условий;

определение параметров проходческого цикла производится исходя из данной месячной скорости проведения выработок — этот подход учитывает горнотехнические условия, но вопросы организации труда и производства работ не решает;

пооперационное моделирование трудоемкости с выделением ручного и механизированного труда позволяет получить объективную основу для разработки графиков организации работ, но что усложняет оценку технологии в изменяющихся производственно-технических условиях проведения выработок;

определение продолжительности процессов проходческого цикла через объемы работ и эксплуатационную производительность проходческих машин.

Существующие методы не учитывают главную особенность технологических процессов угольных шахт, проявляющуюся в вероятностном характере их протекания, поэтому дают весьма приближенное значение эксплуатационной производительности машин, причем погрешность этого приближения неопределима. Не учитываются также надежностные параметры проходческой техники. Модели же эксплуатационной производительности бетоноукладочных машин и крепеустановщиков до сих пор не существовало.

Учитывая, что квершлагги и полевые штреки проводятся механизированным способом, наиболее современным и совершенным из существующих подходов является расчет параметров проходческого цикла через объемы работ и эксплуатационные возможности проходческих машин. Такая методика расчета базируется на приемах математической статистики и может быть использована в конкретных условиях производства при обособленном составе звена проходчиков для проектирования циклической организации работ проведения выработок буровзрывным способом.

Для определения параметров проходческого цикла и построения графика организации работ необходимо: на основании горно-геологических и организационно-технических условий проведения выработки установить оптимальную глубину заходки; исходя из объемов работ и эксплуатационной производительности машин с учетом эргономических факторов определить продолжительность процессов и цикла в целом; на основании этих данных рассчитать скорость проведения. Состав звена проходчиков определяется из условия расстановки проходчиков по рабочим местам, исходя из рекомендаций ЕНиР (сборник Е-36).

Проектирование организации работ в забое должно базироваться на анализе горнотехнических условий (прочности пород, сечения выработки, конструкции крепи, плотности установки крепи, механизации основных процессов) и организационной схемы проведения выработки. Кроме того, должны учитываться требования производства по скорости проведения выработки (выработка критического направления или второстепенного значения). В этих целях может быть использован метод моделирования, основанный на логических алгоритмах, формализующий и имитирующий логические действия инженера по составлению графика организации работ в сочетании с использованием статистических данных методом случайных параметров.

Продолжительность проходческого цикла складывается из продолжительностей выполнения основных процессов и описы-

вается выражением (при последовательном выполнении процессов)

$$t_a = \sum t_{y.n} + \sum t'_{np},$$

где $\sum t_{y.n}$ — продолжительность выполнения основных условно-постоянных процессов, ч; $\sum t'_{np}$ — продолжительность выполнения основных механизированных процессов, ч;

$$\sum t_{y.n} = t_{n.c} + \frac{t'_3 N_m}{n_3} + t_{в.п} + t_{п.з.б} + t'_{кр},$$

где $t_{n.c}$ — продолжительность приема сдачи смены, 0,2 ч на одну смену; t'_3 — продолжительность зарядки одного шпура, 0,05 ч; N_m — число шпуров на цикл; n_3 — число проходчиков, занятых зарядкой шпуров; $t_{в.п}$ — продолжительность взрывания и проветривания забоя, 0,5 ч; $t_{п.з.б}$ — продолжительность приведения забоя в безопасное состояние, 0,2 ч; $t'_{кр}$ — продолжительность возведения предохранительной крепи, 0,2 ч;

$$\sum t'_{np} = t_b + t_n + t_{кр},$$

где t_b — продолжительность бурения шпуров, ч; t_n — продолжительность погрузки породы, ч; $t_{кр}$ — продолжительность возведения постоянной крепи, ч.

Продолжительность бурения шпуров с применением формулы (1)

$$t_b = \frac{W_b}{\rho^2 n^6_m K^6_c} = \frac{N_m l_m}{(0,6) \rho^6_{тех} - 0,71 \sigma_{сж} + 2 l_{ш} + 0,52 S_{np}) n^6_m K^6_c}, \quad (7)$$

где K^6_c — коэффициент, учитывающий снижение производительности при совместной работе бурильных машин в забое (для бурильных установок с одной бурильной машиной $K^6_c = 1$, а для бурильных установок с двумя бурильными машинами $K^6_c = 0,95$); n^6_m — число бурильных машин в забое; W_b — объем бурения шпуров за цикл, м.

Продолжительность погрузки породы с использованием формулы (2)

$$t_n = \frac{W_n}{\rho^n n^n_m K^n_c} = \frac{S_{np} l_{ш} \eta K_{y.c} K_p}{(0,5 \rho^n_{тех} + 0,22 S_{np} - 0,12 \sigma_{сж} + 3,36 V_{тс} - 2 \frac{T_{св}}{j_0}) n^n_m K^n_c}, \quad (8)$$

где W_n — объем погрузки породы; м³; n^n_m — число одновременно работающих в забое погрузочных машин; K^n_c — коэффициент, учитывающий снижение производительности погрузочных машин при совместной работе в забое, $K^n_c = 0,85$ для двух машин; η — коэффициент использования шпуров; K_p — коэффициент

ент разрыхления породы; $K_{у.с}$ — коэффициент увеличения сечения.

Продолжительность процесса возведения постоянной крепи с применением формул (3), (4), (5)

$$t_{кр}^{бет} = \frac{W_{бет}}{P_3^{бет}} = \frac{W'_{бет} l_n}{(0,128 P_{тех}^{бет} + 0,034 S_{пр} + 0,0064 \sigma_{сж})}; \quad (9)$$

$$t_{кр}^{тюб} = \frac{W_{тюб}}{P_3^{тюб}} = \frac{N'_{тюб} l_n}{\sqrt{1,82 S_{пр} - 0,12 S_{пр}^2 - 17,34}}; \quad (10)$$

$$t_{кр}^{мет} = \frac{W_{мет}}{P_{3в}^{мет}} = \frac{l_n}{(0,27 n - 0,12 m - 0,02 S_{пр})}; \quad (11)$$

где $W_{бет}$ — объем работ по бетонированию выработки, m^3 ; $W'_{бет}$ — объем бетона на 1 м выработки, m^3 ; l_n — протяженность выработки, закрепляемая в течение одного цикла, м; $W_{тюб}$ — объем работ по возведению тюбинговой крепи в элементах тюбинговой крепи; $N'_{тюб}$ — число элементов тюбинговой крепи на 1 м выработки; $W_{мет}$ — объем работ по возведению металлической крепи, м.

Формулы расчета продолжительности процессов проходческого цикла учитывают горнотехнические условия проведения выработок и степень механизации процесса. Для учета организационных факторов в формулы вводятся следующие поправочные коэффициенты, учитывающие систему взаимодействия человек — машина: $K_{орг}$ — коэффициент, учитывающий уровень организации труда в забое (для выработок, проводимых на скоростном режиме, $K_{орг}=1$; для выработок, лежащих на критическом пути, $K_{орг}=0,81$; для выработок, планируемых к проведению нормативными темпами, $K_{орг}=0,73$); $K_{бр}$ — коэффициент, учитывающий профессиональную подготовку и специализацию проходческой бригады (при подборе бригады для проведения выработки на скоростном режиме $K_{бр}=0,97$; при подборе бригады для проведения магистральных протяженных выработок $K_{бр}=0,83$; при комплектовании новых бригад или переведенных с других видов работ $K_{бр}=0,68$); K_r — коэффициент, учитывающий изменение численности проходческого звена, регламентированной ЕНиР (сборник Е-36) для нормального обслуживания проходческих машин, определяется из условия изменения скорости проведения выработок буровзрывным способом на 4.1 % при изменении численности проходческого звена на 10 % (при уменьшении численности звена проходчиков на 1 чел. $K_r=0,94$, а при увеличении на 1 чел. $K_r=1,06$); $K_{р.п} = 1,11 \div 1,17$ — коэффициент, учитывающий регламентированные перемены.

Математическая модель продолжительности проходческого цикла с учетом поправочных коэффициентов и формул (7), (8) и (9) имеет вид

$$\begin{aligned}
 t_{\alpha} = & t_{п.с} + \frac{t'_{з} N_m}{n_3} + t_{в.п} + t_{п.з.б} + t'_{кр} + \\
 & + \frac{N_{ш} l_{ш} K'_{р.п}}{(0,6 P_{тех}^{0,6} - 0,11 \sigma_{сж} + 2 l_{ш} + 0,52 S_{пр}) n_m^m K^u_c K_{орг} K_{бр} K_r} + \\
 & + \frac{S_{пр} l_{ш} \eta K_r K_{р.п}}{(0,5 P_{тех}^{0,6} + 0,22 S_{пр} - 0,12 \sigma_{сж} + 3,36 V_{т.с} - 2 T_{yo}^{co}) \times} + \\
 & \quad \times n_m^m K^u_c K_{орг} K_{бр} K_r \\
 & + \frac{W'_{бет} l_{в} K_{р.п}}{(0,128 P_{тех}^{0,6} + 0,031 S_{пр} + 0,0061 \sigma_{сж}) K_{орг} K_{бр} K_r}. \quad (12)
 \end{aligned}$$

В выражении (12) при проведении выработок с применением тубинговой или металлической крепи вместо формулы (9) используются уравнения соответственно (10) или (11).

Расчетная продолжительность цикла при совмещении основных процессов

$$t_{\alpha} = (\sum t_{ya} + \sum t'_{пр}) K^{\pi_c}$$

где K^{π_c} — коэффициент совмещения процессов.

Коэффициент совмещения

$$K^{\pi_c} = 1 - \frac{t_c}{t_l}$$

где t_c — совмещенная часть времени процессов, ч; t_l — продолжительность процессов, ч.

Расчетная скорость проведения выработок (м/мес)

$$v_p = \frac{24 l_m \tau_r}{t_{\alpha}}, \quad (13)$$

где τ — число рабочих дней в месяце; t_{α} — продолжительность проходческого цикла, ч.

Горнопроходческое оборудование, обладая определенным уровнем надежности, время от времени выходит из строя, что приводит к прекращению выполнения процессов проходческого цикла и увеличению его продолжительности в целом. Функционирование технологической схемы в данном случае зависит от способности коллектива бригады и технической службы участка устранить поломки или заменить вышедшее из строя оборудование резервным. Потери скорости проведения, связанные с выходом из строя машин в шахтостроительных организациях, в среднем составляют 12 %, поэтому для расчетов целесообразно использовать усредненный коэффициент готовности технологической схемы. $K_{г.с} = 0,88$. При обеспечении резервом машин $K_{г.с} = 0,96$.

Ожидаемая скорость проведения определится из выражения

$$v_0 = \frac{24 l_{ш} \eta r K_{г.с}}{t_{ц} P} \quad (14)$$

При построении графика организации работ допускается корректировка продолжительности процессов и цикла в целом до 5% в сторону увеличения или уменьшения с целью увязки совмещения операций и почасовой кратности процессов.

Использование полученных формул (13), (14) позволяет оперативно и с достаточной достоверностью ($\pm 10\%$) рассчитать рациональные параметры проходческого цикла при проведении горизонтальных горных выработок буровзрывным способом любым набором технологического оборудования как на скоростном режиме, так и нормативными темпами в зависимости от вида крепи, площади сечения выработки и крепости пород.

Расчет параметров проходческого цикла, рассмотрим на примерах.

Пример 1. Необходимо определить параметры проходческого цикла для следующих условий: площадь поперечного сечения выработки в свету 15,8 м², в проходке 19 м²; постоянная крепь — тубинги ГТК; прочность пород при сжатии 70 МПа; породопогрузочные машины ППН-5 — 2 шт.; погрузка породы производится в вагонетки $V_{тс} = 3,3$ м³, обмен вагонеток производится через стрелочные переводы электровозам АМ-8; бурильная установка БУ-1 — 1 шт., БУР-2 — 1 шт.; тубингоукладчик ТУ-3 — 1 шт.; число проходчиков в звене из условия проведения выработки на скоростном режиме — 7 чел.

Продолжительность проходческого цикла с учетом поправочных коэффициентов и формул (10) и (12) определится из уравнения

$$\begin{aligned}
 t_{ц} = & t_{пс} + \frac{t'_{с} N_{ш}}{n_3} + t_{в.п} + t_{п.з.б} + t'_{кр} + \\
 & + \frac{N_{ш} l_{ш} K_{рп}}{(0,6 P_{тех}^0 + 0,52 S_{пр} + 2 l_{ш} - 0,71 \sigma_{сж}) n^0_m K^0_c K_{орг} K_{бр} K_r} + \\
 & + \frac{S_{пр} l_{ш} \eta K_{ус} K_p K_{рп}}{(0,5 P_{тех}^n + 0,22 S_{пр} - 0,12 \sigma_{сж} + 3,36 V_{тс} - 2 T_{уд}^{ср}) n^n_m K^n_c K_{орг} K_{бр} K_r} + \\
 & + \frac{N'_{тубинг} K_{рп}}{\sqrt{4,82 S_{пр} - 0,12 S_{пр}^2 - 17,3 K_{орг} K_{бр} K_r}} = 0,2 \cdot 2 + \frac{0,05 \cdot 75}{6} + \\
 & + 0,5 + 0,2 + 0,2 + \frac{75 \cdot 2,5 \cdot 1,15}{(0,6 \cdot 150 + 0,52 \cdot 19 + 2 \cdot 2,5 - 0,71 \cdot 70) \times} + \\
 & \quad \quad \quad \times 3 \cdot 0,95 \cdot 1 \cdot 0,97 \cdot 1,06 \\
 & + \frac{19,0 \cdot 2,5 \cdot 0,9 \cdot 1,05 \cdot 2 \cdot 1,15}{(0,5 \cdot 75 + 0,22 \cdot 19 - 0,12 \cdot 70 + 3,36 \cdot 3,3 - 2 \cdot 13,6) \cdot 2 \cdot 0,85 \cdot 1 \cdot 0,97 \cdot 1,06} + \\
 & + \frac{7,35 \cdot 2,25 \cdot 1,15}{\sqrt{4,82 \cdot 19 - 0,12 \cdot 19^2 - 17,3 \cdot 1 \cdot 0,97 \cdot 1,06}} = \\
 = & 0,4 + 0,625 + 0,5 + 0,2 + 0,2 + 1,37 + 3,6 + 3,33 = 10,2 \text{ ч.}
 \end{aligned}$$

Месячная скорость проведения выработки

$$v_p = \frac{0.24 l_m \eta_r K_r \epsilon}{t_u} = \frac{25.4 \cdot 2.5 \cdot 0.9 \cdot 24 \cdot 0.88}{10.2} = 115.5 \text{ м/мес.}$$

Пример 2. Необходимо определить параметры проходческого цикла для следующих условий: площадь поперечного сечения выработки в свету 12.9 м², в проходке 15.3 м²; постоянная крепь — металлическая арочная, число рам на 1 м — 2 шт.; прочность пород при сжатии 70 МПа; породопогрузочная машина 2ПНБ-2 — 1 шт.; погрузка породы производится в вагонетки вместимостью 3.3 м³, обмен вагонеток — через стрелочные переводы с помощью электровоза АМ-8; бурильная установка БУЭ-1 — 1 шт.; металлическая арочная крепь возводится вручную; число проходчиков в звене из условия проведения выработки нормативными темпами — 4 чел.

Продолжительность проходческого цикла с учетом поправочных коэффициентов и формул (11) и (12) определится из уравнения

$$\begin{aligned} t_u = & t_{nc} + \frac{l' \cdot N_{\text{м}}}{\pi_3} + t_{в.п} + t_{п.з.б} + t'_{кр} + \\ & + \frac{N_{ш} l_{ш} K_{рп}}{(0.05 P_{\text{тех}} + 0.52 S_{пр} + 2 l_{ш} - 0.71 \sigma_{сж}) n_{\text{м}}^6 K_{\text{с}}^6 K_{\text{орг}} K_{\text{бр}} K_r} + \\ & + \frac{S_{пр} l_{ш} \eta K_{\text{ус}} K_p K_{рп}}{(0.05 P_{\text{тех}} + 0.22 S_{пр} - 0.12 \sigma_{сж} + 3.36 V_{\text{тс}} - 2 T_{\text{вн}}^{\text{св}}) \times} + \\ & + \frac{l_{\text{в}} K_{рп}}{+ (0.27 n - 0.12 m - 0.02 S_{пр}) K_{\text{орг}} K_{\text{бр}} K_r} = \\ = & 0.2 \cdot 2 + \frac{0.05 \cdot 61}{3} + 0.5 + 0.2 + 0.2 + \\ & + \frac{61 \cdot 2.3 \cdot 1.15}{(0.6 \cdot 170 + 0.52 \cdot 15.3 + 2 \cdot 2.3 - 0.71 \cdot 70) \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0.73 \cdot 0.83 \cdot 1.0} + \\ & + \frac{15.3 \cdot 2.3 \cdot 0.9 \cdot 1.05 \cdot 2 \cdot 1.15}{(0.5 \cdot 120 + 0.22 \cdot 15.3 - 0.12 \cdot 70 + 3.36 \cdot 3.3 - 2 \cdot 13.6) \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0.83 \cdot 0.73 \cdot 1} + \\ & + \frac{2 \cdot 1.15}{(0.27 \cdot 1 - 0.12 \cdot 2 - 0.02 \cdot 15.3) \cdot 0.73 \cdot 0.83 \cdot 1} = \\ = & 0.4 + 1.1 + 0.5 + 0.2 + 0.2 + 4.4 + 3.3 + 7.2 = 17.3 \text{ ч.} \end{aligned}$$

Месячная скорость проведения выработки

$$v_p = \frac{24 l_m \eta_r K_r \epsilon}{t_u} = \frac{25.4 \cdot 2.3 \cdot 0.9 \cdot 24 \cdot 0.88}{17.3} = 61.2 \text{ м/мес.}$$

Пример 3. Необходимо определить параметры проходческого цикла для следующих условий: площадь поперечного сечения выработки в свету 15.4 м², в проходке 20 м²; постоянная крепь — монолитный бетон; постоянная бетон укладывается бетонукладчиком БУК-2М; опалубки ОМП, монолитный бетон при сжатии 50 МПа; породопогрузочная машина 1ППН-5 — 2 шт.; погрузка породы производится в вагонетки вместимостью 2.5 м³, обмен вагонеток производится через плиту-разминровку с помощью маневровой лебедки и электровоза 4АРП; бурильная машина ЭБГП-1 на машине 1ППН-5 — 2 шт.; число проходчиков в звене из условия проведения протяженной магистральной выработки — 5 чел.

Продолжительность проходческого цикла с учетом поправочных коэффициентов и формул (9) и (12) определится из уравнения

$$\begin{aligned}
 t_a = & t_{пс} + \frac{t_{ш} K_{ш}}{n_3} + t_{в.п} + t_{п.з.б} + t'_{кр} + \\
 & + \frac{N_{ш} l_{ш} K_{рп}}{(0,6 P_{тех}^3 + 0,52 S_{пр} + 2 l_{ш} - 0,71 \sigma_{сж}) n_{м}^6 K_{с}^6 K_{орг} K_{бр} K_r} + \\
 & + \frac{S_{пр} l_{ш} \eta K_{ус} K_r K_{рп}}{(0,5 P_{тех}^n + 0,22 S_{пр} - 12 \sigma_{сж} + 3,36 V_{тс} - 2 T_{уд}^{сo}) \times n_{м}^n K_{с}^n K_{орг} K_{бр} K_r} + \\
 & + \frac{W'_{бет} l_{п} K_{рп}}{(0,128 P_{бет} + 0,031 S_{пр} + 0,00064 \sigma_{сж})} = \\
 = & 2,0,2 + \frac{0,05 \cdot 70}{4} + 0,5 + 0,2 + 0,2 + \\
 & + \frac{70 \cdot 2,3 \cdot 1,15}{(0,6 \cdot 140 + 0,52 \cdot 20 + 2 \cdot 2,3 - 0,71 \cdot 50 \cdot 4) 2 \cdot 1 \cdot 0,81 \cdot 0,83 \cdot 1} + \\
 & + \frac{20 \cdot 2,3 \cdot 0,9 \cdot 1,05 \cdot 2 \cdot 1,15}{(0,5 \cdot 75 + 0,22 \cdot 20 - 1,52 \cdot 4 + 3,36 \cdot 2,5 - 2 \cdot 12,4) 2 \cdot 0,85 \cdot 0,81 \cdot 0,83 \cdot 1} + \\
 & + \frac{3,31 \cdot 2 \cdot 1,15}{(0,128 \cdot 5 + 0,031 \cdot 20 + 0,00064 \cdot 4) \cdot 0,81 \cdot 0,83 \cdot 1} = \\
 = & 0,4 + 0,88 + 0,5 + 0,2 + 0,2 + 2,2 + 4,5 + 6,9 = 15,7 \text{ ч.}
 \end{aligned}$$

Мессячная скорость проведения выработки

$$v_p = \frac{24 l_{ш} \eta r K_{г.с}}{t_{ц}} = \frac{25,4 \cdot 2,3 \cdot 0,9 \cdot 24 \cdot 0,88}{15,7} = 70,7 \text{ м/мес.}$$

6.5. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СХЕМЫ ПРОВЕДЕНИЯ ВЫРАБОТОК

Технология проведения горной выработки рассматривается как совокупность способов и средств, применяемых для создания в массиве горных пород полости, обеспечивающей в течение определенного срока выполнение функций целевого назначения; при этом под способами понимается наиболее существенная компоновка работ, обуславливаемая числом и взаимосвязью производственных операций во времени и пространстве, средства характеризуются конструкциями применяемого оборудования и крепи.

При проведении выработок буровзрывным способом используются различные варианты по глубине шпуров, их расположению в забое выработок, характеру вруба, порядку выемки отдельных участков забоя, видам и способам установки крепи. Еще более разнообразны возможности использования видов оборудования для производства буровзрывных работ, погрузки и транспортирования горной массы и возведения постоянной и временной крепи. Поэтому решить вопросы выбора и совершенствования технологии, методов, приемов и организации труда в

целом невозможно без предварительно разработанных на научной основе технологических схем строительства горных выработок.

Технологическая схема проведения горной выработки — описание и графическое изображение параметров горной выработки и ее крепи, расстановки проходческого оборудования, последовательности и продолжительности выполнения проходческих процессов, расчетных технико-экономических показателей.

Типовые технологические схемы регламентируют технологию и организацию выполнения проходческого цикла при проведении горных выработок. Они разрабатываются с целью обеспечения типовых, многократно повторяющихся горных выработок готовыми рациональными решениями по технологии и организации их строительства, способствующими уменьшению трудоемкости, улучшению качества и снижению себестоимости строительно-монтажных работ.

Схемы предназначены для применения организациями, разрабатывающими проекты производства работ по проведению горных выработок, проектными и научно-исследовательскими институтами.

Учитывая важность технологических схем для совершенствования технологии проведения горных выработок, они составляются многими научно-исследовательскими и проектными институтами. Так, на основании обширных исследований ИГД им. А. А. Скочинского выпустил альбом «Технологические схемы очистных и подготовительных работ на угольных шахтах». ВНИИОМШСом выпущено три альбома технологических схем проведения горизонтальных и наклонных капитальных горных выработок.

В последнем (1987 г.) альбоме ВНИИОМШСа рассмотрено 11 технических решений для площадей сечений протяженных выработок 7,1—14,9 м² в свету или соответственно 10,9—18,6 м² в проходке. Типы крепи представлены: металлической арочной (АП-3) с тампонажем закрепного пространства и упрочнением породного массива, набрызгбетонной комбинированной (набрызгбетон + анкер), анкер-металлической, металлоблочной крепью ОК с тампонажем закрепного пространства, анкерной крепью АКПН с быстротвердеющим вяжущим. Скорость проведения выработок, предусмотренная схемами, составляет 70—171 м/мес в зависимости от горно-геологических условий проведения, производительность труда проходчиков — 1,49—3,2 м³/чел.-смену. На рис. 30 и 31 для примера показаны схемы расстановки рабочих при выполнении основных процессов проходческого цикла и графики организации работ при проведении выработок с применением различных видов крепей.

КузНИИшахтостроем на основании проведенных исследований разработаны «Типовые технологические карты проведения горизонтальных горных выработок сечением в проходке более 18 м² буровзрывным способом» [54]. В альбоме приведено 22

типовых технологических решения проведения горизонтальных горных выработок по породам прочностью 40—60 МПа для четырех видов крепи: тубинговой (ГТК), бетонной, металлической арматурной из СВП и анкер-металлической (табл. 47).

Типовые технологические карты разработаны на основе изучения и обобщения передового опыта, отвечающего современным требованиям к скорости проведения капитальных горных выработок. При этом отбирались наиболее рациональные технологии и организация труда при выполнении процессов проходческого цикла.

На рис. 32—36 показаны рациональное размещение оборудования и расстановка рабочих по процессам цикла, суточный график организации работ при проведении выработок с различными наборами оборудования и тубинговой крепью.

Привязка типовой технологической карты к конкретным условиям заключается в уточнении: объемов работ, средств механизации, потребности в материальных ресурсах, а также горно-геологических и гидрогеологических условий проведения выработки и предполагаемых геологических нарушений в пределах проектной длины выработки, условий проведения выработки (на действующем или вновь строящемся горизонте реконструируемой шахты). В соответствии с перечисленными данными уточняется графическая схема организации работ соответственно параметрам горной выработки и выбранной технологии ее проведения.

Разработка технологии и организации проведения горных выработок проводится в следующем порядке:

- 1) определяются производственно-технические и горно-геологические условия проведения выработок (назначение, протяженность, площадь сечения выработок, тип крепи, наличие горно-проходческой техники, условия транспорта, проветривания, вид энергии, крепость и абразивность пород, нарушенность, обводненность, газообильность массива и т. д.);
 - 2) выбирается горнопроходческое оборудование и рассчитывается его эксплуатационная производительность;
 - 3) по расстановке рабочих мест для обслуживания набора проходческого оборудования, руководствуясь рекомендациями ЕНПР (сборник Е-36), определяется число проходчиков в звене;
 - 4) рассчитываются параметры буровзрывных работ;
 - 5) выбираются средства транспорта;
 - 6) рассчитываются параметры процессов проходческого цикла и определяется месячная скорость проведения выработок;
 - 7) на основании расчетов строится график организации работ с увязкой основных и вспомогательных процессов.
- Технологическо-организационная карта состоит из следующих разделов.

1. Область и условия применения.

Таблица 47

№ технологи- ческих карт [54]	$\frac{P_{св}}{S_{пр}}$	Тип крепи	Оборудование	Расчетные показатели	
				$V, \text{ м/мес}$	$P, \frac{\text{м}^3/\text{мес.смену}}{\text{м/мес.смену}}$
1.1	$\frac{17,2}{20,6}$	Тюбинги ГТК	1ППН-5 — 2 шт., БУР-2, БУ-1, К-1000 (ТУ-2), ВГ-3,3	123	$\frac{3,12}{0,18}$
1.2	$\frac{17,3}{22,6}$	Металлическая арочная	1ППН-5 — 2 шт., БУР-2, БУ-1, ВГ-3,3	117	$\frac{2,97}{0,17}$
1.3	$\frac{15,4}{20,0}$	Монолитный бетон	1ППН-5 — 2 шт., БУР-2, БУ-1, ОМП-1, БУК-2, ВГ-3,3	108	$\frac{2,32}{0,15}$
2.1	$\frac{17,2}{20,6}$	Тюбинги ГТК	1ППН-5 — 2 шт., ЭБГП — 2 шт., К-1000 (ТУ-2), ВГ-3,3	117	$\frac{3,3}{0,19}$
2.2	$\frac{17,3}{22,6}$	Металлическая арочная	1ППН-5 — 2 шт., ЭБГП — 2 шт., ВГ-3,3	112	$\frac{3,18}{0,18}$
2.3	$\frac{15,4}{20,0}$	Монолитный бетон	1ППН-5 — 2 шт., ЭБГП — 2 шт., ОМП-1, БУК-2, ВГ-3,3	100	$\frac{2,5}{0,16}$
3.1	$\frac{17,2}{20,6}$	Тюбинги ГТК	2ПНБ-2 — 2 шт., СБУ-2М, К-1000 (ТУ-2), ВГ-3,3	178	$\frac{4,16}{0,24}$
3.2	$\frac{17,3}{22,6}$	Металлическая арочная	2ПНБ-2, СБУ-2М, ВГ-3,3	152	$\frac{3,69}{0,21}$
3.3	$\frac{15,4}{20,0}$	Монолитный бетон	2ПНБ-2 — 2 шт., СБУ-2М — 2 шт., ОМП-1, БУК-2, ВГ-3,3	136	$\frac{2,92}{0,19}$
4.1	$\frac{17,2}{20,6}$	Тюбинги ГТК	1ППН-5 — 2 шт., БУР-2 — 2 шт., ПСК-1 — 2 шт., К-1000 (ТУ-2), ВГ-3,3	136	$\frac{3,26}{0,20}$

4.2	$\frac{17,3}{22,6}$	Металлическая арочная	1ППН-5 — 2 шт., БУР-2 — 2 шт., ПСК-1, ВГ-3,3	123	$\frac{2,95}{0,17}$
4.3	$\frac{15,4}{20,0}$	Монолитный бетон	1ППН-5 — 2 шт., БУР-2 — 2 шт., ПСК-1, ОМП-1, БУК-2, ВГ-3,3	108	$\frac{2,32}{0,15}$
5.1	$\frac{17,2}{22,6}$	Тюбинги ГТК	ПНБ-3Д, СБУ-2М — 2 шт., К-1000 (ТУ-2), ВПК-10	173	$\frac{4,15}{0,24}$
5.2	$\frac{17,3}{22,6}$	Металлическая арочная	ПНБ-3Д, СБУ-2М — 2 шт., ВПК-10	152	$\frac{3,67}{0,21}$
6.1	$\frac{17,2}{20,6}$	Тюбинги ГТК	Проходческий комплекс «Сибирь», УПЛ-1, ВГ-3,3	104	$\frac{3,78}{0,218}$
6.2	$\frac{17,3}{22,6}$	Металлическая арочная	Проходческий комплекс «Сибирь», УПЛ-1, ВГ-3,3	112,5	$\frac{3,89}{0,225}$
6.3	$\frac{15,4}{20,0}$	Монолитный бетон	Проходческий комплекс «Сибирь», УПЛ-1, ВГ-3,3	84,3	$\frac{2,74}{0,178}$
7.1	$\frac{17,3}{22,6}$	Анкер-металлическая	1ППН-5 — 2 шт., БУЭ-1А, БУЭ-2, ВГ-3,3	106	$\frac{2,56}{0,15}$
8.1	$\frac{17,3}{22,6}$	"	2ПНБ-2 — 2 шт., БУА-2, БУЭ-2, ВГ-3,3	145	$\frac{3,50}{0,20}$
9.1	$\frac{17,3}{22,6}$	Металлическая арочная	1ППН-5 — 2 шт., ЭБГП-1 — 2 шт., УПЛ-2М — 2 шт., ВГ-3,3	123	$\frac{3,46}{0,20}$
10.1	$\frac{17,2}{20,6}$	Тюбинги ГТК	2ПНБ-2 — 1 шт., СБУ-2М, чик К-1000 (ТУ-2), ВГ-3,3, тюбингоуклад.	130	$\frac{3,90}{0,23}$
10.2	$\frac{17,3}{22,6}$	Металлическая арочная	2ПНБ-2, СБУ-2М, ВГ-3,3	123	$\frac{3,69}{0,21}$

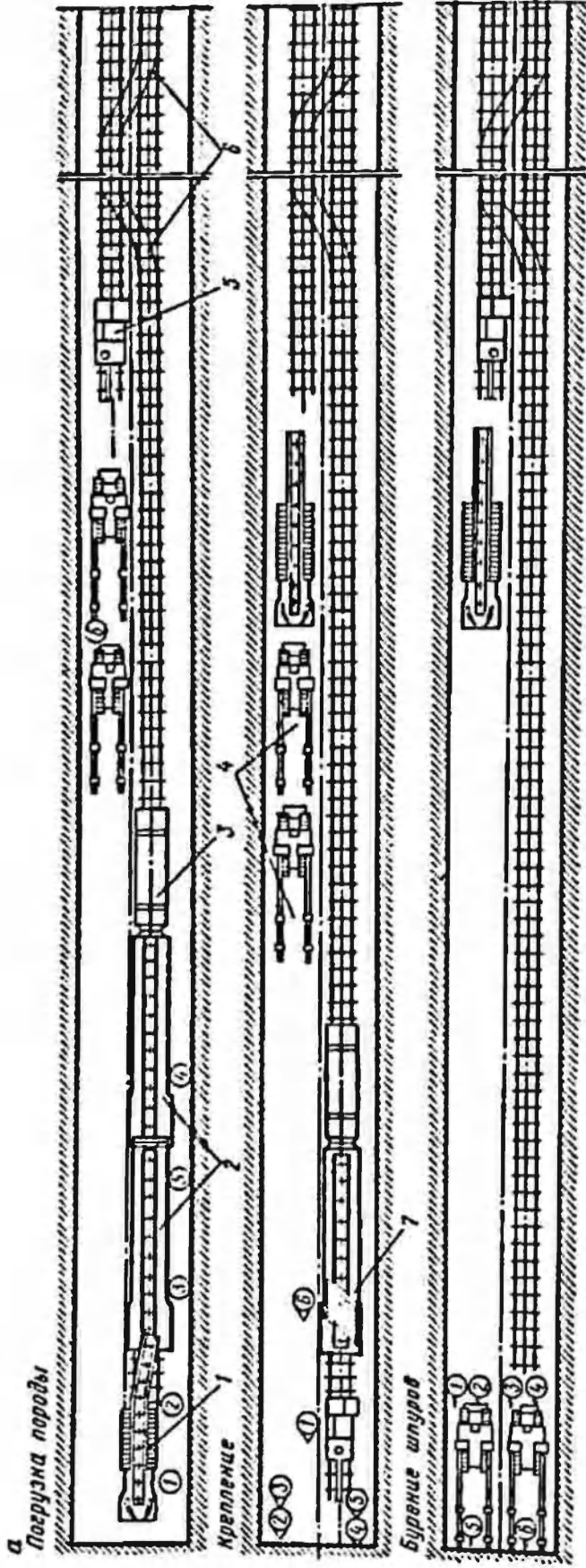


Рис. 32. Схема размещения оборудования и расстановки рабочих (цифры 1—6 в кружках) по процессам цикла при про-
 ведении двухпутной выработки с тубинговой крепью:

1 — погрузочная машина ПНБ-3Д; 2 — вагон; ВПК-10; 3 — электрова; 4 — бурильные установки СБУ-2М; 5 — тубингоукладчик ТУ-3;
 6 — односторонние стрелочные переводы; 7 — вагон; ВПК с тубингами (ГТК)

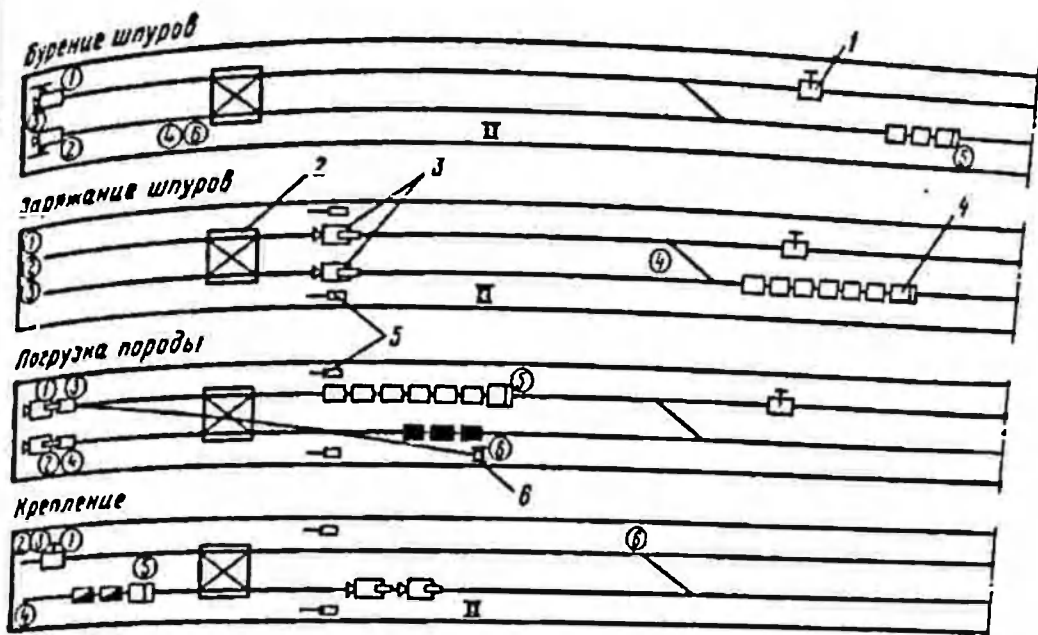


Рис. 33. Схема размещения оборудования и расстановки рабочих (цифры 1—6 в кружках) по процессам цикла при проведении выработок с применением накладной плиты-разминки:

1 — тубингоукладчик ТУ-3; 2 — накладная плита-разминка; 3 — погрузочные машины ИППН-5; 4 — электровоз; 5 — электробуры ЭБП-1; 6 — малевровая лебедка

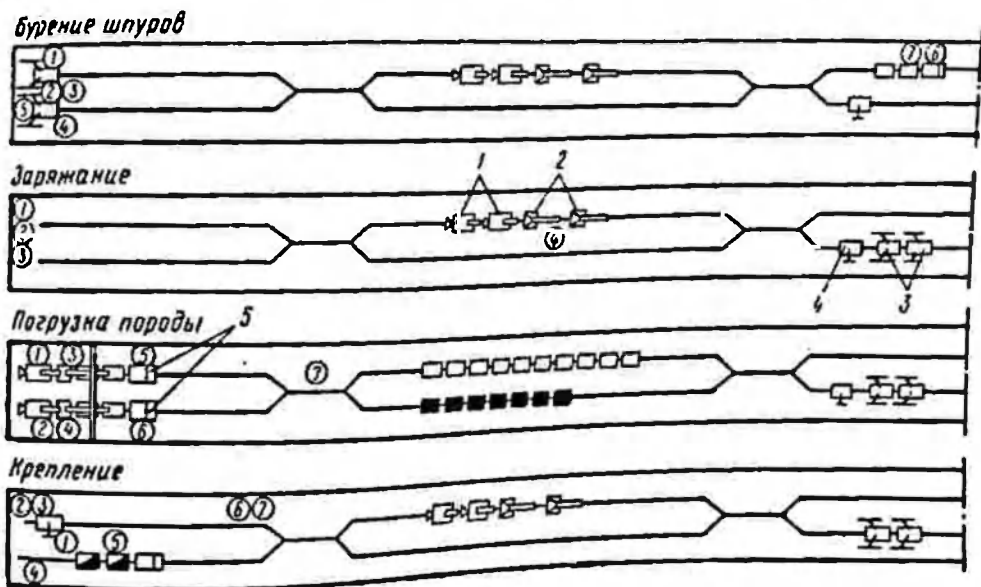


Рис. 34. Схема размещения оборудования и расстановки рабочих (цифры 1—7 в кружках) по процессам цикла при проведении выработок с применением перегружателей:

1 — погрузочные машины ИППН-5; 2 — перегружатели ПСК-1; 3 — бурковые установки БУР-2; 4 — тубингоукладчик ТУ-3; 5 — электробуры; 6 — электровозы

- II. Технология и организация проведения выработки, параметры проходческого цикла.
- III. Графическая характеристика выработки с сечениями.
- IV. Паспорт буровзрывных работ, расход материалов на 1 м выработки, проходческое оборудование, состав проходческой бригады.

Бурение штуров

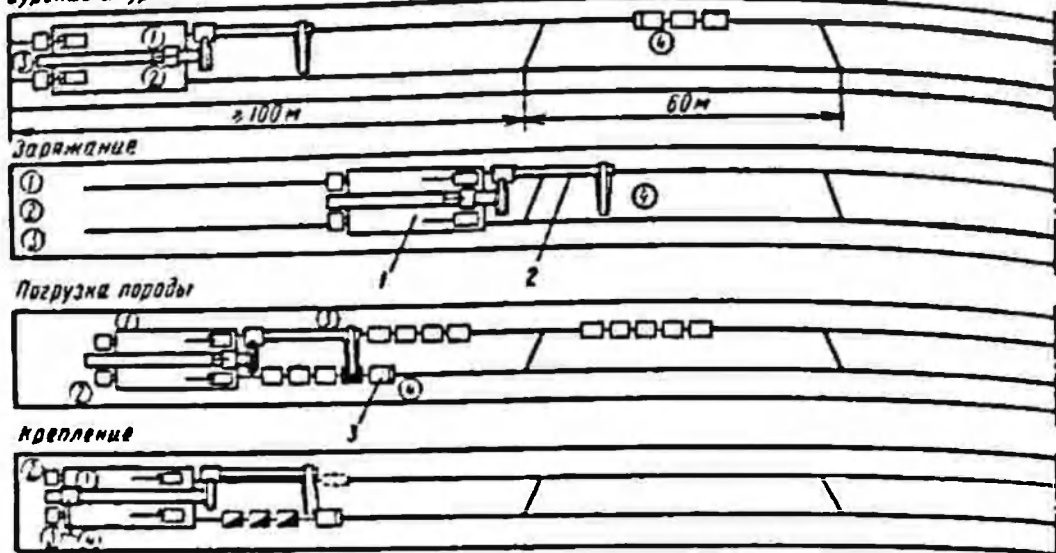


Рис. 35. Схема размещения оборудования и расстановки рабочих (цифры 1—4 в кружках) по процессам цикла при проведении выработок с применением комплекса «Сибирь»:

1 — комплекс; 2 — перегружатель УПЛ-2; 3 — электровоз

Бурение штуров, погрузка породы

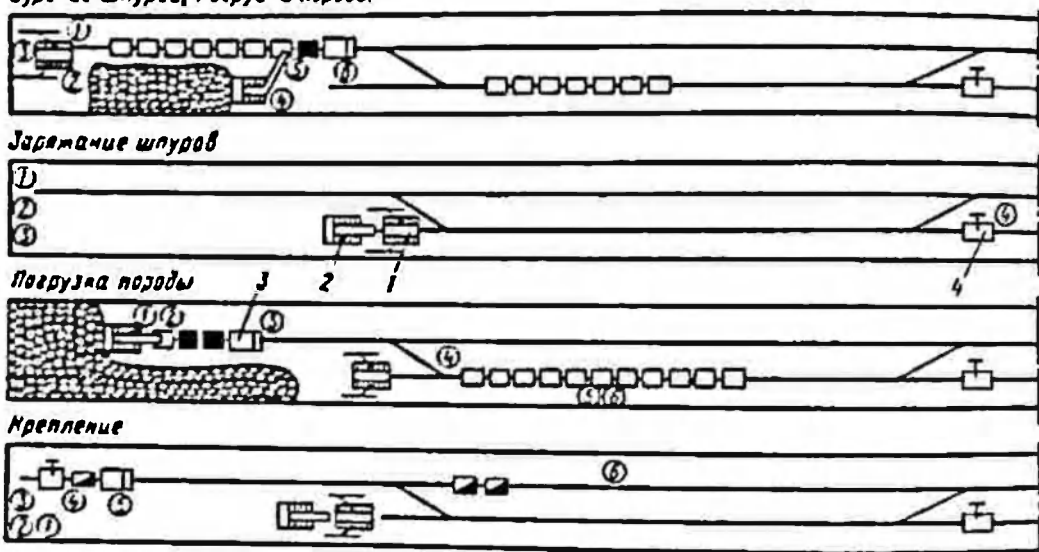


Рис. 36. Схема размещения оборудования и расстановки рабочих (цифры 1—6 в кружках) по процессам цикла при проведении выработок с применением погрузочных машин типа 2ПНБ-2, бурильных установок СБУ-2М и тюбингоукладчика ТУ-3:

1 — бурильная установка; 2 — погрузочная машина; 3 — электровоз; 4 — тюбингоукладчик

V. График организации работ.

VI. Схема расположения оборудования в призабойной зоне и схема обмена транспортных средств.

VII. Организационные карты выполнения отдельных процессов проходческого цикла.

Скорость проведения горных выработок определяется исходя из эксплуатационной производительности и числа принято-

го горнопроходческого оборудования, а также трудозатрат на немеханизированные операции, при этом:

для выработок, не лежащих на критическом пути, скорость проведения должна быть не ниже нормативной (СНиП 3.02.03—84);

для выработок, лежащих на критическом пути, принимаются максимально возможные скорости проведения, которые определяются производительностью выбранного оборудования при условии, что себестоимость проведения этих выработок не будет превышать плановую стоимость.

Выбор горнопроходческого оборудования при привязке типовых технологических карт производится с учетом следующих положений:

технические характеристики проходческих машин и оборудования должны соответствовать горно-геологическим и горнотехническим условиям проведения выработок;

для выработок, не лежащих на критическом пути, выбор оборудования должен производиться из имеющихся на предприятии серийно выпускаемых заводами горнопроходческих машин;

при проведении выработок, лежащих на критическом пути, предусматривается применение высокопроизводительного, серийно выпускаемого оборудования или оборудования индивидуального изготовления в технически обоснованном количестве при обеспечении резервом.

Основным условием эффективной работы комплекса проходческой техники является соблюдение принципа пропорциональности производительности машин, работающих в цепи процессов проходческого цикла, т. е. каждая машина, выполняющая работу, обеспечивает максимальную производительность основной забойной машины.

Выбор проходческих машин для механизации процессов проходческого цикла производится в три этапа:

анализируются условия, в которых будут работать машины, и производится предварительный подбор машин по их техническим характеристикам в соответствии с принятой технологией проведения выработки;

определяются эксплуатационные возможности работы машин в данных условиях;

по известной эксплуатационной производительности производится окончательный выбор машин для совместной их работы в комплексе.

Число бурильных машин устанавливается исходя из рекомендуемой величины площади забоя на одну машину — 6—9 м².

Число погрузочных машин периодического действия принимается: одна — при площади сечения выработок до 14 м² и две — при площади сечения выработки более 14 м². Применение двух параллельно работающих машин регламентируется шириной выработки в свету.

Шахта (комбинат), выработка	$\frac{S_{сн}}{S_{пр}}$	Тип крепи	Оборудование	Скорость проведения, м/мес	
				расчетная	фактическая
«Абашевская» («Кузбассшахто- строй»), вентиляционная выр- ботка	$\frac{17,1}{20,6}$	Тюбинговая	БКГ-2 шт., 1ППИ-5 (2 шт.), ТУ-3, стрелочный перевод, ВГ- 3,3, АМ-8Д	125,0	116
Им. Ленина («Карагандашах- тострой»), откаточный квер- шлаг пл. Д ₁ , гор. +247	$\frac{14,1}{17,3}$	Металлическая арочная	БУЭ-1М (2 шт.), 1ППИ-5 (2 шт.), 5АРВ—1 шт., маневро- вая лебедка, плита-разминьовка, ВШ-2,5	114,0	106
«Тентекская» («Карагандашах- тострой»), полевой штрек	$\frac{14,4}{17,3}$	То же	БУЭ-1 (2 шт.), 1ППИ-5 (2 шт.), плита-разминьовка, маневровая лебедка, ВШ-2,5	113,0	97
«Тентекская» (Карагандашах- тострой»), конвейерно-откаточ- ный квершлаг	$\frac{14,4}{17,3}$	"	БУЭ-1 (2 шт.), 1ППИ-5 (2 шт.), плита-разминьовка, маневровая лебедка, ВШ-2,5	113,0	107
«Капитальная» («Кузбассшах- тострой»), квершлаг № 69	$\frac{17,3}{22,4}$	"	БУ-1 (1 шт.), БУР-2 (1 шт.), 1ППИ-5 (2 шт.), ВД-5,6, АМ- 8Д, стрелочные переводы	113,0	90
«Красный Кузбасс» («Кузбасс- шахтострой»), центральный квершлаг	$\frac{14,5}{19,1}$	"	БУР-2, 1ППИ-5 (2 шт.), УВД- 3,3, стрелочные переводы, АМ- 8Д (2 шт.)	120	106
«Западная» («Кузбассшахто- строй»), вентиляционный штрек № 401	$\frac{14,5}{20,1}$	"	БУЭ-1М (1 шт.), 1ППИ-5 (2 шт.), стрелочные переводы, АМ-8Д	106	105
«Ягуновская» («Кузбассшахто- строй»), северный полевой штрек	$\frac{13,6}{17,2}$	Тюбинговая	БУ-1 (1 шт.), БУР-2 (1 шт.), 1ППИ-5 (2 шт.), ТУ-3, стрелоч- ные переводы, 4, 5АРП, ВГ-3,3	80	60
«Шушталепская» («Кузбасс- шахтострой»), водосборник, гор. +60	$\frac{14,8}{17,2}$	"	БУР-2 (1 шт.), 1ППИ-5 (1 шт.), К-1000, маневровые лебедки (2 шт.), ВГ-3,3	$\frac{50}{740}$	$\frac{50}{740}$
«Шушталепская» («Кузбасс- шахтострой»), водосборник	$\frac{14,8}{17,2}$	Бетонная	БУР-2 (1 шт.), 1ППИ-5 (1 шт.), БУК-1М	$\frac{40}{592}$	$\frac{30}{578}$
Им. Кирова («Кузбассшахто- строй»), новый главный квер- шлаг гор. +30 м	$\frac{15,7}{19,4}$	Тюбинговая	БУ-1, БУР-2, 1ППИ-5 (2 шт.), ТУ-3р, плита-разминьовка, 4, 5АРП, ВГ-3,3	95	105
«Степная» («Карагандашахто- строй»), вентиляционный квер- шлаг	$\frac{14,4}{17,3}$	Металлическая арочная	2ПНБ-2Б (НМ-1), БУЭ-1	120	107
«Самбековская» («Ростовшах- тострой»), восточный коренной штрек	$\frac{15,5}{20,8}$	То же	БУ-1 (2 шт.), 1ППИ-5 (2 шт.), ВГ-2,5, 14КР	65	65
«Березовская» («Кузбассшахто- строй»), южный вентиляцион- ный квершлаг	$\frac{19,9}{23,5}$	Тюбинговая	БУ-1 (2 шт.), 1ППИ-5 (2 шт.), ТУ-3, ВГ-3,3, АМ-8Д, стрелоч- ные переводы	90	82

Число погрузочных машин непрерывного действия принимается исходя из их технических возможностей и технологической целесообразности, так как трудоемкость процесса погрузки горной массы с увеличением площади поперечного сечения выработки изменяется незначительно в силу маневренности и неограниченности фронта погрузки машин этого типа.

В качестве основных схем транспорта горной массы предусматриваются:

откатка большегрузными вагонетками с обменом на разминовках в призабойной зоне — электровозами;

применение бункера-поезда из вагонов типа ВПК с дошным конвейером;

применение конвейера.

Число проходчиков на выполнение проходческого цикла следует принимать для механизированных процессов по расстановке, для немеханизированных — по затратам труда, наиболее рациональному использованию места работы, проходческих машин и т. п. При этом число проходчиков, занятых на выполнении вспомогательных процессов, принимается таким, чтобы суммарное время выполнения вспомогательных работ было меньше или равно суммарной продолжительности выполнения основных процессов в каждом цикле.

Параметры буровзрывных работ рассчитываются в соответствии с существующими нормативными документами с учетом требований ЕПБ при взрывных работах.

Расчет параметров проходческого цикла и определение месячной скорости проведения производятся в следующем порядке:

по расстановке для обслуживания машин с учетом рекомендаций ЕНПР (сборник Е-36) определяется численный состав звена проходчиков с учетом совмещения отдельных процессов цикла (суммарное число рабочих на совмещаемых в каждый период времени составляет численный состав звена);

определяется продолжительность процессов и цикла в целом;

производится корректировка расчетной продолжительности процессов цикла;

на основании данных по затратам времени на выполнение процессов проходческого цикла строится график организации работ с учетом их совмещения.

Разработанные технологические карты с методикой расчета параметров проходческого цикла прошли опытную проверку при реконструкции шахт Кузбасса в 18 забоях, результаты которой частично приведены в табл. 48.

Опытная проверка технологических карт заключалась в следующем:

разрабатывались, рассматривались на предприятии и утверждались проекты технологии и организации проведения

горизонтальных выработок в конкретных горнотехнических и организационных условиях;

проводились хронометражные наблюдения и по результатам их обработки корректировались графики организации работ; совместно с исполнителями работ (шахтостроительными управлениями) разрабатывались мероприятия по внедрению технологических схем и организации проведения по проекту; по окончании проведения выработки производился анализ результатов.

Максимальная разность между расчетными и фактическими показателями (+10,5; -25 %) объясняется тем, что даже при организации проведения выработок скоростным способом потери рабочего времени по организационным причинам составляют в среднем 13—18 %. Максимальные разовые (смешные) потери рабочего времени достигали 30 %.

Данные табл. 48 показывают, что фактические скорости проведения горных выработок могут быть близки или равны возможным (расчетным) скоростям, определяемым производительностью применяемого оборудования, при использовании серийно выпускаемой техники.

Таким образом, расчетная скорость является реальной и может быть достигнута при высоком уровне организации труда и производства. Внедрение типовых технологических схем, разработанных различными институтами, позволяет повысить темпы проведения горизонтальных горных выработок в 1,4—3,0 раза и производительность труда проходчиков в 1,3—2,5 раза по сравнению с достигнутым уровнем для соответствующего вида выработок.

7. ВЫБОР И ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕХНОЛОГИИ ПРОВЕДЕНИЯ ВЫРАБОТОК

7.1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Совершенствование техники и технологии всегда имеет целью экономию рабочего времени, т. е. сокращение затрат труда и времени на достижение конечных результатов труда. Задачи сокращения трудоемкости работ и их продолжительности решаются как путем механизации операций и процессов с ручным трудом, так и в результате увеличения производительности существующих средств механизации. Среди этих задач особое внимание в последнее время уделяется снижению уровня ручного труда, доля которого в угольной промышленности достигает 50 %, а при проведении горных выработок превышает этот показатель. Снижение затрат ручного труда в угольной промышленности — один из важнейших социально-экономических факторов роста объемов продукции, повышения

производительности труда и улучшения условий труда рабочих.

С другой стороны, техническая оснащенность забоев при проведении горизонтальных горных выработок все время растет. Все большее значение приобретают вопросы лучшего использования техники, и, следовательно, снижения затрат овеществленного в ней труда на единицу продукции (на 1 м или 1 м³ выработки в свету).

В связи с этим при выборе технологии в качестве оценочных критериев приняты следующие показатели: скорость проведения, уровень ручного труда, производительность труда проходчика и стоимость сооружения выработки.

7.2. СКОРОСТЬ ПРОВЕДЕНИЯ ВЫРАБОТОК

Продолжительность строительства горной выработки

$$t_c = t_n + t_{т.ч} + t_{пр} + t_3,$$

где t_n , $t_{т.ч}$, $t_{пр}$, t_3 — продолжительность соответственно подготовительных работ, проведения технологической части выработки длиной 10—30 м с установкой в ней необходимого проходческого оборудования, строительства основной части выработки и заключительных работ.

В состав подготовительных работ входят: оснащение выработки проходческим оборудованием; прокладка к забою линий электроснабжения, сжатого воздуха, связи, освещения, водоснабжения; оборудование подземного транспорта; установка вентиляторов местного проветривания и др.

Продолжительность строительства технологической части выработки (мес)

$$t_{т.ч} = L_{т.ч} / v_{т.ч} + t_{м},$$

где $L_{т.ч}$ — длина (или объем) технологической части выработки, м (м³); $v_{т.ч}$ — скорость проведения технологической части выработки, м/мес (м³/мес); $t_{м}$ — продолжительность установки оборудования.

Специфической особенностью строительства технологической части выработки является значительная доля ручных работ, особенно при монтаже оборудования. Ее длительность составляет 1—1,5 мес.

К заключительным работам относятся демонтаж оборудования и подготовка выработки к сдаче в эксплуатацию. Длительность периода составляет 0,5—1,7 мес. Наиболее продолжительным является период проведения основной (протяженной) части выработки

$$t_{пр} = (L_n - L_{т.ч}) / v_{пр},$$

где L_n — полная длина выработки, м; $v_{пр}$ — скорость проведения выработки, м/мес.

При проведении горных выработок основным показателем, характеризующим эффективность горнопроходческих работ,

является скорость их сооружения. Ее увеличение приводит к уменьшению числа выработок, находящихся в проходке, увеличению уровня концентрации горнопроходческих работ, за счет чего уменьшаются затраты на общешахтные расходы, стоимость проведения выработок и сроки их строительства. При этом улучшается степень использования оборудования и повышается производительность труда проходчиков.

Выбор скорости проведения выработки зависит от положения ее в общем плане строительства шахты или горизонта. Если выработка находится на критическом пути строительства или вскрывает (подготавливает) отдельные участки шахтного поля, то скорость ее сооружения, как правило, должна быть оправданно максимальной. Оправданность максимальной скорости выработок критического пути регламентируется в каждом конкретном случае: необходимостью соединить фланговые стволы, включением выработок строящегося горизонта в общешахтную систему вентиляции, возможностью развития системы подготовительных выработок и т. д. Необходимая скорость сооружения системы остальных выработок определяется планом строительства и может быть значительно ниже.

Во всех случаях выбора скорости, кроме того, необходимо, чтобы она обеспечивала минимальную продолжительность поддержания выработок до сдачи их в эксплуатацию.

Обеспечение выбранной скорости находится в прямой зависимости от производительности набора проходческих машин, горно-геологических и организационно-технических факторов. Одним из главных среди них является площадь поперечного сечения выработки.

На рис. 37 показана зависимость скорости проведения от площади сечения выработки при применении погрузочных машин 1ППН-5 и 2ПНБ-2. Как видно, скорость проведения при применении машин с нагребающими лапами (2ПНБ-2) примерно в 1,3 раза выше, чем с применением ковшовых машин со ступенчатой погрузкой (1ППН-5). При увеличении площади поперечного сечения с 16 до 30 м² в проходке скорость проведения снижается в 1,4 раза. Максимальная скорость проведения выработок близка к расчетной или даже превосходит ее. И хотя большинство серийно выпускаемых бурильных машин не приспособлено для площади сечений свыше 22 м² и не удовлетворяет требованиям эффективного ведения буровзрывных работ, тем

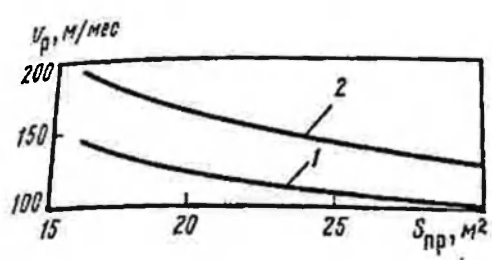


Рис. 37. Зависимость скорости проведения от площади поперечного сечения выработок при применении машин:
1 — 1ППН-5 (2 шт.); 2 — 2ПНБ-2 (2 шт.)

не менее достигнутые результаты говорят о значительных резервах горнопроходческой техники при соответствующей организации труда.

Таким образом, проектная скорость строительства протяженных горных выработок должна приниматься и обеспечиваться соответствующим набором оборудования не менее 100—120 м/мес в обычных горно-геологических условиях и 70—80 м/мес — в сложных.

Фактические средние скорости проведения квершлагов и полевых штреков ниже нормативных часто даже на критических путях. Вследствие этого сроки подготовки новых горизонтов превышают проектные в 2—3 раза, а производительность труда проходчиков находится на низком уровне (1,3—1,6 м³/чел.-смену).

Нормативные сроки строительства новых шахт и горизонтов должны обеспечиваться на всех этапах строительства; во втором периоде для этой цели должны быть соответственно увеличены скорости проведения горизонтальных, наклонных выработок и камер.

Для обеспечения большей надежности горнопроходческой техники наряду с наличием резерва машин необходимо их профилактическое обслуживание, поэтому при значительном повышении скорости проведения одна смена должна быть ремонтно-подготовительной.

Таким образом, в перспективе скорость проведения выработок на критических путях должна составлять 3,0—3,5 м/смену. Применяемое оборудование при этом должно иметь соответствующую производительность.

Лучшими бригадами шахтостроителей Кузнецкого и Карагандинского угольных бассейнов достигнуты скорости 2,3 и 2 м/смену.

При проведении полевого штрека $S_{пр} = 16,3 \text{ м}^2$, $S_{св} = 13,6 \text{ м}^2$ с тубинговой (ГТК) крепью на шахте «Абашевская» ПО «Южкузбассуголь» со скоростью 245 м/мес в 1976 г. были достигнуты следующие показатели производительности набора машин: разрушение массива — 0,37 м³/мин, погрузка породы — 0,36 м³/мин, возведение крепи — 0,26 м²/мин.

При проведении околоствольных выработок $S_{пр} = 20,4 \text{ м}^2$, $S_{св} = 17,3 \text{ м}^2$ с металлической арочной крепью со скоростью 200 м/мес на шахте «Казахстанская» ПО «Карагандауголь» в 1980 г.: разрушение массива — 0,21 м³/мин, погрузка породы — 0,22 м³/мин, возведение крепи — 0,3 м²/мин.

При проведении квершлага $S_{пр} = 25,9 \text{ м}^2$, $S_{св} = 22,2 \text{ м}^2$ с тубинговой (ГТК) крепью со скоростью 115 м/мес на шахте «Абашевская» ПО «Южкузбассуголь» в 1985 г.: разрушение массива — 0,31 м³/мин, погрузка породы — 0,34 м³/мин, возведение крепи — 0,24 м²/мин.

Необходимо отметить, что приведенные данные представляют эксплуатационную производительность наборов оборудования, при этом потери рабочего времени по организационным

причинам составили в первых двух случаях 8—11 %, а в третьем случае — 26—28 %. Производительность труда проходчиков составляла соответственно: 3,84; 3,7; 3,58 м³/чел.-смену.

В настоящее время техническая производительность машин при проведении горных выработок в лучшем случае реализуется на 20—30 %.

Техническая производительность системы машин для обеспечения необходимых скоростей в массиве должна соответствовать показателям, приведенным в табл. 49.

При этом производительность труда проходчиков должна возрасти в 2,3—2,5 раза и составить 3,6—4,0 м³/чел.-смену готовой выработки.

Решение этих задач требует разработки стратегии поэтапного достижения намеченных показателей вначале на основе серийно выпускаемой техники за счет совершенствования управления, организации производства и труда, а затем и создания новой или даже принципиально новой техники.

Достижение таких скоростей и производительности набора оборудования возможно и в современных условиях за счет использования:

автоматических бурильных установок с программным управлением с 3—4 гидравлическими бурильными машинами;

погрузочных машин типа ПНБ-3Д или МПК-3 при условии непрерывной погрузки (техническая производительность машин в этом случае реализуется на 70—80 %);

набрызгбетонной или анкер-набрызгбетонной крепи при условии применения автоматизированных и механизированных установок для возведения этих крепей.

Большое влияние на скорость проведения выработки оказывает ее плановая величина. При планировании, как известно, в основном используются месячные нормативные скорости проведения, которые дифференцированы по отдельным горным выработкам и не учитывают различия при их строительстве. Такая установка нормативов экономически не обоснована, потому что во многих случаях трудоемкость проведения одноименных выработок существенно различается.

Таблица 49

Операции	Техническая производительность системы машин при площади поперечного сечения выработок в проходке, м ²	
	20	30
Разрушение массива, м ³ /мин	1,35/0,7	2,1/1,1
Удаление горной массы, м ³ /мин	1,45/0,8	2,6/1,4
Возведение крепи, м ³ /мин	1,9/1,5	2,5/2,0

Примечание. В числителе дана производительность при последовательном выполнении операций, в знаменателе — параллельном.

Таблица 50

Число пластов, искрываемых квершлагом за месяц	Коэффициент уменьшения скорости K_3	
	Пласты тонкие	Пласты средней мощности и мощные
1	0,87	0,87
2	0,77	0,75
3	0,70	0,66

Наряду с нарушением принципов экономического стимулирования необоснованные нормативы приводят к увеличению себестоимости сооружения выработок. Так, за счет выплаты дополнительной суммы премий себестоимость по однотипным выработкам нередко оказывается выше там, где лучшие горно-геологические условия, что, естественно, не способствует интенсификации горнопроходческих работ.

Основой для составления обоснованного норматива скорости проведения может послужить формула (6) для определения среднеотраслевой скорости проведения горизонтальных выработок в зависимости от влияющих на нее факторов и с учетом поправочных коэффициентов на особые условия.

Величина поправочных коэффициентов может быть принята: при проведении участков выработок, где прогнозируются суфлярные выделения метана (водород), горные удары, выбросы породы, угля и газа, прорывы воды, плывунов, $K_1=0,7$;

при пересечении квершлагами пластов с прогнозированием внезапных выбросов угля и газа K_2 — в соответствии с табл. 50;

при проведении выработок с обратным сводом и выработок на действующем горизонте $K_3=K_4=0,8$;

при выделении воды из почвы $K_5=0,95$, при сильном капее на рабочего $K_6=0,85$.

При одновременном влиянии нескольких неблагоприятных факторов величина общего поправочного коэффициента к нормативу принимается путем перемножения отдельных поправочных коэффициентов.

Такая методика составления нормативов скоростей сооружения капитальных горизонтальных горных выработок является более объективной, более полно отражает современные требования и может способствовать интенсификации горнопроходческих работ и повышению их эффективности.

7.3. УРОВЕНЬ РУЧНОГО ТРУДА

В зависимости от способа проведения, применяемых средств механизации основных процессов проходческого цикла, вида крепи изменяются затраты труда на 1 м³ готовой выработки и, следовательно, уровень ручного труда. Таким образом,

возникает необходимость оценки каждой технологической схемы проведения горной выработки по уровню ручного труда с целью его снижения.

Все профессии рабочих подразделяются на пять групп по степени механизации труда.

I. Автоматизированным способом при управлении, контроле, периодическом регулировании автоматов.

II. Механизированным способом при помощи машин, станков, механизмов, приводимых в действие электрическими, пневматическими и другими приводами, а также осуществление наблюдения за действием машин и механизмов.

III. Вручную при выполнении только функций обслуживания машин.

IV. Вручную без применения машин и механизмов. К этой группе относятся рабочие, выполняющие работу при помощи простейших орудий труда (лома, лопаты, молотка и т. п.) и без них.

V. Вручную по палатке и ремонту машин и механизмов. К этой группе относятся электрослесари, слесари, дежурные и ремонтные электромонтеры.

При определении доли в численность рабочих, занятых ручным трудом, включаются рабочие, выполняющие работу «вручную при машинах и механизмах» и «вручную не при машинах и механизмах» (III и IV группы).

В связи с тем, что при проведении выработок проходчики в комплексных бригадах выполняют несколько видов работ, распределение их на группы по степени механизации производится не по численности, а пропорционально трудоемкости каждого вида работ. Метод пооперационного анализа трудоемкости работ является более объективным и отражает действительное положение дел в проходческом забое.

Поскольку при проведении капитальных выработок могут применяться ручные перфораторы и отбойные молотки, работа с которыми требует больших физических усилий, такие работы выделены в отдельную подгруппу внутри группы II (подгруппа П. 1)

Уровень ручного труда

$$U_p = \sum T_{ip} 100\% / T_{\text{общ}}$$

где $\sum T_{ip}$ — суммарная трудоемкость ручных работ на цикл, на 1 м или 1 м², чел.-мин; $T_{\text{общ}}$ — общая трудоемкость работ на цикл, чел.-мин.

Основой для выполнения анализа являются данные хронометражных наблюдений, проведенных в 37 забоях полевых штреков и квершлагах на 23 шахтах Кузнецкого, Карагадинского, Донецкого и Печорского угольных бассейнов с площадью поперечного сечения 9,7—26 м² в проходке. При этом наблюдались выработки, в которых кроме обычной технологии работали параллельно по две бурильные установки и две погрузочные ма-

Таблица 51

Операции и номера технологических схем	Уровень затрат труда по группам механизации в общем объеме трудоемкости процесса, %				Уровень ручного труда, %
	II	II.1	III	IV	
Бурение шпуров:					
одной установкой (две бурильные машины)	63	5,5	31,5	5,5	37
двумя установками (три бурильные машины)	68,8	—	27	4,2	31,2
двумя установками (четыре бурильные машины)	71,9	—	23,6	4,5	28,1
Погрузка породы:					
одной машиной 1ППН-5 или 2ПНБ-2 (ВГ-3,3, стрелочный перевод)	22,2	—	22,2	55,6	77,8
двумя машинами 1ППН-5 или 2ПНБ-2 (ВГ-3,3, стрелочный перевод)	43,8	—	28,7	27,5	56,2
двумя машинами 1ППН-5 или 2ПНБ-2 (ВГ-3,3, УПЛ-2М, планта-разминновка)	62,5	—	30,7	6,8	37,5
одной машиной ПНБ-3Д (вагоны ВПК-10)	80	—	15,5	4,5	20
Возведение постоянной крепи:					
арочной металлической вручную	2	2	—	98	98
тюбинговой ГТК	19,8	2,1	67,7	12,5	80,2
моноконтной бетонной с опалубкой ОМП и БУК-2	31,4	7,5	—	65,6	65,6
арочной металлической с крепе-установщиком КПМ-8					
1.1	32,3	1,75	22,2	45,5	67,7
1.2	30,3	2,4	18,0	51,7	69,7
1.3	30,4	1,9	21,1	48,5	69,6
5.1	29,8	3,0	16,6	53,6	70,2
5.2	27,0	3,5	6,0	66,4	73,0
6.1	29,5	1,1	26,2	44,3	70,5
6.3	30,7	3,4	23,5	46,1	69,3
9.1	27,4	—	12,1	60,5	72,6

шины. Уровень ручного труда определялся как по отдельным процессам, так и по технологическим схемам в целом. Кроме того, для определения уровня ручного труда использовался ряд технологических схем, разработанных ВНИИОМШСом.

Исследования показали, что уровень ручного труда зависит от применяемого оборудования и организации труда и практически не зависит от горно-геологических условий проведения выработки.

Результаты измерений уровня ручного труда приведены в табл. 51 [54].

В технологических схемах, разработанных ВНИИОМШСом, уровень ручного труда изменяется от 68 % при применении анкер-металлической крепи до 54,6 % при применении крепи из анкеров АКПН с быстротвердеющим органическим вяжущим и набрызгбетона.

Анализ полученных результатов показывает, что уровень ручного труда снижается:

при увеличении числа бурильных и погрузочных машин;
при применении перегружателя и плиты-разминки (почти в 2 раза);

при использовании вагонов ВПК-10 и машины ПНБ-ЗД (более чем в 3 раза);

при применении для возведения постоянной крепи различных крепежников (на 20—30 %).

В целом для технологических схем, несмотря на механизацию главных процессов проходческого цикла, этот уровень остается высоким и составляет в среднем 68—73 %.

Также высок уровень ручного труда (77—84,9 %) при применении технологических схем, разработанных ИГД им. А. А. Скочинского. Этим же институтом разработана классификация технологических схем проведения горных выработок, которая отражает современное состояние и тенденции развития средств и способов проведения выработок и определяет общие направления научно-технического прогресса на перспективу.

Анализ вариантов технологических схем проведения выработок площадью поперечного сечения более 18 м², составленных в соответствии с указанной классификацией, в которых заложено применение созданного и разрабатываемого в стране высокопроизводительного оборудования, показывает, что и в этом случае уровень ручного труда будет составлять при буровзрывном способе 58—90 %. Следовательно, без коренного изменения технологии проведения выработок и создания принципиально новых систем машин, комплексно механизующих все операции проходческого цикла, добиться значительного снижения уровня ручного труда невозможно.

Таким образом, минимальным уровнем ручного труда, который можно обеспечить современным и создаваемым в ближайшей перспективе оборудованием, можно считать 50—60 %.

7.4. ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ ТРУДА

Эффективность производства в большей степени зависит от производительности применяемого оборудования и эффективности его использования. Внедрение достижений научно-технического прогресса в производство — основа роста производительности труда. При проведении выработок внедрение передовой техники и технологии, совершенствование организации труда

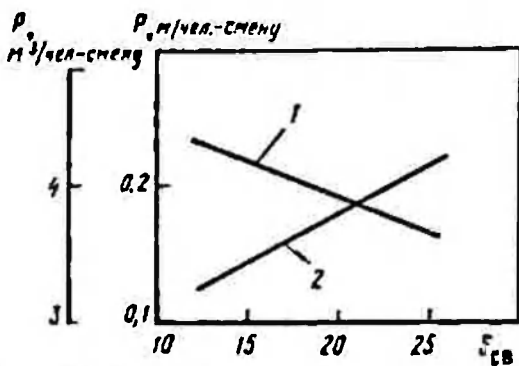


Рис. 38. Зависимость производительности труда проходчиков P от площади поперечного сечения выработки $S_{св}$ (м²) при различных единицах измерения:

1 — м³/чел.-смену; 2 — м³/чел.-смену

комплекта из 80 шпуров глубиной 2,5 м расчетное время составляет 2,3 ч. Работы выполняют пять проходчиков, и их производительность по бурению шпуров составляет 120 м/чел.-смену. При бурении одной машиной БКГ-2 расчетное время бурения равняется 2,8 ч, производительность трех проходчиков составляет 164 м/чел.-смену.

При погрузке породы в аналогичной выработке двумя машинами 2ПНБ-2 расчетное время погрузки составляет 1,15 ч, проходчиков, занятых погрузкой, 6 чел. (два машиниста электровоза и по два проходчика обслуживали машину), их производительность равна 60 м³/чел.-смену. При замене двух машин 2ПНБ-2 одной ПНБ-3Д расчетное время составляет 0,82 ч, обслуживают погрузку 3 чел. (при тех же транспортных средствах) и их производительность равняется 132 м³/чел.-смену.

Следовательно, при выборе технологии проведения выработки необходимо принимать оборудование наибольшей единичной производительности из имеющегося в наличии.

Большое влияние на производительность труда проходчиков оказывает площадь поперечного сечения выработки. Возможные (расчетные) показатели производительности в зависимости от $S_{пр}$ представлены на рис. 38. Видно, что производительность труда, измеряемая в м/чел.-смену, уменьшается с увеличением площади поперечного сечения выработки, а измеряемая в м³/чел.-смену — увеличивается. Измерение производительности труда в м³/чел.-смену объясняется тем, что за последние 10—15 лет производительность проходчика при проведении горизонтальных капитальных выработок остается на одном и том же уровне, хотя скорости проведения выработок падают.

Как показывает анализ скоростного проведения, повышение производительности труда проходчиков при увеличении численности звена происходит и за счет интенсификации ручных горнопроходческих работ.

связано не только с повышением темпов проведения, но и с производительности труда.

Следует отметить, что внедрение новой более производительной техники сокращает не только продолжительность выполнения отдельных процессов, но и численность проходческого звена, тем самым повышая производительность труда проходчиков.

Так, при бурении шпуров в выработке $S_{пр} = 20,6$ м² и $\sigma_{сж} = 100$ МПа двумя бурильными установками БУР-2 на бурение

В стесненных условиях одного забоя в этом случае для достижения высоких показателей производительности труда изменяется технология проведения с целью максимального совмещения отдельных проходческих операций. Так, например, операция перетяжки боков выработки может выноситься из забоя, то же самое с креплением выработки (вначале ставятся стойки, затем верхняки), переносом стрелочных переводов и т. д. Это позволяет получать удовлетворительные результаты показателей производительности труда.

Применение прогрессивных видов крепи часто оказывает решающее влияние на производительность труда. В ранее рассмотренном примере из практики горнорудной промышленности (см. разд. 6.3) при применении анкерной крепи производительность труда проходчика составила 6,7 м³/чел.-смену при скорости проведения 125 м/мес.

Таким образом, при выборе технологии проведения производительность труда проходчика должна быть не ниже 2,0—2,5 м³/чел.-смену.

7.5. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ТЕХНОЛОГИИ ПРОВЕДЕНИЯ ВЫРАБОТОК

Методика выбора эффективной технологии. Увеличить скорость проведения выработок можно при различных наборах проходческого оборудования. Поэтому важно оценить целесообразность применения новой, иногда дорогостоящей техники, которую только начинают использовать в настоящее время в шахтном строительстве. Показателем, характеризующим целесообразность выбора того или иного набора технологического оборудования для реализации поставленной задачи, является себестоимость проведения 1 м выработки.

Стоимостному критерию присущ ряд существенных недостатков в связи с тем, что он испытывает большое влияние таких изменяющихся факторов, как конъюнктура и уровень цен на материалы, тарифные ставки, система доплат, и других, тем не менее, для выбора технологии он является наиболее подходящим, так как более полно учитывает затраты живого и овеществленного труда на проведение выработки и является постоянным на определенный период времени.

Исследованиями Кузбасского политехнического института установлено, что балансовая стоимость единицы горнопроходческого оборудования на шахтах Кузбасса за последние 10 лет увеличилась в 1,5—1,7 раза. За тот же период стоимость 1 м горных выработок на шахтах возросла в 2—3 раза. Одной из причин этого являются увеличение стоимости изготовления машин. Их нетехнологичность и недостаточная надежность. Проческие машины не выработывают срок амортизации (кроме ИПН-5, с которыми, кстати, осуществлено все скоростное и рекордное проведение горизонтальных выработок в Кузбассе).

а остаточные амортизационные отчисления ложатся на себестоимость проведения. Рост стоимости проходческих машин в настоящее время не связан с ростом их эксплуатационной производительности, поэтому за рассматриваемый период обновление парка проходческих машин не вызвало повышения скорости проведения выработок и производительности труда проходчиков.

При переходе предприятий и бригад на хозрасчет и самофинансирование окупаемость новой (более дорогой) техники при проведении горных выработок является важным условием ее применения.

Для проведения квершлагав и полевых штреков на строящихся и реконструируемых угольных шахтах можно применить около 25 тыс. вариантов наборов технологического оборудования. Однако, выделив наиболее распространенные и ожидаемые к применению в ближайшем будущем и выполнив расчеты скорости проведения и себестоимости, можно выявить закономерность зависимости забойных затрат от основных влияющих факторов при применении того или иного набора технологического оборудования в конкретных горнотехнических условиях.

Условие целесообразности выбора определенного набора оборудования — наибольшее положительное значение разности сметной и ожидаемой стоимости проведения выработки при максимальной скорости проведения

$$\mathcal{E}_i = (C_{см} - C_o) \rightarrow \max \text{ при } v_p \rightarrow \max,$$

где \mathcal{E}_i — экономический эффект применения i -го набора оборудования, руб/м; $C_{см}$ и C_o — соответственно сметная и ожидаемая стоимость проведения выработки, руб/м [13].

Ожидаемая себестоимость проведения выработки

$$C_o = ZK_oK_n,$$

где Z — ожидаемые прямые нормируемые расходы с учетом премнальных доплат, руб/м; K_o , K_n — коэффициенты, учитывающие соответственно общешахтные и накладные расходы.

Сметная стоимость выработки практически не учитывает скорости проведения, и ее уровень соответствует фактически достигнутым средним показателям (нормативной скорости).

В состав сметной стоимости горнопроходческих работ входят затраты, связанные с эксплуатацией машин, механизмов и оборудования, в том числе и амортизационные суммы на восстановление их стоимости, капитальный ремонт и модернизацию. При определении фактической себестоимости эта часть будет зависеть от величины капитальных вложений и скорости проведения выработки, поэтому в общем виде себестоимость проведения выработки можно представить в виде

$$C = A + K/v, \tag{15}$$

где A — затраты, не зависящие от скорости проведения выработ-

ботки, руб.; K — единовременные капитальные вложения, руб.;
 v — скорость проведения выработки, м/мес.

В формуле (15) скорость проведения выработки является показателем эксплуатационной производительности технологического набора проходческого оборудования, а в целом выражение K/v — соотношением суммарных капитальных вложений и производительности машины.

Обработка результатов расчета стоимости проведения выработок по общепринятой методике (сборник № 35 ЕРЕР) стандартными статистическими приемами (регрессионный анализ) с использованием материалов шахтостроительных организаций (показатели проведения выработок различными наборами оборудования, опыт внедрения технологических схем КузНИИшахтостроя в Кузнецком и Карагандинском угольных бассейнах) позволила получить расчетные формулы для определения забойных (прямых нормируемых) затрат на проведение горных выработок (3) с достаточной для оперативной оценки технологии точностью при применении:

металлической арочной крепи из СВП

$$Z_m = 24 S_{пр} + 0,94 \sigma_{сж} - 48,9 l_{ш} + 0,053 K/v_{т} + 243,5 m_m; \quad (16)$$

тубинговой (ГТК) крепи

$$Z_{т} = 29 S_{пр} + 0,84 \sigma_{сж} - 13,4 l_{ш} + 0,047 K/v_{т} + 23,7 m_t; \quad (17)$$

монолитной бетонной крепи, возводимой механизированным способом,

$$Z_b = 21,23 S_{пр} + 0,87 \sigma_{сж} - 26,8 l_{ш} + 0,05 K/v_{т} + 35,4 m_b; \quad (18)$$

набрызгбетонной крепи

$$Z_n = 19,46 S_{пр} + 0,63 \sigma_{сж} - 24,7 l_{ш} + 0,04 K/v_{т} + 71,8 m_n; \quad (19)$$

комбинированной крепи (набрызгбетон + анкеры)

$$Z_{н.а} = 17,52 S_{пр} + 0,87 \sigma_{сж} - 7,36 l_{ш} + 0,05 K/v_{т} + 12,82 m_n + 2,43 m_a, \quad (20)$$

где $S_{пр}$ — площадь сечения выработки в проходке, м²; $\sigma_{сж}$ — предел прочности горных пород при сжатии, МПа; $l_{ш}$ — глубина шпуров, м; K — суммарная инвентарная стоимость оборудования, руб.; $v_{т}$ — техническая скорость (фактическая или расчетная) проведения выработки, м/мес; m_m, m_t, m_b, m_n, m_a — расход материалов крепи на 1 м выработки: металлической — в т; тубинговой, бетонной и набрызгбетонной — в м³; анкерной — в шт. анкеров длиной до 2 м.

На рис. 39 приведены зависимости забойных (прямых нормируемых) затрат от скорости проведения для трех технологий с различной производительностью наборов проходческого оборудования в идентичных горнотехнических условиях, из кото-

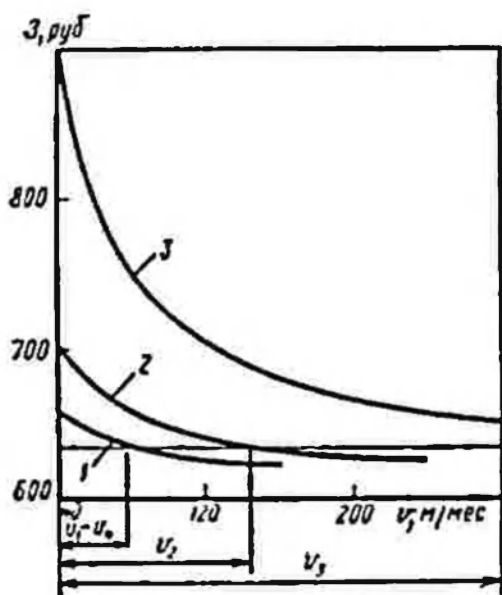


Рис. 39. Зависимость забойных затрат Z от скорости проведения выработок v ($S_{вв}=19,6 \text{ м}^2$, $\sigma_{сж}=100 \text{ МПа}$, крепь — металлическая арочная из СВП) для различных наборов оборудования:

1 — БКГ-2 (1 шт.), ИПП11-5 (1 шт.); 2 — БКГ-2 (2 шт.), ИПП11-5 (2 шт.); 3 — ПИБ-3Д (1 шт.), вагоны ВПК-10 (9 шт.)

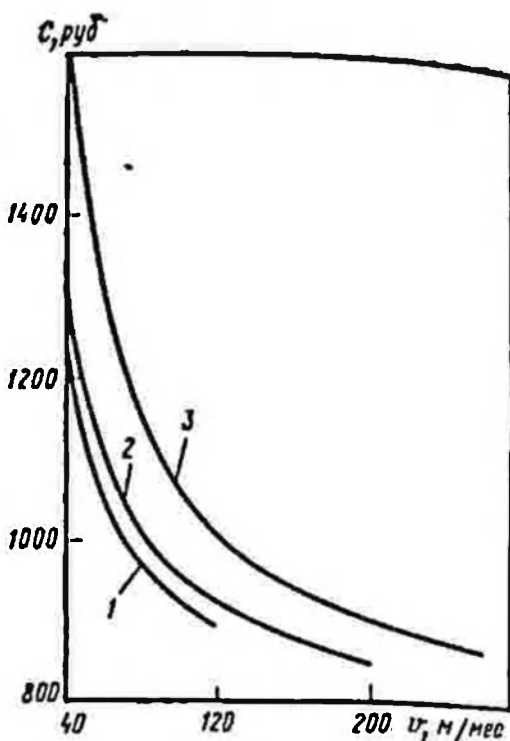


Рис. 40. Зависимость себестоимости C от скорости проведения выработок v ($S_{вв}=19,6 \text{ м}^2$, $\sigma_{сж}=100 \text{ МПа}$, крепь металлическая арочная из СВП) для различных наборов оборудования:

1 — БКГ-2 (1 шт.), ИПП11-5 (1 шт.); 2 — БКГ-2 (2 шт.), ИПП11-5 (2 шт.); 3 — ПИБ-3Д (1 шт.), вагоны ВПК-10 (9 шт.)

рых видно, что окупаемость дополнительных капитальных вложений на оборудование может быть осуществлена лишь при увеличении средней скорости проведения более чем в 2 раза, что практически неосуществимо при современном организационно-техническом уровне горнопроходческих работ.

Таким образом, при современном соотношении между уровнем цен на горнопроходческую технику и производительностью набора оборудования дополнительные затраты на новую технику не окупаются снижением забойных расходов и фактическая себестоимость проведения выработки превышает сметную. Следовательно, искусственное завышение цен на изготовление новой проходческой техники делает ее применение экономически невыгодным для хозрасчетных бригад.

Как известно, хозрасчетной проходческой бригаде кроме забойных затрат планируются общешахтные и накладные расходы.

Условно-постоянная часть общешахтных и накладных расходов зависит от скорости проведения выработки. Экономия этой части расходов может быть определена из выражения

$$Э_y = 3Y_x (1 - v_n/v_\phi),$$

где Y_d — доля условно-постоянной части общешахтных и накладных расходов; v_n , v_f — соответственно нормативная и фактическая (расчетная) скорости проведения выработки, м/мес.

Величина коэффициента, учитывающего общешахтные и накладные расходы на 1 м выработки, в зависимости от скорости ее проведения определится из выражения

$$\eta = 1 + P_o + (1 + P_o) P_n - [P_o Y_o + (1 + P_o) P_n Y_n] \times \\ \times (1 - v_n/v_f),$$

где P_o , P_n — норма общешахтных и накладных расходов соответственно в долях от величины забойных затрат ($P_o=0,37$; $P_n=0,283$); Y_o , Y_n — условно-постоянная часть в общешахтных и накладных расходах соответственно в долях от их величины ($Y_o=0,82$; $Y_n=0,5$).

Затраты на общешахтные и накладные расходы определяются индивидуально для каждой шахты с учетом горно-геологических условий, структуры работ и др.

Чаще всего строительные работы в настоящее время осуществляются на действующей шахте, при этом общешахтные расходы принимаются в размере 51 % нормируемых забойных затрат, 14 % этих расходов отчисляются действующей шахте за услуги, оказываемые ею подрядной организации. Поэтому величина общешахтных расходов, приходящаяся на выработку в этих условиях, будет составлять 37 %.

Зависимость величины коэффициента η_1 от скорости проведения v в этом случае имеет вид

$$\eta_1 = 1,245 + 35,35/v.$$

Для шахтостроительных организаций, имеющих самостоятельную строительную площадку и не зависящих от эксплуатации, эта зависимость выражается формулой

$$\eta_2 = 1,457 + 75,792/v.$$

На рис. 40 показана зависимость себестоимости проведения выработки с учетом изменяющегося коэффициента общешахтных и накладных расходов для различных наборов оборудования от скорости проведения. Экономически равноценные скорости проведения выработки при увеличении единовременных капитальных вложений в 2 раза (I и II технологии) наступают при условии увеличения скорости в 1,2 раза, а при увеличении K в 6 раз (I и III технологии) необходимо увеличить скорость проходки в 1,8 раза; тогда для шахтостроительной организации необходимая скорость проведения выработки (v_2) при современном соотношении цен на горнопроходческую технику и производительности набора оборудования (скоростью проведения выра-

ботки) с применением новой технологии с учетом ее окупаемости сметной стоимостью должна соответствовать условию

$$v_2 \geq v_1 e^{\frac{K_2}{10K_1}},$$

где v_1 — скорость проведения выработки с заменяемой технологией, м/мес; K_1 , K_2 — соответственно одновременные капитальные вложения по заменяемой и новой технологиям, тыс. руб.

Необходимо отметить, что среднотраслевая скорость проведения, рассчитанная по формуле (6), в 1,2—1,3 ниже необходимой; следовательно, создание новой техники должно сопровождаться не только повышением ее производительности, но и надежностью и организационного уровня горнопроходческих работ.

Для отдельной хозрасчетной бригады плановая сумма общешахтных и капитальных расходов представляет их условно-постоянную часть; фактические расходы определяются из их плановой суммы, скорректированной на относительную величину сокращения срока проведения выработки. При таком положении дел экономия на условно-постоянной части общешахтных и накладных расходов (если она есть) остается в шахтостроительной организации, а не в бригаде.

Таким образом, в новых условиях хозяйствования отсутствует материальная заинтересованность проходчиков во внедрении новой (неоправданно дорогой) техники. Даже выход на уровень мировых стандартов по производительности и надежности машин не решает этой задачи. Необходимо выходить на этот уровень и по экономической эффективности. Опыт зарубежного машиностроения показывает, что с ростом производительности и надежности машин их удельная металлоемкость и стоимость остаются стабильными либо снижаются, что соответствует направлению технологического прогресса в машиностроении.

Снижение стоимости новой техники должно вестись в двух направлениях. Первое — изготовление комплексов оборудования на модульном принципе, где каждый модуль соответствует друг другу. Техническая производительность некоторых бурильных установок и погрузочных машин в настоящее время достаточно высока, однако при создании типажных рядов не была учтена их технологическая совместимость, вследствие чего практический эффект их применения оказался существенно ниже возможного.

Второе — создание единого центра, оснащенного современной технологией, производящего горнопроходческое оборудование для всех отраслей народного хозяйства. Типизация оборудования по условиям работы, повышение технического уровня, максимальная унификация отдельных узлов — все это будет способствовать не только снижению стоимости изготовления, но и повышению его надежности.

Искусственное повышение цен на горнопроходческое оборудование, не пропорциональное их полезному эффекту, по существу в новых условиях хозяйствования является рычагом регресса и способствует повышению сметной и фактической стоимости горнопроходческих работ. Только значительное снижение стоимости изготовления горнопроходческой техники и увеличение скорости проведения горных выработок позволит окупить растущие капитальные вложения при использовании новой техники, применение которой решает задачи сокращения сроков строительства шахт.

Расчет экономической эффективности при увеличении скорости проведения выработки производится в соответствии с Методикой определения экономической эффективности использования в угольной промышленности новой техники, изобретений и рационализаторских предложений с учетом особенностей шахтного строительства.

Повышение скорости проведения выработок возможно или за счет внедрения новой техники и технологии или проведения организационно-технических мероприятий без дополнительных капитальных вложений. Так, применение «Типовых технологических карт проведения горизонтальных горных выработок сечением в проходке более 18 м² буровзрывным способом» позволяет проводить горизонтальные горные выработки повышенными темпами за счет объективного планирования параметров проходческого цикла, исходя из эксплуатационной производительности проходческих машин, упорядочения последовательности выполнения операций, использования проходческого оборудования в условиях, соответствующих его техническим характеристикам.

Размер экономического эффекта определяется по формуле

$$\mathcal{E} = [(C_1 - C_2) - E_n(K_2 - K_1)] A + \mathcal{E}_{\text{кос}} A,$$

где C_1, C_2 — прямые нормируемые затраты на производство единицы продукции с помощью базовой и новой технологии на данном рабочем месте (технологическом процессе, предприятии), руб/ед.; K_1, K_2 — удельные капитальные вложения на единицу продукции (работ), производимой с помощью новой технологии на данном рабочем месте (технологическом процессе, предприятии), руб/ед.; E_n — нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений — 0,15; A — годовой объем продукции, производимой с помощью новой технологии на рабочем месте (технологическом процессе, предприятии), ед.; $\mathcal{E}_{\text{кос}}$ — экономический эффект от повышения средних темпов проведения горных выработок, руб/ед., определяется по формуле

$$\mathcal{E}_{\text{кос}} = N(1 - v_w/v_p),$$

где N — условно-постоянная часть общешахтных и накладных расходов по варианту с нормативной скоростью проведения выработок, руб.

К общешахтным расходам относятся затраты, связанные с эксплуатацией и обслуживанием общешахтных комплексов — подъема, транспорта, водоотлива, вентиляции и прочих затрат на содержание рабочих ламповой, по обслуживанию маркшейдерских работ и сопровождению взрывчатых материалов, содержанию дежурных электрослесарей и др. Затраты на общешахтные расходы определяются индивидуально для каждой шахты с учетом горно-геологических условий, структуры работ и т. п. Среднее значение для условий Кузбасса по горизонтальным горным выработкам — 98 % (данные Сибгипрошахта).

Накладные расходы связаны с управлением строительством, обслуживанием рабочих, организацией производства и др. Состав накладных расходов в шахтном строительстве весьма разнообразен, и на них оказывает существенное влияние интенсификация горнопроходческих работ. Кроме того, накладные расходы зависят и от затрат труда — численности рабочих и размера их основной заработной платы.

Норма накладных расходов принимается, например, для условий Кузбасса равной 28,3 %.

Тогда размер условно-постоянной части общешахтных расходов в прямых нормируемых затратах составит

$$O' = C_1 O Y_0,$$

где O — норма общешахтных расходов по проекту; $Y_0 = 82\%$ — условно-постоянная часть в общешахтных расходах,

$$O' = C_1 \cdot 0,98 \cdot 0,82 = 0,8036 C_1 = 0,8 C_1.$$

Размер условно-постоянной части накладных расходов в прямых нормируемых затратах определится по формуле

$$N'_p = C_1 (1 + O) N Y_n,$$

где N — норма накладных расходов; $Y_n = 50\%$ — условно-постоянная часть в накладных расходах (СН509—78).

$$N' = C_1 (1 + 0,98) 0,283 \cdot 0,5 = 0,28 C_1.$$

Отсюда величина условно-постоянных расходов

$$N = (0,8036 + 0,28) C_1 = 1,084 C_1.$$

Таким образом, общая формула определения годового экономического эффекта от увеличения скорости проведения выработки при внедрении новой техники и технологии приобретает вид

$$\mathcal{E} = \left[(C_1 - C_2) \div 1,084 C_1 \left(1 - \frac{v_n}{v_p} \right) - E_n (K_2 - K_1) \right] A. \quad (21)$$

В табл. 52 приведены технико-экономические показатели и результаты расчета экономической эффективности применения «Типовых технологических карт...» КузНИИшахтостроя [54] при проведении выработок с тубинговой (ГТК) крепью.

Таблица 52

Показатели	№ технологических карт (см. табл. 47)									
	1.1	2.1	3.1	4.1	5.1	6.1	10.1			
Площадь сечения выработки, м ² : в свету	17,2	17,2	17,2	17,2	17,2	17,2	17,2			
в проходке	20,6	20,6	20,6	20,6	20,6	20,6	20,6			
Коэффициент крепости пород	4-6	4-6	4-6	4-6	4-6	4-6	4-6			
Скорость проведения выработки, м/мес	70	117	173	136	173	103,8	130			
Трудозатраты на 1 м проведения выработ- ки, чел.-ч/чел.-смен	82,137	53,16	49,82	56,05	49,82	53,92	53,16			
Производительность труда, м ³ /чел.-смен (17,2 : 13,68 = 1,26)	13,68	8,86	8,3	9,34	8,3	8,94	8,86			
Повышение производительности труда, %	1,79	1,94	2,07	1,84	2,07	1,91	1,94			
Расчетная стоимость проведения выработки в прямых нормируемых затратах, руб.	—	54	64	46	64	52	54			
Удельные капитальные затраты, руб/м	416-16	408-37	419-89	460-26	434-06	452-29	426-17			
Экономическая эффективность на 1 м про- ведения выработки, руб.	36-90	31-53	38-82	50-17	77-94	60-19	31-55			
	322-48	328-08	421-64	319-64	401-60	238-05	340-27			

Примечание. Экономическая эффективность на 1 м рассчитана по формуле (21).

При этом прямые нормируемые затраты подсчитаны на основе сборника № 35 ЕРЕР и СНиП IV-2-82, т. 6 ЭСН. Можно их подсчитать и по формулам (16) — (20).

Прямые нормируемые затраты в «Типовых технологических картах...» определены:

по статье «Заработная плата» — из графиков организации работ с тарификацией согласно Приказу МУП СССР № 570 от 15.12.81 г. на основании Постановления Совмина СССР и ВЦСПС от 11.12.81 г., № 1160;

по доставке материалов с поверхности в шахту — согласно Калькуляциям Южгипрошахта на заготовку и доставку материалов;

по статье «Эксплуатация машин» в элементах затрат «Проведение выработки» и «Постоянное крепление» количество машино-часов определено из графиков организации работ по продолжительности работы машин в забое с учетом подготовительно-заключительных операций и расценены по СНиП IV-3-82 Сборника сметных цен эксплуатации машин. По эти же элементам затрат машины, которые применяются, но не указаны в технологических картах, учтены согласно СНиП IV-2—82, т. 6 ЭСН и расценены по СНиП V-3—82 Сборника сметных цен эксплуатации строительных машин. Затраты машино-часов по остальным элементам статьи «Эксплуатация машин» учтены согласно сборнику № 35 ЕРЕР;

по статье «Материальные ресурсы» также в элементах затрат «Проведение выработки» и «Постоянное крепление» расход материалов определен по графикам организации работ, а по остальным элементам затрат статьи «Материальные затраты» — согласно сборнику № 35 ЕРЕР;

удельные капитальные вложения на 1 м проведения выработок подсчитаны по базовым вариантам — делением общей инвентарной цены оборудования по забою на нормативные темпы проведения выработок в год, а по технологическим картам соответственно делением на расчетные годовые темпы.

Таким образом, экономический эффект от сокращения прямых нормируемых затрат, затрат на накладные и общешахтные расходы возможен в случаях, когда внедряемая более дорогостоящая новая техника, технология или технологическая схема (карта) дает значительное фактическое увеличение скорости.

7.6. ПЕРСПЕКТИВЫ ИНТЕНСИФИКАЦИИ ПРОВЕДЕНИЯ ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК

Совершенствование горнопроходческих работ и их интенсификация производятся в два основных этапа: первый этап — совершенствование управления, организации труда и производства на базе серийно выпускаемой техники; второй этап — создание и внедрение новых машин, механизмов и технологий.

В ближайшей перспективе максимальное распространение получат пять комплектов основного проходческого оборудова-

Таблица 53

№ комплекта оборудования	Оборудование	Условия применения			Возможные показатели		
		$\sigma_{сж}$, МПа	$K_{п}$	$S_{св}$, м ²	Численность сменного звена	Скорость проведения выработки, м/мес	Производительность труда проходчика, м ² /чел.-смену
1	4ПП-2, ППЛК, СР70М, 1Л80, КПМ, 6ДМКУ	70	0,75	12,8	6—8	250—340	5,13—6,97
2	ГПК, ППЛК, ВГ	50	0,6	10,4	5—6	390—340	5—6,8
3	ГПК, СР70М, 1Л80, 6ДМКУ	50	0,6	10,4	5—6	220—340	4,4—6,8
4	1ППН-5, БУЭЗТ, (БУР-2), КПМ, ВГ	100	1,0	10,4	5—7	120—200	17—4,0
5	2ПНБ-2Б, СР70М, 1Л80, 6ДМКУ	70—100	1,0	10,4	4—5	110—180	2,2—4,3

ния, рекомендуемого Минуглепромом СССР в комплектной поставке непосредственно шахтам [31]. Рекомендуемая численность сменного звена проходчиков и возможные при этом показатели проведения выработок приведены в табл. 53.

Главными направлениями технического прогресса в области проектирования крепей и способов поддержания выработок является применение в проектах: крепей, использующих несущую способность окружающего массива, в том числе упрочнение контурного массива в сочетании с облегченными видами крепей; заполнение закрепного пространства упрочняющими растворами в сочетании со сборными конструкциями крепей; комбинированные крепи на основе использования анкеров (анкер-металлическая, анкер-набрызгбетонная); крепь-монолит; крепь регулируемого сопротивления; многосферных сборных железобетонных тубинговых крепей.

Повышение технического уровня буровзрывной технологии работ во многом зависит от интенсивности замены устаревших конструкций погрузочных машин с прямой погрузкой на погрузочные машины с боковой разгрузкой ковша большой вместимости, обеспечивающие помимо основного назначения механизацию вспомогательных работ по доставке материалов в призабойной зоне, оборку забоя, подъем и установку верхняков крепи. Эти машины могут использоваться также при проведении коротких выработок и технологического отхода. Такая машина МПК-3 (по своим параметрам не уступающая зарубежным) принята к серийному производству.

В области создания новой техники необходимо увеличивать

серийный выпуск погрузочных машин типа МПК за счет сокращения выпуска машин ИПН-5, организовывать серийное производство манипуляторных бурильных установок нового технического уровня взамен одноманипуляторных; расширять выпуск крепеустановщиков КММ-8, монорельсовых подвесных и напочвенных дорог, ленточных телескопических проходческих конвейеров и др.

Совершенствование технологии и интенсификация горнопроходческих работ при буровзрывном способе возможны путем разработки самоходных (на гусеничном или пневмошинном ходу) модульных систем машин многоцелевого назначения с легкосъемными и быстрозаменяемыми модулями для выполнения работ по погрузке и доставке горной массы, доставке материалов и оборудования, обуриванию забоев, разрушению пород ударно-скалывающим инструментом и т. д. [6].

Развитие буровзрывной технологии проведения во многом будет зависеть от результатов создания принципиально нового буровзрывного комбайна, основанного на использовании либо беспламенных ВВ, либо небольших по массе зарядов штатных ВВ с водяной забойкой, обеспечивающих одновременное выполнение работ по заряданию и взрыванию шпуров без технологических перерывов на проветривание, а также работ по погрузке горной массы. На основе только комбайна в принципе возможно создание малооперационной поточной технологии с агрегатной системой машин для работы в прочных и абразивных породах.

Развитие комбайнового способа проведения выработок по крепким породам связано с внедрением комбайнов ГПК-2, 4ПП-5, комбайновых комплексов «Союз-19У», КРТ и т. п.

Научно-технический прогресс горнопроходческих работ ориентирован на расширение и совершенствование комбайновой технологии проведения выработок в направлении создания и внедрения поточных технологий:

малооперационной поточной технологии, основанной на применении проходческих комплексов с автоматическими манипуляторами и автоматизированным управлением, разрабатываемой на базе комбайнов механического и гидромеханического разрушения горных пород. Область применения технологии — выработки большого сечения при прочности пород на сжатие до 85—95 МПа. Переход на эту технологию взамен существующего комбайнового проведения позволит снизить трудоемкость горнопроходческих работ более чем в 3 раза;

поточной (однооперационной) технологии проведения горных выработок с использованием проходческих агрегатов с автоматическими манипуляторами и автоматизированным управлением, которую намечается создать на базе новых способов разрушения горных пород (электронно-лучевого, электрофизического и др.).

СПИСОК ЛІТЕРАТУРЫ

1. *Абрамсон Х. И.* Тенденции развития типов крепи капитальных и подготовительных горных выработок. М., изд. ЦНИИПодземмаш, 1984, с. 200—218.
2. *Абрагамов В. Р.* К вопросу о прогнозировании сечений выемочных подготовительных выработок.— В кн.: Прогрессивная технология, комплексная механизация и автоматизация проведения горных выработок. М., изд. ИГД им. А. А. Скочинского, 1984, вып. 232, с. 38—42.
3. *Александров В. Е., Петров П. Г.* О совершенствовании буровзрывного способа проведения выработок.— Уголь, 1983, № 9, с. 33—34.
4. *Амурский Б. С.* Повышение производительности труда в шахтном строительстве. М., Недра, 1986.
5. *Бакиев А. Т.* Исследование этапов развития горнопроходческой техники для проведения горизонтальных горных выработок буровзрывным способом.— В кн.: Механизация проходки горных выработок. М., изд. ЦНИИПодземмаш, 1984, с. 79—86.
6. *Балдин А. В., Нильва Э. Э., Гольберт В. Н.* Перспективы повышения технического уровня горноподготовительных работ на угольных шахтах.— Шахтное строительство, 1985, № 3, с. 13—17.
7. *Беляев С. Г., Заслов В. Я.* Комплекс для набрызгбетонирования КНБ-2,5.— Горный журнал, 1981, № 10, с. 40—43.
8. *Блинов В. П., Битюков Л. Е.* Пути сокращения ручного труда на основных процессах угольных шахт Украины.— В кн.: Научно-технические направления и средства снижения затрат ручного труда при подземной добыче угля. М., изд. ИГД им. А. А. Скочинского, 1984, с. 67—75.
9. *Быков А. Б.* Совершенствование технологии и организации проведения горизонтальных и наклонных горных выработок.— Шахтное строительство, 1984, № 4, с. 3—5.
10. *Быков А. Б.* Ускорить внедрение крепей регулируемого сопротивления на шахтах Донбасса.— Шахтное строительство, 1986, № 3, с. 3—6.
11. *Верхотуров В. С.* Влияние длины развала горной массы взрывом на эксплуатационную производительность погрузочных машин.— В кн.: Повышение технического уровня строительства объектов угольной промышленности. Кемерово, 1986, с. 64—70.
12. *Верхотуров В. С., Сенников Г. Г.* Ускорению строительства и реконструкции шахт — техническую основу.— Шахтное строительство, 1987, № 3, с. 1—4.
13. *Верхотуров В. С., Сенников Г. Г.* Новая методика разработки норматива технической скорости проведения капитальных горных выработок.— Шахтное строительство, 1986, № 10, с. 23—25.
14. *Верхотуров В. С., Войтов М. Д., Ващенко С. Г.* Технология и организация проведения горных выработок большого сечения. М., ЦНИИУголь, 1983.
15. *Гальперин В. Г., Юхимов Я. И.* Самоходные установки для анкерной крепи.— Шахтное строительство, 1984, № 4, с. 28—29.
16. *Епифанцев Ю. И., Шрайман Л. И.* Зарубежный буровой инструмент.— Шахтное строительство, 1986, № 4, с. 26—29.
17. *Зарубежный опыт применения бурового оборудования и инструмента для проведения капитальных горных выработок.* Строительство предприятий угольной промышленности. М., ЦНИИУголь, 1984.
18. *Зарубежный опыт применения погрузочных машин при проведении выработок.* Обз. инф. Строительство предприятий угольной промышленности. М., изд. ЦНИИУголь, 1984.
19. *Заславский И. Ю., Быков А. В., Компанец В. Ф.* Набрызгбетонная крепь. М., Недра, 1986.
20. *Заславский Ю. З., Качан И. В., Шалохин М. А.* О внедрении набрызгбетонных крепей на угольных шахтах Украины.— Шахтное строительство, 1985, № 2, с. 18—19.

21. *Иванов В. Г., Кирченко В. И., Задорожный В. А.* Повышение надежности технологии проведения выработок.— Уголь Украины, 1986, № 4, с. 12—13.

22. *Игнатьев В. И.* Комбайны бурового действия в угольных шахтах за рубежом.— Шахтное строительство, 1987, № 4, с. 28—30.

23. *Инъекционное упрочнение горных пород/Ю. Э. Заславский, Е. А. Лопухин, Е. Б. Дружко, И. В. Качан. М., Недра, 1981.*

24. *Нофин С. Л.* Состояние и пути повышения эффективности использования самоходного оборудования на рудниках цветной металлургии.— В сб.: Совершенствование техники подземных рудников СССР. М., Наука, 1980, с. 27—31.

25. *Казаневич Э. В., Ройзен В. В.* О креплении горных выработок дисперсно-армированным бетоном.— Шахтное строительство, 1987, № 3, с. 25—27.

26. *Картозия Б. А., Ерофеев Л. М.* Основные направления в области совершенствования проектирования крепей горных выработок угольных шахт.— Шахтное строительство, 1987, № 6, с. 4—8.

27. *Кассихин Г. А.* Реконструкция шахт внутриподрядным и хозяйственным способами.— Уголь, 1985, № 1, с. 43—46.

28. *Ковтун Е. А.* Снизить объем ручного труда в шахтном строительстве.— Шахтное строительство, 1986, № 6, с. 22—24.

29. *Кожиков Ф. А., Кораб Г. И., Тарасенко О. В.* Полимерные гибкие вентиляционные трубы со сварными швами.— Шахтное строительство, 1986, № 2, с. 16—19.

30. *Крепление горизонтальных горных выработок металлической арочной крепью за рубежом. М., изд. ЦНИИУголь, 1985.*

31. *Кузьмич А. С., Нильва Э. Э., Цейтин И. Э.* Прогрессивные технологические схемы проведения подготовительных выработок.— В кн.: Способы вскрытия, подготовки и системы разработки шахтных полей. М., Недра, 1985, с. 321—330.

32. *Кутелю В. С., Роменский В. М.* Возможности снижения затрат ручного труда при возведении крепи подвесным крепеустановщиком.— В кн.: Научно-технические разработки по сокращению ручного труда на шахтах. М., изд. ИГД им. А. А. Скочинского, 1985, с. 29—35.

33. *Толухин Е. А.* Совершенствование крепления — основной резерв повышения производительности труда на горнопроходческих работах.— Уголь Украины, 1983, № 6, с. 27—29.

34. *Малевиц И. А.* Горнопроходческие машины и комплексы. М., Недра, 1980.

35. *Маршев В. С., Гудков Г. Д., Нескреба А. В.* Исследование результатов приемочных испытаний опытного образца забойного оборудования комплекса КТЗ.— В сб. Новые машины и оборудование для механизации проходки горных выработок. М., изд. ЦНИИподземмаш, 1985, с. 42—51.

36. *Медведев И. Ф., Циферблатов В. Л.* Шахтные самоходные гидрофицированные установки для проведения выработок большой площадью сечения.— Шахтное строительство, 1985, № 9, с. 26—30.

37. *Мелекесцева Б. И.* Проветривание протяженных выработок, сооружаемых от одиночного ствола.— Шахтное строительство, 1983, № 8, с. 16—17.

38. *Никитин В. И., Коротенко И. С., Морозова А. В.* Доставка грузов укрупненными единицами — резерв сокращения ручного труда.— В кн.: Научно-технические разработки по сокращению ручного труда на шахтах. М., изд. ИГД им. А. А. Скочинского, 1985, с. 48—57.

39. *Нильва Э. Э., Цейтин И. Э.* Горноподготовительные работы на угольных шахтах. М., Недра, 1981.

40. *Нильва Э. Э., Игнатьев В. И.* Основные направления развития техники и технологии проведения подготовительных выработок за рубежом. М., изд. ЦНИИУголь, 1982.

41. *Новгородов Ю. П.* Сооружение камеры гараж-зарядной со скоростью 3004 м³/мес.— Шахтное строительство, 1984, № 8, с. 12—13.

42. *Новые растворы для тампонажа и инъекционного упрочнения горных пород/Е. Б. Дружко, А. Г. Шарбарин, Э. В. Самсонов, С. Г. Луиев.— Шахтное строительство, 1987, № 3, с. 23—24.*

43. *О создании промышленных роботов в шахтном строительстве*/А. Н. Боровицкая, С. Г. Смолянец, В. В. Телечкун и др.—Шахтное строительство, 1983, № 5, с. 7—9.
44. *Организации труда проходчиков — научную основу*/И. В. Баронский, Л. М. Ерофеев, В. В. Трофимов, В. В. Першин.—Шахтное строительство, 1986, № 5, с. 1—4.
45. *Организация работ при проведении выработки большой протяженности*/А. Н. Разумов, Н. А. Сорока, Ю. Г. Мягкохлебов, В. Н. Листов.—Шахтное строительство, 1986, № 11, с. 24—25.
46. *Повышение эффективности механизации метростроения на основе модульного принципа*/В. М. Ауэрбах, И. З. Маневич, М. О. Воля, И. Н. Зелкович.—Транспортное строительство, 1985, № 10, с. 24—28.
47. *Подковыркин А. М., Гальперин В. Г.* Скоростное проведение горизонтальных горных выработок на рудниках цветной металлургии.—Горный журнал, 1984 № 8, с. 31—33.
48. *Промышленные испытания самоходного пневмоколесного вагона для проведения горных выработок*/А. Е. Байкеншин, Г. А. Лазарев, Г. Г. Вейнгарт и др.—Шахтное строительство, 1986, № 8, с. 11—12.
49. *Першин В. В.* О социально-психологических факторах в работе проходческих бригад.—Шахтное строительство, 1984, № 9, с. 21—22.
50. *Руководство по проектированию и организации строительства подготовительных выработок действующих шахт.* М., Минуглепром СССР, 1984.
51. *Руководство по контурному взрыванию при проходке горных выработок в угольных шахтах.* Кемерово, КузНИИшахтострой, 1980.
52. *Сдобников П. В., Попов Н. И., Смольников Ю. Б.* О применении проходческих комбайнов с исполнительным органом ударного действия.—В кн.: Совершенствование технологии сооружения горных выработок. Кемерово, изд. КузПИ, 1984, с. 80—87.
53. *Сокращение ручного труда на угольных шахтах.* Киев, Техника, 1985, 118 с.
54. *Типовые технологические карты проведения горизонтальных горных выработок сечением в проходке более 18 м² буровзрывным способом.* Кемерово, КузНИИшахтострой, 1985.
55. *Устинов М. И., Колесникова Р. Г.* Вскрытие шахтных полей с делением на блоки.—В кн.: Способы вскрытия, подготовки и системы разработки шахтных полей. М., Недра, 1985, с. 49—55.
56. *Федоренко А. И.* Новые разработки ВостНИГРИ в области совершенствования технологии горно-строительных работ.—Шахтное строительство, 1986, № 1, с. 13—14.
57. *Фролов В. П.* Сооружение горных выработок при разработке рудных месторождений. М., Недра, 1985.
58. *Хайдельбах Г.* Проходка буровым комбайном горизонтальных выработок от шахты «Генерал Блюменталь» к новому полю Хальтерн.—Глюкауф, 1981, № 1, с. 3—16.
59. *Худин Ю. Л., Балдин А. В., Нильва Э. Э.* Перспективы развития технологии горноподготовительных работ.—В кн.: Способы вскрытия, подготовки и системы разработки шахтных полей. М., Недра, 1985, с. 311—382.
60. *Шаляпин В. А., Цой А. С.* О новых методах комплексной механизации проведения горизонтальных горных выработок.—В кн.: Исследование, разработка и эксплуатация нового горного оборудования. Л., 1982, с. 21—30.
61. *Шаульский А. С.* Рациональные условия применения погрузочных машин с боковой разгрузкой ковша.—Шахтное строительство, 1986, № 2, с. 14—15.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	3
1. Современное состояние строительства горизонтальных горных выработок	4
1.1. Особенности вскрытия и подготовки шахтных полей в современных условиях	4
1.2. Состояние шахтного фонда	8
1.3. Размеры поперечного сечения горных выработок	10
1.4. Механизация горнопроходческих работ	12
1.5. Современные типы крепей	14
1.6. Особенности ведения буровзрывных работ при проведении горизонтальных выработок в угольных шахтах	31
1.7. Особенности проветривания протяженных горных выработок	39
1.8. Объемы и показатели проведения выработок	44
2. Средства бурения	51
2.1. Общие сведения	51
2.2. Бурильная техника	51
2.3. Буровой инструмент	60
2.4. Производительность бурильных установок	62
3. Средства уборки горной массы	68
3.1. Общие сведения	68
3.2. Погрузочные машины	68
3.3. Бурупгрузочные машины	75
3.4. Транспортное оборудование	79
3.5. Производительность погрузочных машин	84
4. Механизация возведения крепи	90
4.1. Общие сведения	90
4.2. Механизация возведения арочной металлической крепи	93
4.3. Механизация возведения монолитной бетонной крепи	98
4.4. Механизация возведения тубинговой крепи	100
4.5. Механизация возведения анкеровой крепи	101
4.6. Механизация возведения набрызгбетонной крепи	105
4.7. Производительность машин и проходческих звеньев при возведении постоянной крепи	108
5. Вспомогательные работы и комплексная механизация горнопроходческих работ	110
5.1. Механизация вспомогательных работ	110
5.2. Комплексная механизация горнопроходческих работ	114
5.3. Общее направление развития горнопроходческой техники	121
6. Технология и организация проведения горизонтальных горных выработок	123
6.1. Общие сведения	123
6.2. Анализ влияния горнотехнических и организационных факторов на скорость проведения и производительность труда проходчиков	127
6.3. Скоростное проведение горизонтальных горных выработок	141
6.4. Математическая модель проходческого цикла	154
6.5. Технологические схемы проведения выработок	161
7. Выбор и оценка эффективности технологии проведения выработок	175
7.1. Общие сведения	175
7.2. Скорость проведения выработок	176
7.3. Уровень ручного труда	180
7.4. Производительность труда	183
7.5. Экспониметрическая оценка технологии проведения выработок	185
7.6. Перспективы интенсификации проведения горизонтальных горных выработок	194
Список литературы	197

70 коп.

3

ИТМ-1
Зар-2

НЕДРА

В. С. Верхотуров
Г. Г. Сенников

**ИНТЕНСИФИКАЦИЯ
СТРОИТЕЛЬСТВА
ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ
ГОРНЫХ
ВЫРАБОТОК**