

Лекция 1. Горные машины

Машины и горное оборудование, используемые на открытых горных работах, принято подразделять по роду выполняемой работы, т. е. по технологическому признаку, на семь классов:

- машины для подготовки горных пород к выемке;
- выемочно-погрузочные машины;
- выемочно-транспортирующие машины;
- транспортные машины;
- отвалообразующие машины;
- сортировочно-обоганительное оборудование;
- машины для вспомогательных работ.

Машины каждого класса дополнительно можно разделить на группы. В каждую группу включаются типы машин, отличающиеся друг от друга уже не характером выполняемой работы, а только конструкцией отдельных узлов или всей машины в целом.

Каждый тип машины имеет несколько типоразмеров (моделей), совпадающих в основном по конструкции, но различающихся между собой производительностью, параметрами рабочего оборудования, массой и т. д.

Согласно приведенной выше классификации, например, одноковшовый карьерный экскаватор ЭКГ-5А, оборудованный прямой лопатой, относится к классу выемочно-погрузочных машин, группе одноковшовых экскаваторов и типу прямая лопата типоразмера 5 м³.

Горные машины для открытых работ могут быть также классифицированы по видам используемой энергии, ходовому оборудованию, способу экскавации, массе и конструктивным признакам.

Каждая машина состоит из:

- рабочего, исполнительного и силового оборудования, непосредственно выполняющего технологические операции;
- передаточных механизмов, связывающих рабочее и исполнительное оборудование с силовым;
- ходового оборудования, обеспечивающего транспортные и технологические перемещения машины;
- несущих металлоконструкций;
- систем управления и автоматизации для регулирования, включения и выключения отдельных агрегатов и механизмов машины.

Рабочее оборудование состоит из рабочего органа и исполнительных механизмов.

Рабочий (исполнительный) орган (ковш экскаватора, нож бульдозера, буровая коронка и др.) предназначен для непосредственного воздействия на рабочую среду (забой).

Необходимые движения и усилия сообщаются рабочему органу исполнительными механизмами (например, подъемным и напорным механизмами у одноковшового экскаватора типа прямая лопата). Передаточный механизм служит для передачи движения от двигателя к

исполнительным механизмам с трансформацией как вида движения, так и скоростей и сил (моментов). Таким образом, рабочее оборудование и передаточные механизмы для машин каждого класса и каждой группы различны и определяются их функциональным назначением (выемка породы, транспортирование, бурение и т. д.).

Силовое оборудование, а также механизмы управления для большей части горных машин, применяемых на открытых разработках, однотипны. Так, основная часть бурового и выемочно-погрузочного оборудования имеет электропривод, тогда как выемочно-транспортирующие машины и экскаваторы, работающие в условиях отсутствия линий электропередач, оборудуются двигателями внутреннего сгорания.

Подробные сведения по каждому из узлов машины даются в паспорте, прилагаемом к машине заводом-изготовителем, где обязательно указываются техническая характеристика машины, ее кинематическая схема и ряд других данных.

Курс «Горные машины и комплексы для открытых работ» предусматривает изучение преимущественно оборудования первого, второго и третьего классов, в частности буровых машин, экскаваторов, скреперов, бульдозеров и рыхлителей, а также драг, средств гидроотбойки и выемки горных пород.

Машины четвертого и пятого классов являются предметом курса «Транспортные машины и комплексы». Обогащительное оборудование, входящее в шестой класс, изучается в курсах вузов, имеющих соответствующую специализацию. Вспомогательное оборудование, применяемое на открытых разработках, изучается соответственно в курсах «Стационарные машины», «Электропривод и электроснабжение», «Технология машиностроения и ремонта горных машин» и в курсах дисциплин по автоматизации.

Курс «Горные машины и комплексы» — один из профилирующих по специальности для будущих горных инженеров-механиков и инженеров-технологов. Он органически связан с рядом смежных курсов, таких, как «Физика горных пород», «Технология горного производства», «Электропривод и энергоснабжение», «Автоматизация производственных процессов» и «Технология машиностроения и ремонта горных машин», которые дают возможность будущему инженеру получить знания, необходимые для изучения данного курса.

1. ОСНОВНЫЕ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ГОРНЫХ ПОРОД И СПОСОБЫ ИХ РАЗРУШЕНИЯ

Разработка горных пород и углей начинается с их разрушения и может осуществляться следующими способами:

- механическим, когда рабочие органы сосредоточенным силовым воздействием рабочего инструмента (как правило, клинообразной формы) непосредственно отделяют породу от массива. Энергоемкость способа

(расход энергии на единицу объема разрушенной породы) в зависимости от крепости породы, типа, размеров и крупности рабочего органа составляет 0,72...6,12 МДж/м³;

- гидравлическим, когда порода отделяется от массива напорной струей воды, подаваемой из гидромонитора, или когда порода со дна водоема вместе с водой всасывается земснарядом. Энергоемкость разрушения породы напорной струей составляет 1,44...14,4 МДж/м³, а при работе земснаряда она в 1,5...2 раза меньше (без учета транспортирования);

- взрывным, когда породы разрушаются под давлением газов, выделяемых при воспламенении взрывчатых веществ. Энергоемкость только бурения 1 м взрывной скважины составляет 14,4...36 МДж/м³.

Применяют и комбинированные способы разрушения, например когда основное рыхление породы производится рыхлителем, а окончательное рыхление и захват разрушенной породы осуществляются механической лопатой, погрузчиком, скрепером, бульдозером или земснарядом.

Наибольшее распространение получил механический способ разрушения породы – до 85 % всего объема горных и земляных работ.

Механический способ разрушения прочных пород при малой (до 5 м/с) скорости силового воздействия называется статическим, тогда как вибрационное, ударное, высокоскоростное и импульсное разрушения — динамическими. Сопротивление разработке и устойчивость горных пород как основания, на котором стоит горная машина, определяются их физико-механическими свойствами. Поэтому ознакомление с физико-механическими свойствами горных пород необходимо для знания теории их разрушения.

Физико-механическими свойствами горной породы называют совокупность свойств, из которых к физическим относят плотность, пористость, связность, липкость, пластичность, тепло- и электропроводность и другие, а к механическим — крепость, твердость, сопротивление вдавливанию, абразивность, разрыхляемость и другие, т. е. свойства, определяющие поведение горной породы в процессе деформации. Свойства пород изменяются в широких пределах, поэтому принято объединять породы в группы и категории с определенным диапазоном свойств и характеристик.

Применительно к открытой разработке все горные породы подразделяют на группы:

- скальные и полускальные в естественном их состоянии;
- разрушенные (искусственно или естественно) скальные и полускальные;
- плотные, мягкие (связные) и сыпучие.

Рассматривая горные породы как объект разработки, надо отметить следующие наиболее характерные их свойства.

Крепость — это сопротивление горной породы общему разрушению. Проф. М. М. Протодяконов составил шкалу крепости, разбив все горные породы на десять категорий с коэффициентами от $f = 20$ и более для I категории до $f = 0,3$ для X категории. Ориентировочно коэффициент

крепости f равен 0,1 предела прочности горной породы при одноосном сжатии $\sigma_{сж}$ (МПа). Хотя шкала крепости проф. М. М. Протодяконова получила широкое распространение в горном деле, однако она недостаточно полно отражает физико-механические свойства горных пород. Существуют также классификации горных пород, приспособленные для частных случаев ведения горных работ применительно к различным классам машин. Например, имеется классификация горных пород по буримости, определяющая скорость бурения в них скважины глубиной 1 м. Согласно этой классификации, породы делятся на одиннадцать категорий [34]. Твердость — способность породы оказывать сопротивление проникновению в нее другого, более твердого тела, не испытывающего при этом каких-либо остаточных деформаций. Твердость породы характеризуется сопротивлением ее поверхностного слоя воздействию внешней силы (например, бурового инструмента).

Замечено, что статическая твердость горных пород, получаемая в результате приложения статических сил, обычно на порядок выше, чем динамическая, что учитывается при создании бурильных и других машин, использующих эффект ударного и вибрационного воздействий на породу. Плотность γ (кг/м³ или т/м³) — отношение массы породы к ее объему при естественной влажности. Связность определяется сцеплением отдельных частиц породы между собой и характеризует ее способность сопротивляться их разделению. От связности зависят прочность породы и ее сопротивление сдвигу, деформации и разрушению.

Г р а н у л о м е т р и ч е с к и й с о с т а в — процентное содержание по массе частиц различной крупности (размера).

В горной породе по крупности куска различают:

- валуны и камни (220 мм и более);
- гальку и щебень (20—200 мм);
- гравий (2— 20 мм);
- песчаные фракции (до 2 мм).

У г о л е с т е с т в е н н о г о о т к о с а φ_0 — угол у основания конуса, который образуется при отсыпке разрыхленной породы с некоторой высоты (табл.1.1).

Таблица 1.1. Угол естественного откоса φ_0 , градус

Состояние породы	Песок			Гравий	Суглинок	Глина	Растительный слой	Торф	Скальная руда
	мелкий	средний	крупный						
Сухая	30	32	35	40	50	45	40	40	42
Влажная	25	28	30	40	40	35	35	25	42
Мокрая	20	25	27	35	30	15	25	14	42

Величина угла φ_0 зависит от категории, коэффициента внутреннего трения μ_2 , гранулометрического состава, связности и влажности породы. Для несвязных пород угол естественного откоса равен углу внутреннего трения

φ_2 . Устойчивость откоса будет обеспечена при нарушении сцепления между частицами породы, если

$$\mu_2 = \operatorname{tg} \varphi_2 > \operatorname{tg} \varphi_0$$

Коэффициент внутреннего трения породы $\mu_2 = 0,58 \dots 1,1$. Коэффициент трения породы о сталь μ_1 зависит от вида и состояния породы, а также от состояния поверхности стали и составляет $0,25 \dots 1,0$, уменьшаясь с повышением влажности и степени нарушения структуры породы. Между коэффициентами μ_1 и μ_2 имеется связь, определяемая зависимостью $\mu_1 \sim 0,75 \mu_2$.

Разрыхляемость — это отношение объема разрыхленной породы к первоначальному ее объему (в целике). Величина коэффициента разрыхления K_p зависит от категории породы, параметров рабочего органа (уменьшаясь с их увеличением) и изменяется в пределах $1,05 \dots 1,5$. Горные породы, слагающие массив, после рыхления взрывом в зависимости от степени связи между смежными кусками (связности) имеют следующие коэффициенты разрыхления:

- связанные $K_p = 1,02 \dots 1,5$;
- связно-сыпучие ($K_p = 1,2 \dots 1,3$);
- сыпучие ($K_p = 1,35 \dots 1,5$).

При транспортировании и многократной перевалке пород коэффициент их разрыхления обычно увеличивается и для сыпучих пород может достигать 1,7.

С о п р о т и в л е н и е п о р о д ы в д а в л и в а н и ю характеризуется коэффициентом сопротивления смятию ρ_0 (Н/см² или МПа/м), который определяется силой (Н), под действием которой стержень с опорной поверхностью торца 1 см² погрузится на 1 см.

Допустимые давления под опорными поверхностями ходовых устройств горных машин устанавливаются с учетом возможного их погружения на 6—12 см в грунт и характеризуются средним давлением па грунт $\rho_{\text{ср}}$ (МПа). Величины коэффициентов сопротивлений различных пород смятию ρ_0 в зависимости от категории породы изменяются от 2 Н/см² (2 МПа/м) для мокрой глины и рыхлого песка до 13 МПа/м для сухих мергеля и плотной глины.

Величины средних давлений ходовых частей машины на грунт могут достигать 0,5 МПа.

Абразивность — способность горной породы интенсивно изнашивать разрушающий ее инструмент. Вследствие износа нарушаются проектные условия взаимодействия машины с породой, существенно увеличиваются сопротивление породы копанию и энергоемкость разработки, возрастают нагрузки на машину. Поэтому при создании и эксплуатации горных машин обязательно должна приниматься во внимание абразивность.

Испытание на абразивность заключается в истирании эталонного стержня об естественную поверхность породного образца.

По величине показателя абразивности все прочные породы подразделяются на восемь классов: от весьма малоабразивных (известняки,

мрамор, апатит) до высокоабразивных и в высшей степени абразивных (граниты, диориты и корундосодержащие породы).

Трещиноватость — наличие в горных породах трещин, образуемых при разрыве внутренних связей в породном массиве. Трещины с линейными размерами 8...10 см определяют сопротивляемость пород бурению, измельчению в дробилках, выемке многоковшовыми экскаваторами, тогда как более протяженные трещины оказывают наиболее существенное влияние на выемку одноковшовыми экскаваторами, механическое рыхление и взрывное разрушение.

При двух последних видах разрушения происходит разделение горной породы на структурные отдельности (блоки, куски). В этом случае прочность породы в массиве C_m (по сцеплению) может оказаться на порядок меньше прочности породы в куске C_k . Снижение прочности породы в массиве характеризуется коэффициентом структурного ослабления λ , равным отношению C_m к C_k .

С о п р о т и в л е н и е р е з а н и ю — это способность горной породы сопротивляться механическому воздействию, вызывающему в ней совокупность напряжений сжатия, растяжения и сдвига, преодоление которых завершается разрушением породы и отделением от массива кусков или слоев. Сопротивление породы резанию условилось выразить через коэффициент сопротивления чистому резанию K_f (МПа), эквивалентному среднему давлению, которое развивается в зоне разрушения при воздействии усилия, приложенного через режущий элемент к поперечному сечению (m^2) отделяемой им стружки или пласта породы.

Величина K_f изменяется в широких пределах, так как зависит от режима работы, параметров рабочего органа и физико-механических свойств породы.

С о п р о т и в л е н и е к о п а н и ю является обобщенным сопротивлением, учитывающим сопротивления: резанию, продвижению горной массы в ковш при его заполнении и трения породы о ковш и ковша о породу.

КОПАНИЕ И РЕЗАНИЕ ГОРНЫХ ПОРОД

Большинство горных машин производит разрушение массива последовательным отделением стружки. Перемещение срезанной породы по рабочему органу, а также скопления породы перед ним вызывают в ряде случаев значительные усилия сопротивления на рабочем органе, подчас более высокие, чем собственно от разрушения.

Копание — процесс отделения породы от массива (или от штабеля) — включает в себя резание, перемещение отделенной породы по рабочему органу (в частности, в ковшах экскаваторов) и трение рабочего органа о породу.

Резание — процесс отделения стружки от массива режущей частью рабочего органа. Рабочий орган перемещается чаще всего в двух направлениях. Одно из них — главное движение, при котором происходит отделение стружки, а другое, при котором изменяется толщина (ширина)

стружки, является движением подачи. Скорость подачи значительно меньше скорости главного движения, а соотношение этих двух скоростей определяет траекторию движения рабочего органа.

В одних случаях лезвие рабочего органа сначала перемещается в глубь горной породы, а затем движется вперед для отделения стружки (струг, скрепер, бульдозер), а в других — эти два перемещения осуществляются в течение всего процесса резания или большей его части (экскаваторы, бурильные машины). Усилия и рациональные режимы чаще подбираются экспериментальным путем. Различают следующие условия резания: заблокированное, полусвободное (полублокированное) и свободное.

При заблокированном резании режущая часть рабочего органа разрушает породу передней и двумя боковыми режущими кромками, при полусвободном — передней и одной боковыми режущими кромками, при свободном — только передней режущей кромкой. Величина сопротивлений на рабочем органе при резании зависит от того, в каких условиях осуществляется резание. На практике чаще всего осуществляется полусвободное резание.

В общей технологии открытых горных работ при разработке месторождений, сложенных скальными породами, буровзрывные работы являются одним из основных производственных процессов. Цель бурения — создание в породном массиве скважин или шпуров. Объемы бурения взрывных скважин и шпуров в СССР достигли 50 млн. м в год. Бурение представляет собой трудоемкий и дорогостоящий процесс. Стоимость производства буровых работ на открытых разработках колеблется в пределах 16—36 % общей стоимости выемки 1 т горной массы. От качества рыхления горной массы зависят производительность погрузочного и транспортного оборудования, их долговечность и эффективность эксплуатации. Наибольшее распространение на открытых горных работах получил шарошечный способ бурения. Этим способом выполняется до 82,5 % всех объемов бурения, тогда как вращательным способом с режцовыми коронками — около 15,7% и ударным методом — до 1 %. Остальные 0,8% приходятся на термический и постепенно исчезающий ударно-канатный. В ближайшие годы предполагается некоторое сокращение доли шарошечного бурения вследствие развития ударно-вращательного способа бурения, тогда как доля вращательного бурения останется приблизительно постоянной. Перспективные планы развития отечественной буровой техники предусматривают создание станков шарошечного бурения диаметром до 400 мм; дальнейшее совершенствование автоматизации управления режимами бурения и вспомогательными операциями; увеличение скорости спуско-подъемных операций; осуществление бурения скважин глубиной до 18—24 м без наращивания буровых штанг; разработку стабилизаторов и амортизаторов; освоение новых типов шарошечных долот и дополнительных устройств к ним и более интенсивное применение многоцелевых станков, на которых могут быть использованы различные способы бурения (станки комбинированного бурения). Как показывает отечественный и зарубежный

опыт, с ростом вместимости ковша и параметров экскаватора целесообразно увеличивать диаметр взрывных скважин и их сетку.

В ближайшие годы можно ожидать создания станков для бурения взрывных скважин диаметром свыше 560 мм, что будет отвечать вместимости ковша экскаватора свыше 150—200 м³. Уже сегодня нет технических препятствий для создания таких машин. Однако одним из сдерживающих факторов является то, что скорость детонации ВВ заметно растет в скважинах диаметром приблизительно до 250 мм, а затем она не повышается в скважинах диаметром свыше 380 мм. С другой стороны, важное преимущество увеличения диаметра скважин — повышение эффективности взрывных работ за счет увеличения выхода взорванной массы с 1 м скважины и значительного сокращения удельных затрат на подготовку 1 м³ вскрыши. Шарошечный инструмент большего диаметра можно изготовить более прочным, с более долговечными подшипниками, хорошо воспринимающими ударные нагрузки. Такой инструмент позволяет реализовать большое давление на забой и крутящий момент, а также расположить первый ряд скважин на увеличенном от борта уступа расстоянии, что обеспечивает лучшие условия безопасности при работе и больший объем взорванной массы, приходящийся на 1 м скважины. В настоящее время на открытых разработках широко используют направленное бурение скважин параллельно откосу уступа, сокращающее удельный расход бурения и ВВ (приходящихся на 1 м³ взорванной массы) и улучшающее равномерность дробления массива. Станки для осуществления наклонного бурения скважин на карьерах, как правило, имеют увеличенную на 10—15% массу по сравнению со станками, предназначенными для бурения только вертикальных скважин, увеличенная масса необходима для создания достаточной силы сцепления между станком и почвой карьера. При этом также несколько усложняется зарядка скважин и повышается трудоемкость этого процесса. • В связи с ростом производственной мощности наиболее крупных разрезов до 50—60 млн. т угля в год и ведением вскрышных работ на таких предприятиях мощной высокопроизводительной горно-транспортной техникой с высокими линейными параметрами, значительное распространение получают уступы мощностью 25—40 м, для чего потребуются бурение наклонных скважин глубиной до 50—60 м при диаметре долота до 400 мм.

Основные параметры буровых станков — диаметр, глубина и угол наклона пробуриваемой скважины — характеризуют возможность геометрического расположения последней на уступе с целью размещения в ней взрывчатого вещества, получения оптимальной степени дробления горной массы, а также заданной геометрии развала. Типоразмеры станков, определяемые главным параметром — диаметром бурения, базируются на десятом ряде предпочтительных чисел и предусматриваются для бурения скважин диаметрами 100, 125, 160, 200, 250, 320 и 400 мм. Станки для бурения взрывных скважин на открытых горных работах, согласно ГОСТ 20078—74, должны изготавливаться следующих типов и параметров: СБШ —

станки вращательного бурения шарошечными долотами (шарошечного бурения) — пяти типоразмеров с номинальными диаметрами бурения от 160 до 400 мм при $f=6 \cdot 10^{-5}$; С БР — станки вращательного бурения резцовыми коронками двух типоразмеров с номинальными диаметрами бурения 125 и 160 мм при $f=2 \cdot 10^{-5}$; СБУ — станки ударно-вращательного бурения погружными пневмоударниками (пневмоударного бурения) — четырех типоразмеров с номинальными диаметрами бурения от 100 до 200 мм при $f=8 \cdot 10^{-5}$. В условное обозначение станка входят его тип, диаметр бурения в миллиметрах и глубина скважины в метрах, например станка СБШ-250-32 ГОСТ 20078—74; для тропического климата тот же станок обозначается как ЗСБШ-250А-32 (модель 3, модернизация А, ГОСТ 20078—74). Допускается изготовление станков с различными комбинациями способов бурения, однако основные параметры этих станков должны соответствовать ГОСТ 20078—74. Типоразмер комбинированного станка устанавливается по тому способу бурения, который является преобладающим (в наименовании станка указывается первым). Кроме упомянутых в ГОСТ 20078—74 типов станка на карьерах используются станки ударно-канатного бурения. Термические горелки (как инструмент) могут использоваться для расширения скважин (создания котлов) на станках комбинированного бурения.

3.2 КЛАССИФИКАЦИЯ БУРОВЫХ МАШИН

Буровые машины, применяемые на открытых разработках, классифицируются по:

- способу разрушения горной породы;
- способу приложения силовой нагрузки к буровому инструменту;
- способу удаления продуктов разрушения от забоя скважины;
- роду потребляемой энергии;
- способу расположения скважины; назначению.

По способу разрушения горной породы буровые машины подразделяются на осуществляющие механические и физические способы разрушения. К первым относят; машины ударно-вращательного и вращательного бурения шарошечными и резцовыми долотами, производящие разрушение горной породы инструментом в соответствии с прикладываемыми к нему силовыми нагрузками; ко вторым: машины термического, взрывного, гидравлического, электрогидравлического и ультразвукового бурения, воздействующие на горную породу через жидкую и газообразную среду.

Механический способ бурения скважин осуществляется за счет непосредственного воздействия рабочего инструмента на породу, при котором в последней возникают высокие напряжения, превышающие предел прочности минеральных образований и приводящие к разрушению породы в области контакта с инструментом. При термическом способе бурения разрушение (шелушение) пород происходит в результате нагрева забоя скважины сверхзвуковыми раскаленными струями и появления в породе термических напряжений, превышающих предел прочности минерального образования. Взрывное бурение (взрывобурение) может осуществляться с

помощью ампульных или твердых ВВ, а также струйным способом. Ампулы с жидкими компонентами ВВ (окислитель и горючее) периодически подаются к забою скважины по трубам с водой. Твердые заряды ВВ с детонатором накольного типа автоматически подаются через сопло взрывобура на забой. Удаление породы из скважины осуществляется сжатым воздухом. При струйном способе по специальным трубкам жидкий окислитель и горючее подаются из емкостей к дозирующим приспособлениям забойного взрывобура и непрерывно или прерывно инициируются взрывы. Разрушенная порода подхватывается восходящим воздушным потоком, образующимся при подаче сжатого воздуха в затрубное пространство. Гидравлический способ бурения осуществляется тонкой высоконапорной струей воды, подаваемой на забой со сверхзвуковой скоростью, однако с весьма высокими удельными затратами энергии. Разработаны новые физические способы бурения: электро- гидравлический, ультразвуковой и другие, которые, однако, пока не вышли из стадии экспериментов. Несмотря на создание и внедрение новых физических и комбинированных способов бурения, механическое разрушение горных пород при бурении, в первую очередь станками шарошечного бурения, остается определяющим. Но каждый из способов имеет свою область применения и поэтому не может быть полностью вытеснен другими.

По способу приложения силовой нагрузки к буровому инструменту буровые машины подразделяют следующим образом.

Машины ударного бурения осуществляют последовательные удары по забою инструментом. Постоянно приложенное осевое усилие при этом может вообще отсутствовать (станки ударно-канатного типа) или быть незначительным, но достаточным для удержания машины от отскока после удара по забою и обеспечения ее подачи по мере углубления скважины (перфораторы). Перед каждым следующим ударом (в момент отскока) инструмент поворачивается на некоторый угол (в ударно-канатных станках — благодаря упругим силам закручивания каната, в перфораторах — благодаря храповому механизму и геликоидальной паре), обеспечивая таким образом разрушение породы по всей площади забоя. Для поворота инструмента требуется небольшой крутящий момент (в силу чего эти машины, как правило, не имеют автономного вращателя).

Машины ударно-вращательного бурения имеют такой же механизм разрушения, как машины ударного бурения. Отличие состоит лишь в том, что при ударно-вращательном бурении инструмент непрерывно вращается вокруг своей оси, в то время как при ударном — вращение (поворот) инструмента происходит только в паузах между ударами. Порода разрушается в основном при внедрении лезвия инструмента под действием удара. Благодаря же вращению инструмента производится срезание породы, оставшейся в гребешках после удара. Если коронку не поворачивать, то после нескольких ударов поверхность соприкосновения лезвия с разрушенной породой настолько увеличится, что внедрение лезвия и

разрушение горной породы прекратятся. При ударно-вращательном бурении большая часть энергии расходуется на создание ударной нагрузки, меньшая — на вращение инструмента: осевое усилие прикладывается к инструменту только для нейтрализации сил отдачи, действующих на него в момент удара. Характерные признаки ударно-вращательного способа — большая ударная нагрузка, малые крутящий момент и осевое усилие. Ударно-вращательный способ бурения применяется по крепким, очень крепким и абразивным породам.

Машины вращательного бурения шарошечными долотами осуществляют последовательные удары зубьями (штырями) шарошки по забою, перекатывающейся внутри скважины за счет непрерывного вращения штанги со значительным моментом (тем большим, чем меньше крепость буримой породы) и при постоянном значительном осевом усилии подачи, необходимом для внедрения зубьев шарошки в породу. Внешне бурение протекает как вращательное. Однако зубья шарошки имеют кратковременный (ударный) контакт с забоем, в силу чего отсутствует фаза резания, характерная для вращательного бурения с использованием инструмента режущего типа.

Машины вращательного бурения резцовыми коронками осуществляют непрерывное срезание и скалывание породы коронкой, ось вращения которой совпадает с осью скважины. Одновременно коронка подается на забой вдоль оси скважины со значительным усилием. Каждый резец коронки при бурении перемещается по винтовой линии, срезая и скалывая породу передней гранью. Вращательное бурение применяют только по слабым углям и породам средней и ниже средней крепости. При крепких породах режущие кромки коронки не способны скалывать стружку значительной толщины и разрушают породу истиранием. При этих условиях работы резцы из металлокерамических, твердых сплавов быстро изнашиваются и скорость бурения падает. Производительно бурить скважины по крепким породам вращательным способом можно алмазными коронками (алмазное бурение), однако ввиду высокой стоимости и дефицитности алмазов (в том числе и искусственных) алмазные коронки используют только в специальных случаях. Существуют два вида вращательного бурения: сплошное и колонковое. В последнем случае коронка разрушает горную породу только в пределах кольцевой щели, а в середине остается керн, выдаваемый из скважины крупными кусками. При колонковом бурении поверхность контакта коронки с породой меньше и при той же силе подачи давления выше, чем при сплошном разбурировании. Вследствие этого бурение с керном успешно применяется и по породам большой крепости. Однако потери времени на подъем керна снижают среднюю скорость бурения, в связи с чем такой способ бурения на карьерах применяют только для проведения разведочных скважин.

По способу удаления продуктов разрушения от забоя буровые машины подразделяют на машины:

- с непрерывным удалением, осуществляемым сжатым воздухом или воздушно-водяной смесью (при шарошечном и пневмоударном, а в отдельных случаях и при вращательном бурении);

- парогазовой смесью (при термическом бурении) либо витыми штангами (шнеками) с одновременной подачей и сжатого воздуха, либо только шнеками (при вращательном бурении);

- с периодическим удалением шламовой смеси из скважины либо с помощью желонки (при ударноканатном способе бурения), либо с помощью желонки, заполняемых буровой мелочью продувкой скважины сжатым воздухом (при бурении глубоких скважин погружными пневмоударниками больших диаметров — 400—700 мм).

По роду потребляемой энергии буровые станки делят на электрические, тепловые (дизельные), пневматические и гидравлические.

Буровые машины с электроприводом получают питание для сетевого двигателя от линий электропередач. К тепловым относятся станки, работающие с приводом от дизеля. К буровым станкам с пневматическим (гидравлическим) приводом относят машины, получающие питание от автономных пневматических (гидравлических) сетей или компрессорных (насосных) станций.

По способу расположения скважины станки подразделяют на станки для бурения вертикальных, наклонных и горизонтальных скважин. По назначению буровые машины делятся на машины для бурения шпуров и небольших скважин (сверла ручные, а также колонковые и бурильные молотки) и для бурения скважин среднего и большого диаметра (буровые станки). Буровые машины, используемые на открытых горных разработках, классифицируют следующим образом. 1. Машины ударного бурения: пневматические бурильные молотки — перфораторы с зависимым вращателем бура; станки ударно-канатного бурения. 2. Машины вращательного бурения: станки вращательного бурения шарошечными долотами; станки вращательного бурения режущими коронками. 3. Машины ударно-вращательного бурения: станки с погружными пневмоударниками (пневмоударного бурения); перфораторы с независимым вращением бура и внескважинным ударником. 4. Станки комбинированного бурения (используют сочетания различных способов разрушения горных пород).

ТЕОРИЯ РАБОЧЕГО ПРОЦЕССА МАШИН ВРАЩАТЕЛЬНОГО БУРЕНИЯ ШАРОШЕЧНЫМИ ДОЛОТАМИ

Разрушение породы при шарошечном бурении происходит в результате перекатывания зубьев шарошек по забою (рис. 4.2). В момент касания зуба осевое усилие передается на породу соседними зубьями и частично конусом шарошки диаметром $O_{\text{ш}}$, через продукты разрушения. По мере перехода зуба A в вертикальное положение на него будет действовать почти линейно возрастающая сила P_i (МН), направленная вертикально вверх и находящаяся на расстоянии x от оси вращения шарошки. Сила воздействия на остальные зубья, например B , будет соответственно уменьшаться, и они прекратят

разрушение породы. Математическое описание действительного процесса перекачивания шарошки по породе, сопровождающегося разрушением последней, с учетом упругих деформаций породы и зубьев шарошки в силу значительной степени неопределенности протекания физических явлений весьма затруднительно. Поэтому воспользуемся упрощенной моделью процесса. Зубья шарошки периодически соприкасаются с породой, и под действием осевого усилия подачи $P_{ос}$ (МН) каждый из них внедряется на глубину h_a (м). Если долото имеет $2z$ шарошек, каждая из которых контактирует с забоем на длине L (м), то общая длина линий одновременного контакта зубьев долота с породой будет

Вследствие вторичного дробления уже отделенной от массива породы общая линия контакта зубьев шарошки еще более увеличится и приближенно может быть принята равной половине диаметра долота D_i (м). Глубину внедрения зубьев шарошки L_z (м) по аналогии с выражением (4.3) можно определить так:

Глубина внедрения зуба, а следовательно, и скорость бурения при прочих равных условиях возрастают с увеличением усилия подачи. Станки шарошечного бурения работают с осевыми усилиями подачи до 0,6 МН, выбираемыми в зависимости от диаметра скважины и крепости породы. Опытным путем установлено, что производительное бурение обеспечивается при удельной силе подачи 0,7 МН/м и более. Как правило, максимальные осевые давления на 1 м диаметра долота не превышает 1,8 МН/м.

4.3. ТЕОРИЯ РАБОЧЕГО ПРОЦЕССА МАШИН ВРАЩАТЕЛЬНОГО БУРЕНИЯ РЕЗЦОВЫМИ КОРОНКАМИ

При вращательном бурении порода разрушается под действием осевого усилия подачи $P_{ос}$ и крутящего момента, передаваемого станком резцовой коронке (рис. 4.3). При этом осевое усилие должно преодолеть сопротивление N_i породы внедрению торцовых площадок режущих лезвий коронки даже при их затуплении (участок aO_i), а крутящий момент должен превысить сопротивление сколу участков породы, прилегающих к передним режущим граням резца. Передняя грань инструмента сминает породу, в результате чего образуется ядро уплотнения A , состоящее из мелко раздробленной породы. Усилие на лезвии и потребляемая мощность при вращении инструмента в этот момент увеличиваются до максимума, после чего происходит скол объема $abcd$. При этом сопротивление породы и потребляемая мощность резко снижаются до минимума, а далее цикл разрушения повторяется. Если осевое усилие на инструменте недостаточно при большом затуплении режущих лезвий, то разрушение пород будет носить характер абразивного истирания. Эффективность разрушения при этом резко снижается. Расчеты режимных параметров бурения сводятся к определению значений осевого усилия $P_{ос}$ (кН), толщины стружки h_e (м), скорости бурения $v_{б.т}$ (м/мин) [см. выражение (8.2)] и частоты вращения шнека $P_{вр}$ (с⁻¹), при которой будет обеспечена транспортировка частиц породы из скважины. Предполагаем, что движение резца осуществляется по винтовой линии и резец — идеально жесткое тело. Вращаясь вокруг оси с

угловой скоростью штанги (шнека), резец подается на забой и при этом каждое его перо за один оборот срезает с торцовой поверхности скважины стружки.

ИНСТРУМЕНТ ДЛЯ БУРИЛЬНЫХ МОЛОТКОВ (ПЕРФОРАТОРОВ)

Комплект бурового инструмента состоит из тела бура — штанги 2 с хвостовиком 5 и коронки 1 (рис. 5.2). Различают буры сплошные и составные. У первых коронка (головка) откована заодно с телом бура (рис. 5.3, а, б), а у вторых — коронка съемная (рис. 5.3, в, г); для глубокого бурения тело бура изготовляют составным из отдельных вставок, соединяемых муфтами 4 (см. рис. 5.2).

Набор буров, необходимых для бурения шпуров определенной глубины, называется комплектом. В последний входит забурник длиной 0,5—0,8 м, несколько штанг, причем каждая последующая длиннее предыдущей на 0,3—0,7 м. Штанги бура для тяжелых колонковых перфораторов изготовляются в зависимости от диаметра длиной до 3—3,5 м. Сплошные буры, однако, могут иметь длину до 6,5 м.

Диаметр коронки самого последнего бура берется на 2—3 мм больше необходимого диаметра шпура (по диаметру патрона), а диаметр коронки каждого предыдущего бура — на 1—3 мм больше диаметра последующего. Суммарная длина составного бура может достигать 9 м. Буры изготовляют из пруткового стального профиля квадратного, шестигранного или круглого сечения диаметром 22; 25,4 и 32 мм. Шестигранные буры применяют на ручных и телескопных молотках, круглые — на колонковых.

Муфты для соединения штанги представляют собой трубы с внутренней резьбой. Бур по оси имеет канал, служащий для продувки или промывки шпура, а на конце — одинарную или сдвоенную (рис. 5.3, д) резьбу, позволяющую удлинять срок службы штанговой секции. Фирма «Ингерсолл-Ранд» выпускает штанги длиной до 4 м и диаметром около 40 мм, имеющие соединительную резьбу по всей ее длине (см. рис. 5.2), что позволяет эксплуатировать ее долго, обрезая концы штанги по мере появления в них существенных деформаций или износа.

Буровые коронки. При бурении пород с коэффициентом крепости $f > 8$ применяют съемные коронки, армированные металлокерамическими твердыми сплавами ВК-6, ВК-8, ВК-П и ВК-15, содержащими карбид вольфрама и кобальт. Цифра в марке твердого сплава указывает на содержание кобальта в процентах. Обычно для пород с $f > 12$ рекомендуется твердый сплав ВК-15, с $f = 10$ — ВК-8 и с $f < 10$ — ВК-8 и ВК-6. Армирование корпуса коронок пластинками твердого сплава или штырями (см. рис. 5.3, в, г) повышает их стойкость в 15—20 раз. Лезвие коронки затачивается под углом 90—120° в зависимости от крепости породы. Коронка с лезвием выдерживает до 10—15 заточек, при каждой из которых диаметр коронки Δ

Коронки для перфораторов и погружных пневмоударников бывают; а — с опережающим лезвием; б — четырехперая Δ -образная.

Наиболее широкое распространение получили. долотчатые (см. рис. 5.3, а) и крестовые (см. рис. 5.3,б) коронки диаметром до 65 и 85 мм соответственно для бурения монолитных и трещиноватых пород. Отверстие для промывки и продувки шпура у долотчатых коронок расположено на боковой грани лезвия, а у крестовых — в центре и на боковых гранях. В последние годы все шире применяют самозатачивающиеся коронки с плоским торцом, армированные цилиндрическими штырями со сферической рабочей поверхностью (см. рис. 5.3,г). При бурении корпус такой коронки изнашивается быстрее вставок, поэтому коронка остается работоспособной до полного износа последних.

Штыри требуют периодической их заточки для придания им закругленной формы и снятия с поверхности штырей усталостных трещин. Стойкость таких коронок составляет 1200—2500 м, что в 1,5—2 раза превышает стойкость трех- и четырехперых коронок при 10—15 их переточках. Коронки с опережающим лезвием (рис. 5.4,а) применяют для бурения скважин тяжелыми колонковыми молотками, а также перфораторами. Опережающие лезвия центрируют коронку и создают дополнительную плоскость обнажения, облегчающую работу боковых лезвий. По типу армирования коронок пластинками твердого сплава (П) или штырями (Ш) маркируются буровые коронки; долотчатые (КПД и КДШ), трехперые (КТП и КТШ), крестовые (ККП и ККШ), Х-образные (КХП и КХШ) и одноразового использования (КОШ). Корпус коронки изготавливается из углеродистой инструментальной стали У7А и У8А, а для буровых штанг помимо углеродистых сталей используют легированные стали 18ХГТ, 30ХГТ и 95ХМА, поверхностно закаливаемые токами высокой частоты. Коронки закрепляют на штанге бура с помощью резьбового или конусного соединения. Угол конусности обычно принимают равным $3,5^\circ$. Коронка в этом случае держится на штанге силами трения. В резьбовом соединении штанга должна упираться в дно коронки или ее торец, чтобы резьба не воспринимала ударов.

Шнеко в ы й б у р о в о й с т а в служит для передачи крутящего момента долоту, а также очистки скважины. Он состоит из секций, каждая из которых состоит из трубы с приваренной к ней спиралью 2 из полосовой стали и хвостовиков 3 и 4. Соединение секций (не имеющих продувки) между собой производится с помощью валиков, продаваемых сквозь отверстия хвостовиков. Аналогичным образом верхний шнек става соединяется с переходником шпинделя вращателя, а к нижней штанге присоединяется долото. Штанги для шнекопневматической очистки имеют сквозное внутреннее отверстие, резьбовое соединение и различную форму спирали. Для станков шнекового бурения в основном применяют три типа штанг диаметром по спирали от 107 до 155 мм, длиной от 1800 до 8190 мм и массой от 20 до 270 кг. Долговечность штанги до разрушения составляет 3—4 тыс. м (в зависимости от абразивности и крепости породы). Наружный диаметр D шнека для уменьшения трения о стенки скважины должен быть на 10 % меньше диаметра долота $f > k$. У штанг с продувкой сжатый воздух

подается не только к забою скважины, но и через радиальные отверстия в трубе штанги к межвитковому пространству шнека, что позволяет смещать буровую мелочь к периферии скважины — к зоне более интенсивного движения воздушного потока.

5.6. ИНСТРУМЕНТ ДЛЯ ТЕРМИЧЕСКОГО БУРЕНИЯ

Буровой снаряд станка комбинированного бурения состоит из горелки (термобура), неразборной буровой штанги и подводящего устройства. Термобур (рис. 5.14) состоит из камеры сгорания 1, представляющей собой цилиндр, закрытый снизу сопловой крышкой 2, а сверху — головкой 3 с завихрителем, чехла 4, навинчиваемого на нижний конец переходника 5 штанги, коронки 6 и гильзы 7, предохраняющей чехол от износа. Горючее в камеру 1 поступает через фильтр 8 и форсунку 9. Вода под давлением 0,3—0,9 МПа подается в пространство между камерой и чехлом, далее проходит по каналам к сопловой крышке, шайбе 10 и коронке, охлаждает их и выбрасывается в скважину. Б у р о в а я ш т а н г а служит для вращения горелки и транспортирования в ней рабочих компонентов и воды. Она изготавливается из секций труб, соединенных резьбой и сваренных между собой. Верхний конец штанги фланцем присоединяется

66

к приводу вращателя и заканчивается подводящим устройством (см. рис. 613). Внутри штанги проходят трубопроводы горючего и воды (или кислорода), а ее внутренняя полость служит для подачи сжатого воздуха (или воды). Внизу штанги на резьбе закреплен переходник, на который навинчивается горелка. Через переходник проходят трубопроводы, присоединяемые к соответствующим штуцерам термобура.

При ударно-вращательном бурении буровой машиной является погружной пневмоударник, в котором поршень совершает возвратно-поступательное движение и при рабочем ходе наносит удар по хвостовику бурового инструмента. Погружной пневмоударник выполняется без встроенного поворотного устройства, работает на сжатом воздухе или воздушно-водяной смеси, которая обеспечивает эффективное пылеподавление. Вращение и подача пневмоударника на забой осуществляется через штангу от установленных вне скважины вращателя и податчика. К числу основных факторов, определяющих эффективность бурения взрывных скважин погружными пневмоударниками относятся: величина энергии единичного удара поршня по буровому инструменту, частота ударов, геометрия разрушающего инструмента и физические свойства буримой породы.

Конструкция вращательно-подающего механизма (ВПМ) определяет принципиальные различия моделей станков (вне зависимости от их типа), диапазоны изменения частот вращения и подачи инструмента, величины осевых нагрузок, крутящих моментов, а также длительность вспомогательных операций по приведению бурового става в рабочее положение (свинчивание-развинчивание става) и его подъему после окончания бурения скважины. В зависимости от силовой схемы нагружения

става привод вращения может размещаться внизу (на платформе) или наверху (на подвижной каретке бурового става). По характеру нагружения штанги осевым усилием различают схемы с нижним приложением нагрузки (обычно осуществляемым патроном) и с верхним, действующим на всю длину штанги. В настоящее время как на отечественных, так и на зарубежных станках шарошечного бурения применяют ВПМ шпиндельного, патронного или роторного типа. Наиболее распространенным типом ВПМ являются шпиндельный с канатной или цепной системой подачи, а также комбинированный, состоящий из гидроцилиндров с канатной или цепной системой подачи. Вращатели всех буровых станков по принципу действия одинаковы и состоят из двигателя и редуктора.

Установки сухого пылеулавливания выполняют в основном по единому принципу действия. Они отличаются друг от друга формой пылеприемника и числом ступеней фильтров фильтрационной камеры. Типовая установка сухого пылеулавливания состоит из открытого пылеприемника 1

(рис. 6.11), прикрепленного к раме станка (под пылеприемником осаждаются крупные фракции бурового продукта — первая ступень очистки) и парного циклона 2 (вторая ступень очистки), после которого более крупные фракции падают в бункер 3, а тонкая пыль поступает в тканевые рукавные фильтры 4, в которых происходит окончательная очистка воздуха (третья ступень). Затем поток через вентилятор 5 выходит в атмосферу. Для периодической очистки внутренней поверхности рукавов служит механизм встряхивания, состоящий из электродвигателя 6, редуктора 7 и кулачков, воздействующих на рычаг 8, связанный с подвижной рамой 9 фильтра. Выпадающая из рукавов пыль собирается в двух бункерах 10. Управление встряхивателем — дистанционное из кабины машиниста. При включении встряхивающего устройства автоматически отключаются основные компрессоры и вентилятор, а через заданный промежуток времени — встряхиватель. При этом может быть включен привод вентилятора 11, а затем — приводы основных компрессоров. Контроль за работой установки осуществляют депрессиомерами (микроманометрами), установленными в кабине машиниста. При бурении крепких пород, если механическая скорость бурения не превышает 10—15 м/ч, вторая ступень очистки может быть отключена. Установка мокрого пылеподавления (см. рис. 5.7) предусматривает впрыскивание под давлением некоторого количества воды или мыльной эмульсии в трубопровод, подающий сжатый воздух к забою скважины через форсунки 6. Поднимаясь по затрубному пространству, воздушно-водяная смесь увлекает за собой частицы разбуренной породы и поднимает их в виде влажного шлама к устью скважины. Выходящая из скважины влажная порода воздушным потоком специального вентилятора сдувается в сторону от станка. Количество подаваемой в скважину воды регулируется вентилем из кабины машиниста. Закачка воды в водяную емкость осуществляется вихревым насосом. В зимнее время водяная система обогревается. Подача воздушно-водяной смеси к буровому ставу станка СБШ-250МНА-32 осуществляется через сальниковое устройство,

расположенное ниже опорного узла, а к ставу станка СБШ-320-36 — через опорный узел и два резиновых рукава, входящих в гирлянду вместе с электро- и маслопроводами.

К а с с е т и р у ю щ и е у с т р о й с т в а (к а с с е т ы) м е х а н и з м а п о д а ч и ш т а н г . Для хранения штанг и подачи их на ось бурения в процессе наращивания бурового става служат различные кассетирующие устройства. На станках шарошечного и шнекового бурения применяют кассеты секторного типа, тогда как на станках пневмоударного — барабанного. Емкость кассет секторного типа не превышает трех-четыре штанг, а барабанного — восьми. К а с с е т и р у ю щ е е у с т р о й с т в о с е к т о р н о г о т и п а (рис. 6.14, а) представляет собой трубу 1 с верхним 2 и нижним 3 секторами, в прорезях которых предусмотрены четыре гнезда для установки штанг. Ширина прорези соответствует ширине лыски на хвостовике штанги, что исключает проворот последней в кассете при отвинчивании от нее переходника. Для того чтобы извлечь штангу, ее следует приподнять так, чтобы круглая ее часть вышла из гнезда сектора. Кассета на осях установлена в кронштейнах 4 и 5, укрепленных болтами на мачте станка. В средней части труба 1 поддерживается люнетом 6. Между подшипниками люнета к трубе приварен кривошип 7, шарнирно соединенный со штоком гидроцилиндра 8 и служащий для поворота кассеты. При повороте кассеты вокруг вертикальной оси каждая из закрепленных в кассете штанг может быть последовательно установлена на оси шпинделя патрона и вертлюга (оси скважины). Для соединения штанги, находящейся в кассете, со штангой, зажатой в патроне, вращают шпиндель. После свинчивания штанг кассету отводят от патрона в обратном направлении. При этом свинченная штанга выходит из кассеты (прорезей секторов). Верхний конец штанги свинчивают с вертлюгом (см. рис. 6.12), после чего продолжают бурение. Кассетирующие устройства станков СБШ-250МНА-32 и СБШ-320-36 имеют аналогичный принцип действия при некоторых различиях в деталях конструктивных исполнений. К а с с е т и р у ю щ е е у с т р о й с т в о б а р а б а н н о г о т и п а (рис. 6.14, б) служит для размещения восьми 3-метровых буровых штанг и состоит из невращающейся оси 1, на которую надета поворотная часть, состоящая из трубы 2 с нижней плитой 3, поддерживающей опоры 4 и верхней обоймы 5. На нижней плите размещены шестигранники 6, навинченные на оси 7 и прижимаемые пружинами 8 к торцам фланцев 9. Буровые штанги устанавливаются в кассете вертикально и надеваются своими внутренними шестигранниками на шестигранники 6. При этом верхние концы штанг удерживаются пружинными захватами 10, а также обоймами 5 и тл. На нижнем конце оси 1 свободно посажено храповое колесо 12, в зацепление с которым входят собачки 13, жестко связанные с нижней плитой кассеты. Рычаг 14, соединенный с храповым колесом, имеет ролик 15, который при перемещении двумя гидроцилиндрами, укрепленными на мачте, на ось скважины и обратно взаимодействует с упорами на раме и поворачивает плиту 3 через собачки 13 на угол 45°. Плита удерживается от поворота шариковыми фиксаторами 16. М е х а н и з м с в и н ч и в а н и я (р

а з в и н ч и в а н и я) ш т а н г и д о л о т а служит для страгивания резьбовых соединений става, затянутых при бурении. Особенности расположения механизма на станке и последовательность его взаимодействия с кассетирующим устройством определяет конструкция ВПМ. Механизм свинчивания (развинчивания) обычно прикрепляется к нижней части мачты и представляет собой зажимное устройство и храповой механизм страгивания резьбы, приводимые в действие силовыми гидроцилиндрами. После страгивания резьбового соединения процесс развинчивания (свинчивания) осуществляется вращателем.

Пневматические системы (пневмосистемы) в общем случае осуществляют подачу сжатого воздуха к буровому ставу всех станков (за исключением шнековых) для продувки скважины, пневмодвигателю механизма подачи (станок СБУ-125-24), пневмоударнику и пневмоцилиндрам центратора и захвата штанг (станки типа СБУ), вибраторам и пневмоцилиндрам затворов пылеулавливающих установок. Питание пневмосистемы станка может осуществляться от собственных компрессоров, передвижных компрессорных станций или от карьерной пневмосети.

Пневмосистемы буровых станков комплектуют из стандартных элементов и узлов. Пневматическая схема станка 2СБШ-200Н (рис. 6.16) работает следующим образом. Воздух засасывается из атмосферы двумя компрессорами 1 и 2 через фильтры 3. Все цилиндры компрессора 2 (как первой, так и второй ступеней) работают параллельно, поскольку большего давления воздуха для очистки скважин не требуется, а увеличение количества воздуха существенно улучшает очистку скважины. В компрессоре 1 предусмотрены распределители 4 и 5, с помощью которых можно переключать компрессоры на работу по одно- или двухступенчатой схеме в зависимости от требуемого давления воздуха в пневмосистеме. Оба компрессора, а также воздухосборник 6 снабжены предохранительными клапанами 7 и 8, которые при работе по одноступенчатой схеме отрегулированы на давление 0,3 МПа, а при двухступенчатой — на давление 0,6 МПа. От компрессоров воздух через обратные клапаны 9 поступает в воздухосборник 6, также снабженный предохранительным клапаном 8, настроенным на давление 0,7 МПа. Из воздухосборника по магистрали воздух направляется к вертлюгу для очистки скважины (через регулятор 10 с электромагнитным управлением, а через электроуправляемые клапаны 11 и 12 соответственно — к тормозу вертлюга и цилиндру открывания затворов бункеров системы пылеулавливания. Часть воздуха от магистрали через распределители 13 и 14 с ручным управлением поступает соответственно к стеклоочистителю и по рукаву на обдув механизмов станка.

Гидравлические системы (гидросистемы) буровых станков предназначены для осуществления процесса бурения, проведения вспомогательных операций и обеспечивают: вращение бурового става, создание осевого усилия и перемещение бурового става вверх и вниз, свинчивание и развинчивание штанг и долота, подвод и отвод штанг в

кассету, разбор и наращивание бурового става, горизонтирование станка с помощью гидродомкратов, подъем и опускание мачты, перемещение элементов пылеулавливающей установки и бурового станка. Гидравлические системы различных буровых станков komponуются из стандартных элементов и узлов, используемых в объемном и силовом гидроприводе. Наиболее разветвленные гидравлические схемы присущи станкам шарошечного бурения, так как они имеют высокую степень механизации основных и вспомогательных операций при бурении. Гидравлическая схема шарошечного бурового станка СБШ-250МНА-32 (рис. 6.15) обеспечивает создание осевого усилия и перемещение бурового става вверх и вниз, свинчивание (развинчивание) штанг и долот, подвод и отвод штанг в кассету, разбор и наращивание бурового става, горизонтирование станка с помощью трех гидродомкратов, подъем и опускание мачты.

Ходовое оборудование буровых станков представляет собой опорно-несущую базу машины, предназначенную для установки машинного помещения с механизмами и рабочим оборудованием и восприятия усилий, возникающих на рабочем оборудовании в период его действия и при передвижении станка. Как опорная и несущая база станка ходовое оборудование должно воспринимать нагрузки от веса станка и реакции на рабочем оборудовании в процессе бурения, а также обеспечивать устойчивость станка в рабочем и транспортном положениях. Ходовое оборудование станка также должно обеспечивать его перемещение в транспортном положении от одного забоя к другому; маневрирование в процессе работы на уступе; преодоление подъемов пути при передвижении; габаритную проходимость как по дорогам и участкам работы «так и при перевозке по железной дороге или автотранспортом. На буровых станках применяют гусеничное и пневмоколесное ходовое оборудование. В соответствии с ГОСТ 20078—74 на буровые станки все типоразмеры станков имеют в основном гусеничное ходовое оборудование, за исключением станков СБУ-ЮОН (несамоходного на салазках) и СБУ-100П (на пневмоколесном ходовом оборудовании). Рассмотрим основные виды ходового оборудования. Гусеничное ходовое оборудование на всех моделях станков представляет собой самоходную двухгусеничную тележку с индивидуальным приводом на каждую гусеницу и с передачей крутящего момента от электро- или гидродвигателя к ведущей звездочке через редуктор и цепную или зубчатую передачу. На тяжелых станках шарошечного бурения используют унифицированное ходовое оборудование от карьерных лопат (см. 12.3). Кинематические схемы типовых ходовых устройств некоторых буровых станков рассмотрены в гл. 7. Пневмоколесное ходовое оборудование станка СБУ-100П представляет собой приводное индивидуальное шасси. В качестве ходового оборудования буровых машин может быть использовано также и автомобильное шасси. Более подробно пневмоколесное ходовое оборудование рассмотрено в четвертом разделе.

Пневматические бурильные молотки (перфораторы) предназначены для бурения шпуров в негабаритах и скважин в породах средней крепости и

крепких с использованием энергии удара для разрушения горной породы. Перфораторы ручные пневматические ПРЗОВ, ПРЗОВБ, ПРЗОВС, ПР27В, ПР27ВБ, ПР20В выпускаются по ГОСТ 10750—80. Буквы в обозначении марок перфораторов обозначают: П — перфоратор, Р — ручной, В — с виброгашением, Б — с боковой промывкой. С — с продувкой. Цифры означают: 30; 27; 20 — масса перфоратора в килограммах без учета массы виброгасящего устройства, глушителя шума и водяной коммуникации.

Перфораторы ПРЗОВ и ПРЗОВБ предназначены для бурения горизонтальных и наклонных шпуров в породах средней крепости и крепких, перфораторы ПР27В, ПР27ВБ и ПР20В — в породах средней крепости и мягких. Перфоратор ПРЗОВС предназначен для бурения нисходящих шпуров в обводненных условиях. Для очистки шпура в перфораторах ПРЗОВ, ПР27В и ПР20В предусмотрена центральная, а в перфораторах ПРЗОВБ и ПР27ВБ — боковая подача воды. Кроме этого, перфораторы имеют устройство кратковременной интенсивной продувки, в момент включения которого ударно-поворотный механизм не работает. Легкие ручные бурильные молотки рассчитаны на глубину бурения не более 2—5 м при диаметрах бурения 32—46 мм. Длина перфоратора без бура 0,6—0,9 м, частота ударов от 40 до 30 с⁻¹. Мощность перфораторов колеблется в пределах 1,5—2,4 кВт при номинальном рабочем давлении подаваемого к ним воздуха 0,5 МПа. Внутренние диаметры рукавов, подводящих к перфораторам воздух или воду, унифицированы и приняты соответственно равными 25 или 12,5 мм. Колонковые пневматические бурильные молотки, работающие с колонки или буровой тележки развивают большую энергию удара и повышенную скорость бурения. Они снабжены устройствами для подачи на забой, состоящими из направляющих, по которым передвигается молоток, и автоподатчика, производящего перемещение молотка. Автоподатчик выполняется винтом, поршневым или цепным. Масса колонковых перфораторов достигает 70 кг, энергия удара 90—150 Дж при частотах 26—47 с⁻¹, мощность молотка 2,8—6,3 кВт.

Станки буровые шарошечные (табл. 7.1) предназначены для бурения наклонных и вертикальных скважин диаметром 160—320 мм и глубиной до 32—60 м в породах с коэффициентом крепости $f=6-18$. Вместо выпускавшихся ранее станков первого поколения 2СБШ-200Н, 3СБШ-200Н, СБШ-250МН, БАШ-320 и других начали выпускать станки второго поколения: 3СБШ-200-60, 2СБШ-200-40; СБШ-250МНА-32, СБШ-250-20, СБШ-250-32, СБШ-250-55, отличающиеся повышенной глубиной бурения, наличием систем автоматического управления процессом бурения, позволяющих интенсифицировать частоту вращения инструмента и увеличить усилие его подачи, снижением затрат времени на вспомогательные операции, применением системы сухого бурения с мокрым пылеподавлением на восходящем потоке, что существенно повышает стойкость шарошечных долот и механическую скорость бурения и др. У станков второго поколения по ГОСТ 20078—74 принято в маркировке помимо диаметра скважины обозначать и глубину бурения в метрах. В соответствии с этим в табл. 7.1

наряду с использовавшейся до 1980 г. маркировкой станков первого поколения, приведенной в скобках, дана новая, в которой добавлены цифры, характеризующие глубину бурения. По массе Шс (т) и развиваемому осевому усилию P_{oc} (кН) станки шарошечного бурения подразделяют на три класса: легкие ($P_{с}^{40}$ т, $Y_{oc} < 200$ кН, диаметр скважины $\approx 215,9$ мм, рациональная область применения по буримости $Y_{б} = 8 \text{ ч} - 10$); средние ($P_{с}^{60}$ т, P_{oc}^{350} кН, $d_{с} = 215,94-269,9$ мм, $Y_{б} = 10-14$); тяжелые ($t_{с} > 85$ т, $P_{oc} > 350$ кН, $d_{с} > 269,9$ мм, $Pa = 14-18$). К станкам легкого класса относят снятые с производства, но еще эксплуатируемые на карьерах станки БСШ-2М, к станкам среднего класса — станки 2СБШ-200Н, 3СБШ-200Н, СБШ-250МН и их модификации второго поколения, к станкам тяжелого типа — станок СБШ-320-36. Намеченный к выпуску станок СБШ-400 предназначен для бурения вскрышных пород на угольных разрезах. Станки буровые шарошечные имеют следующие основные узлы: рабочий орган, ходовой механизм, гидро- и пневмосистемы, пылеулавливающую установку, машинное помещение, кабину машиниста с пультом управления и электрооборудование.

Ниже приводится описание основных узлов станков шарошечного бурения. Станок 2СБШ-200-32 (рис. 7.2) предназначен для бурения вертикальных и наклонных скважин на карьерах в породах средней крепости и крепких и является модернизированной моделью станка 2СБШ-200Н. Изменению подверглись конструкция ходового устройства, рама станка, редуктор лебедки подъема бурового става и механизм свинчивания долота. Ходовая часть станка взята от экскаватора Э-1252 и состоит из несущей рамы, платформы с двумя передними и одним задним гидродомкратами и двух гусениц с индивидуальными приводами. В передней части платформы установлен рабочий орган, смонтированный в мачте и осуществляющий основные операции бурового процесса; вращение и подачу бурового инструмента на забой, сборку и разборку бурового става. Вращательно-подающий механизм станка — патронного типа с нижним расположением вращателя. Мачта — сварная пространственная ферма, поднимающаяся в рабочее положение двумя гидродомкратами, может быть зафиксирована в наклонном положении для бурения. В нижней части мачты установлена коробка передач 1 привода вращателя (см. рис. 6.3) с электродвигателем М1 постоянного тока. Выходная шестерня 6 коробки передач снабжена шестигранным отверстием, в котором перемещается пустотелый шестигранный шпindel 5. Зажим штанги 7 осуществляется трехкулачковым гидропатроном 8. подача бурового инструмента на забой осуществляется двумя напорными гидроцилиндрами 3, штоки которых закреплены в траверсе гидропатрона, перемещаемой по двум направляющим трубам. Последние одним концом закреплены в расточках коробки передач, другим — в кронштейнах мачты. К передней плоскости мачты прикреплены направляющие швеллеры, по которым перемещается каретка вертлюга. При бурении через вертлюг (см. рис. 6.12) сжатый воздух подводится к

вращающимся штангам. Подъем става из скважины осуществляется с помощью каната 10 (см. рис. 6.3) и лебедки 11.

Кассетирующее устройство — секторного типа (см. рис. 6.14, а) — крепится на кронштейнах впереди мачты и допускает размещение четырех штанг диаметром 180 мм и длиной 8 м каждая. Свинчивание и развинчивание бурового става механизированы и осуществляются с помощью гидроцилиндров через храповой механизм. Гидросистема станка имеет поршневой насос, обслуживающий вспомогательные механизмы: гидроцилиндры подъема и опускания мачты, поворота кассеты, свинчивания штанг и гидродомкраты горизонтирования станка. Маслостанция с лопастным насосом обслуживает механизмы, обеспечивающие рабочие операции процесса бурения: непрерывную подачу бурового става на забой скважины, удержание зажима гидропатрона и подъем штанг на величину хода патрона в случае заклинивания става. Пневмосистема станка работает от винтового компрессора 6ВКМ.-25/8 подачей $0,417 \text{ м}^3/\text{с}$. Давление воздуха во всех звеньях контролируется шестью манометрами и регулируется дистанционно из кабины машиниста. Очистка воздуха, поступающего из скважины, от продуктов разрушения осуществляется сухим методом в рукавных фильтрах. Схема управления станком осуществляет два режима: «Ручные операции», позволяющие управлять главным электроприводом и гидросистемой при сборке и разборке бурового става, и «Бурение», обеспечивающее автоматический перехват патроном бурового става в процессе бурения скважины на глубину каждой штанги. Кабина машиниста оборудована приборами, показывающими значение тока нагрузки электродвигателей, частоту вращения бурового става, усилие его подачи на забой и механическую скорость бурения. Питание станка электроэнергией осуществляется от карьерной сети через передвижную понизительную трансформаторную подстанцию, от которой ток напряжением 380 В с помощью двух гибких кабелей подается через вводную коробку станка ко всем его потребителям, за исключением цепей освещения и отопления. Модели ЗСБШ-200-60 и 4СБШ-200-40 отличаются от 2СБШ-200-32 повышенной глубиной бурения и мощностью установленных электродвигателей, а также наличием тиристорного привода механизма вращателя (система ТП—Д), тиристорного управления приводом хода, кабельных барабанов и амортизаторов кабины машиниста, использованием электропривода вертлюга для одновременного свинчивания верхнего и нижнего концов буровой штанги при наращивании става; увеличенной подачей насоса гидропривода, что сокращает время холостого хода гидропатрона и горизонтирования станков. На раме станка (рис. 7.3) находится машинное отделение, в котором размещается основное оборудование: компрессор 1, маслонасосная станция 2, бак 3 и гидроаппаратура управления 4, установка пылеулавливания 5, водяной насос 6 с емкостью и трубопроводами, мачта 7, кассета S. В кабине 9 машиниста установлены пульты управления бурением 10 в ручном и автоматическом режиме и кресло 11 машиниста. В заднем отсеке 12 машинного отделения

находятся тиристорные преобразователи и электроаппаратура управления 13, а снаружи его расположены кабельный барабан 14 и гидродомкраты 15 выравнивания станка. Станки СБШ-200 всех моделей изготавливаются Бузулукским заводом тяжелого машиностроения им. В. В. Куйбышева. Станок СБШ-250МНА-32 (рис. 7.4) предназначен для бурения вертикальных и наклонных скважин в сухих и обводненных, а также трещиноватых породах. К основным конструктивным особенностям станка относятся: непрерывная подача бурового става на всю длину (8 м) штанги, наличие верхнего привода вращения бурового става, воздушно-водяная система пылеподавления при бурении, высокий уровень механизации операций по сборке и разборке бурового става. Станок серийно выпускается Воронежским заводом горно-обогатительного оборудования. Все узлы рабочего органа смонтированы в мачте. Основные из них — вращательно-подающий механизм, кассета со штангами, механизм развинчивания штанг, верхний ключ с гидроприводом. Мачта представляет собой сварную пространственную ферму, на верхней обвязке которой смонтирована опора блока механизма подачи, а на нижней установлены гидроцилиндры канатно-поршневой системы подачи и механизма развинчивания штанг и верхний ключ. Вдоль мачты идут направляющие для каретки вращателя и натяжной каретки гирлянды. Заваливание мачты осуществляется двумя гидроцилиндрами. При работе станок горизонтируется тремя домкратами. В рабочих положениях мачта закрепляется специальным механизмом, расположенным на консолях машинного отделения. Вращательно-подающий механизм шпиндельного типа (см. рис. 6.7) имеет канатно-поршневую подачу. Осевое давление долота на забой измеряется регулятором давления. При перегрузке двигателя вращателя происходит автоматическая разгрузка механизма подачи. Подвод электроэнергии к двигателю вращателя и подача воздушно-водяной смеси для продувки скважины выполняются с помощью гибкой гирлянды, в которой объединены кабель, воздушный и водяной рукава. Кассета секторного типа вмещает три штанги по 8 м. Свинчивание и развинчивание штанг и шарошечного долота осуществляются шпинделем. Гидравлическая схема станка (см. рис. 6.15) обеспечивает создание осевого усилия на долоте, перемещение бурового става, свинчивание и развинчивание штанг и долота, подвод и отвод штанг в кассету, разбор и наращивание бурового става, подъем и опускание мачты и горизонтирование станка на гидродомкратах. Управляют механизмами станка с трех пультов, основной из которых расположен в кабине машиниста. С этого пульта ведется управление процессом бурения и технологическими операциями, связанными с бурением. Второй пульт расположен в нижней части мачты и предназначен для дублирования управления некоторыми операциями. С третьего, выносного пульта управляют механизмом хода станка. Вместо станка СБШ-250МНА-32 заводами ВПО «Союзгор-маш» готовятся к производству четыре его модификации: СБШ-250-20 массой 75 т для бурения вертикальных скважин глубиной 20 м без наращивания штанг (с одним перехватом через 10 м); СБШ-250-32 массой 85 т — для бурения

наклонных скважин глубиной до 32 м (с перехватом через 11 м) с наращиванием двух штанг; СБШ-250-55 массой 85 т — для бурения наклонных скважин глубиной до 55 м (с перехватом через 10 м) с наращиванием четырех штанг, а также СБШ-250К-20 — станок комбинированного бурения скважин глубиной до 20 м без наращивания штанги с термическим расширителем котловой части скважины до диаметра 400 мм. Станки серии СБШ-250 второго поколения спроектированы в СКБ е г о , изготовлены на Воронежском заводе горно-обогатительного оборудования и унифицированы по ходовому оборудованию, основным механизмам и двигателям, а также имеют практически одинаковые скоростные и силовые характеристики, за исключением линейных размеров мачт. К основным конструктивным отличиям станков второго поколения следует отнести наличие: двух лебедок подачи с 3-кратной канатно-полиспастной системой; новых механизма страгивания и сепаратора, обеспечивающих полную механизацию вспомогательных операций по свинчиванию и развинчиванию бурового става; системы автоматизации режима бурения и горизонтирования станка; буровых штанг диаметром 219 мм вместо 200 мм, что увеличивает скорость потока в затрубном пространстве от 25 до 45 м/с и улучшает очистку скважины. Станок СБШ-320-36 (рис. 7.5) предназначен для бурения вертикальных скважин в породах с $\rho < 18$. Он смонтирован на гусеничном ходовом оборудовании с индивидуальным приводом тележек. При бурении станок устанавливается на четыре домкрата горизонтирования. Машинное отделение станка разделено внутренней перегородкой на две части: в передней утепленной размещаются электрические шкафы управления, маслonaсосная станция, блоки гидроаппаратуры, насосы для закачки воды в бак и орошения забоя и другое вспомогательное оборудование; в задней неутепленной — два винтовых компрессора. В нише хвостовой части станка находятся два кабельных барабана. С левой стороны станка расположена кабина машиниста, в которой имеются пульт управления, сиденье машиниста, обогреватель, шкафы и прочее оборудование. Кабина станка герметична и имеет противовибрационную защиту. Воздушно-водяная смесь для очистки скважины к опорному узлу подается по двум резиновым рукавам. Последние вместе с электрическими проводами и рукавом для подачи масла в фиксатор буровой головки собраны в гирлянду, провисающую между головкой бурового снаряда и стояком, закрепленным на мачте. По затрубному пространству частицы породы поднимаются к устью скважины. Здесь воздушно-водяной поток со штыбом отдувается от устья скважины поперечным потоком воздуха, поступающего от двух вентиляторов, установленных на раме гусеничных тележек. Мачта станка (рис. 7.6) представляет собой прямоугольную сварную пространственную ферму, в средней части которой закреплена ось 1 заваливания мачты относительно каркаса машинного отделения. В мачте размещено основное буровое оборудование станка: лебедка механизма подачи 2 и вращатель 3 бурового снаряда, оборудование 4 для свинчивания и развинчивания става, кассета 5, стояк с гирляндой 6. На

верхнем поясе мачты закреплены блоки 7 механизма подачи, а также грузовая электроталь. По боковым граням каркаса всей мачты расположены направляющие, в которых перемещается головка бурового снаряда. Вращатель — шпindelного типа — приводится от электродвигателя через редуктор (см. рис. 6.8), а подача става на забой производится с помощью двух канатных полиспастов от гидро- и электродвигателей через фрикционные лебедки. Гидравлическая система станка обеспечивает: подачу на забой бурового снаряда; свинчивание-развинчивание штанг и замену долота; управление кассетой при сборке и разборке бурового става; горизонтирование станка; подъем и заваливание мачты; натяжение гусеничных лент; управление тормозами лебедок подачи. Силовая подача бурового снаряда на забой производится только в режиме «Бурение». Все остальные операции выполняют в режиме «Вспомогательные операции». Питание оборудования станка электроэнергией осуществляется от карьерной сети переменного тока напряжением 380 В по двум гибким кабелям КРШК 3X120X1X35 мм², подсоединенным к кабельным барабанам. С токоъемных устройств кабельных барабанов напряжение подается на кабельный ввод и далее — в шкаф управления на вводный автоматический выключатель. Изготовитель станка СБШ-320-36 — Воронежский завод горно-обогатительного оборудования.

7.4. СТАНКИ ВРАЩАТЕЛЬНОГО БУРЕНИЯ • РЕЗЦОВЫМИ КОРОНКАМИ (СВР)

Станки вращательного бурения резцовыми коронками (табл. 7.2) применяют для бурения вертикальных и наклонных (до 60°) скважин диаметром до 200 мм глубиной до 30 (50) м в породах и углях с коэффициентом $f=6-8$ (Я б^б). Наиболее широкое распространение станки вращательного бурения, в частности гусеничные станки 2СБР-125-30, СВБ-2М и СБР-160А-24, находят на угольных разрезах.

Станок 2СБР-125-30 (рис. 7.7) на гусеничном ходу от станка СВБ-2М предназначен для направленного бурения скважин: резцовыми коронками со щечковой или шнековоздушной выдачей буровой мелочи по углю и породам с f^6 ; шарошечным инструментом с продувкой воздухом по породам с $f^1 0$; режуще-ударным инструментом с продувкой воздухом по породам с f^8 . При бурении шарошечным и пневмоударным инструментом используют гладкие штанги-трубы. Источником пневмоэнергии в этом случае является передвижная компрессорная станция, от которой по рукаву к станку подается сжатый воздух. Рабочий орган станка состоит из мачты 1 (см. рис. 7.7), вдоль направляющих 2 которой проходят двухрядные втулочнороликовые цепи 3 и перемещается вращательно-подающий механизм 4 (см. рис. 6.6). Верхние и нижние концы цепей прикреплены к основанию мачты через пружинные амортизаторы. Ведущие звездочки ВПМ при вращении перемещают его вдоль мачты. Внутри мачты размещена кассета 6 (см. рис. 7.7) на шесть штанг. В нижней части мачты смонтированы люнет, ключ и механизм очистки шнеков. На платформе располагается кабина машиниста 7, установка сухого пылеулавливания 5. Рабочий орган с помощью

гидроцилиндров может быть установлен под углом до 10° к горизонту. При бурении станок опирается на три гидродомкрата. Привод гусениц — индивидуальный от двухлопастных гидродвигателей ВЛГ-400 через цепную передачу на ведущую звездочку. Гидравлическая система питается от трех шестеренных насосов НШ-10 и включает в себя гидродвигатели вращателя, подачи, хода и вентилятора, а также гидроцилиндры подъема рабочего органа, подачи кассеты, отвинчивания штанг и домкраты горизонтирования станка. Станком можно управлять как из кабины машиниста, так и с выносного пульта. Буровой станок СВБ-2М предназначен для вращательного бурения вертикальных и наклонных скважин резцовыми коронками со шнековой подачей буровой мелочи в породах с $f < 6$. Несмотря на то что данная модель была спроектирована в 60-х годах, машина продолжает выпускаться и находит широкое применение на угольных разрезах. Буровой став приводится в движение от электродвигателя через соединительную муфту и двухступенчатый, двухскоростной редуктор, обеспечивающий частоты вращения шпинделя 2 и 3,3 с⁻¹. Гусеничный ходовой механизм и лебедка подъема вращателя работают от общего электродвигателя, движение от которого Рис. 7.7. Станок вращательного бурения 2СБР-125-30; / — мачта; 2 — направляющие; 3 — цепь подачи вращателя; 4 — вращатель; 5 — пылеулавливающая установка; 6 — кассета; 7 — кабина управления передается через упругую муфту с тормозом и двухступенчатый редуктор. Буровой став подается на забой при опускании под действием собственного веса вращателя, скользящего по направляющим трубам мачты, и отключении фрикциона лебедки подъема. При этом канат свободно сматывается с барабана. Дополнительное осевое усилие создается двумя гидроплунжерами. Станок не имеет наращивания бурового става.

Станок СБР-160А-24 предназначен для бурения вертикальных и наклонных скважин диаметром 160 мм в породах с $f < 6$ и состоит из следующих узлов: гусеничного хода, рамы с кузовом, мачты с рабочим органом, состоящим из вращателя, кассеты, механизма захвата и центризатора, а также механизма подачи, привод которого расположен вне мачты, гидро- и электросистем. Кинематическая схема станка СБР-160А-24 приведена на рис. 7.8. Вращатель состоит из трехскоростного электродвигателя М1, частота вращения которого регулируется переключением числа пар полюсов, двухступенчатого редуктора 2, в патрон 3 которого вставляется хвостовик бурового става 1. Вращатель перемещается по направляющим вдоль мачты.

Маневровая подача бурового става на забой и его подъем осуществляются канатно-нолиспастной системой, приводимой в действие через барабан 4 и редуктор 5 от асинхронного двигателя мощностью 30 кВт, а принудительная рабочая подача — от гидромотора мощностью 3,2 кВт. Очередность работы приводов лебедки регулируется с помощью электромагнитной муфты 6. На верхней обвязке мачты расположены блоки 7 подъема вращателя, а на нижней — вилка 8 гидроцилиндра, обеспечивающего фиксацию и удержание бурового става при его сборке и разборке, а также центризатор 9. В кассете 10 размещены две штанги (два

шнека). Захват и освобождение верхних концов штанг осуществляются гидрозажимами 11 вращателя. Центратор удерживает нижний конец верхнего шнека во время сборки и разборки става при наклонном бурении. Шнекоочиститель с приводом от электродвигателя смонтирован под вилкой. На станке использована ходовая тележка от экскаватора Э-303 с индивидуальным приводом гусениц 12 от электродвигателей М4 через трехступенчатые редукторы 13. При буксировании станка привод гусениц отсоединяется с помощью дисковых муфт. Гидросистема станка питается от лопастного насоса подачей 25 л/мин ($p=12,5$ МПа) и обслуживает гидродомкраты горизонтирования станка и гидроцилиндры 14 подъема и опускания мачты, а также гидроцилиндры механизмов перемещения штанг, их захвата и удержания при сборке и разборке бурового става. К станку может быть подсоединена компрессорная станция 15. Кузов станка состоит из сварной рамы, каркаса и кабины машиниста, в которой находятся аппаратура управления станком и рабочие места машиниста и его помощника. Станок СБР-200-50 (СБШК-200-50) (рис. 7.9) предназначен для комбинированного бурения вертикальных и наклонных скважин глубиной до 50 м на карьерах с породами, имеющими переменные физико-механические свойства и коэффициент крепости $f \leq 12$. Принципиально станок выполнен по схеме, характерной для станка шарошечного бурения. К станкам с вращательным способом бурения он отнесен по основному способу бурения. При бурении мягких пород ($f \leq 6$) на станке используют инструмент режущего типа, а транспортировка буровой мелочи из скважины при использовании гладких штанг осуществляется сжатым воздухом, при использовании же шнековых штанг — комбинированным способом: шнеками и сжатым воздухом. В отличие от станка шарошечного бурения СБШ-200 станок СБШК-200-50 имеет гидравлическую систему подачи бурового става на забой с автоматическим перехватом инструмента, а также гидравлические приводы вращателя, лебедки подъема, подачн кассеты и ходового оборудования, оснащенные высоко моментными регулируемые радиально-поршневыми гидромоторами. При бурении шарошечными долотами осуществляется воздушная продувка скважины. Станок комплектуют буровым ставом шнековых (диаметром 208 мм) и гладких (диаметром 168 мм) штанг длиной по 8 м, которые могут быть установлены в любой комбинации. В качестве исполнительного органа применяют режущие ДРВ-2 и шарошечные Т, ТК и СТ долота диаметром до 215,9 мм. Все станки серии СБР изготавливаются Карпинским машиностроительным заводом.

7.5. СТАНКИ УДАРНО-ВРАЩАТЕЛЬНОГО БУРЕНИЯ (СБУ)

Станки ударно-вращательного бурения (табл. 7.3) предназначены для проходки вертикальных и наклонных ($90—60^\circ$) скважин диаметром до 125 мм и глубиной до 35 м погружным пневмоударником в крепких и весьма крепких породах с коэффициентом крепости $f \geq 18$ и выше ($\gamma \geq 25$). В настоящее время на карьерах применяют станки ударно-вращательного бурения СБУ-1 ООИ-35, СБУ-1 ООП-35, СБУ-100Г-35, СБУ-125-24. Подготавливается к серийному производству станок СБУ-125У-52.

Техническая характеристика погружных пневмоударников, применяемых на станках ударно-вращательного бурения, приведена выше (см. табл. 6.1). Основными узлами станков ударно-вращательного бурения являются: рабочий орган с погружным пневмоударником, ходовое оборудование, несущая рама с гидродомкратами выравнивания, пульт управления, гидро- и пневмосистемы, электрооборудование и система пылеподавления.

Станок СБУ-100-35 (рис. 7.10) выпускается в трех модификациях с индексами: Г — гусеничный, П — самоходный пневмоколесный и Я — несамоходный на салазках. Основное различие модификаций станков СБУ-100-35 заключается в транспортных базах и системах пылеподавления; воздушно-водяная смесь для станка СБУ-100Н-35 и сухая инерционная с рукавными фильтрами для станков СБУ-100Г-35 и СБУ-100П-35. Унифицированы на всех моделях станков СБУ-100-35 конструкция рабочего органа, состоящего из вращателя, цилиндра подачи, направляющих (мачта) и бурового снаряда, шарнирно крепящегося к раме для осуществления наклонного бурения; схема питания сжатым воздухом — от передвижных компрессорных станций или карьерной пневмосети через автомасленку А2-20; ручные перестановка и перемещение штанг к месту хранения (стеллаж на раме станка емкостью 40 штанг). Спуско-подъемные операции осуществляются пнев-мопоршневым механизмом подачи (рис. 7.11), который представляет собой неподвижный цилиндр I диаметром 160 мм. Относительно последнего перемещается поршень со штоком 2 на величину хода до 1050 мм с усилием вниз до 6, вверх до 9 кН. Вращатель 3 связан со штоком 2 поршня, перемещается по трубчатым направляющим и состоит из асинхронного электродвигателя М1 и двухступенчатого планетарного редуктора (по схеме 2К-Н), на шпindelь которого навинчивается буровой снаряд 4 — штанга с пневмоударником. Базовая модель СБУ-100Г-35 (см. рис. 7.10) предназначена для бурения вертикальных и наклонных скважин диаметром 100—125 мм, глубиной до 35 м в породах с коэффициентом крепости $f=6-16$ (Я 6^{20}). Производительность по породам с $f = 12$ составляет до 36 м/смену. На станке используют буровые коронки К-Ю5К и К-125К и пневмоударники П-105К и П-125К (см. табл. 6.1). Ходовое оборудование станка (см. рис. 7.11) состоит из двух гусеничных тележек 8 с индивидуальным электроприводом М2 мощностью по 5,5 кВт. Управляют станком с выносного пульта. Станок СБУ-100П-35 является модификацией СБУ-100Г-35. Ходовая его часть — сварная рама, два борта и четыре ведущих колеса с пневмошинами. Привод каждого борта — через червячный редуктор и зубчатую передачу. Станок СБУ-100Н-35 — несамоходная машина. Мачту поднимают ручной лебедкой, а фиксируют ее в заданном положении с помощью металлического пальца. Для устойчивости станка в процессе бурения на салазки укладывают груз. Работой станка управляют дистанционно с пульта. Станок СБУ-125-24 имеет рабочий орган, состоящий из вращателя и цепного подающего механизма (см. рис. 6.5) бурового става, пневмоударника, кассеты, устройства для захвата штанг и центриатора.

Подвод сжатого воздуха к вращающемуся буровому стапу осуществляется от компрессора по гирлянвному воздуховоду. Мачта сварена из швеллеров, внутренние поверхности полок которых являются направляющими для плиты вращателя. Подъем и опускание мачты производятся гидроцилиндрами. В нижней части мачты на люнете установлен гидрозажим, который служит для удержания на весу бурового стапа во время спуско-подъемных операций. Здесь же расположен ключ с гидропатроном для разборки бурового стапа. Кассетирующее устройство станка барабанного типа (см. рис. 6.14, б) размещает в себе восемь штанг по 3 м. Станок оборудован трехступенчатой системой сухого пылеулавливания. Питание станка сжатым воздухом осуществляется от передвижной компрессорной станции. Ходовое оборудование станка и вращатель приводятся в действие от электродвигателей, подающий механизм — от пневмодвигателя, пылеулавливающая установка — от гидродвигателя. Гидросистема станка используется для выполнения вспомогательных операций: горизонтирования станка гидродомкратами, подъема и опускания мачты, свинчивания и развинчивания бурового стапа, подачи кассеты и перемещения каретки рукавных фильтров пылеулавливающей установки. Принципиальная схема гидросистемы во многом сходна с гидросхемами станков шарошечного бурения. Пневмосистема станка обслуживает механизм подачи, пневмоударник и ряд вспомогательных механизмов. Аппаратура управления станком размещена в трех пультах. Управление гусеничным ходом осуществляется с выносного пульта, расположенного в нише левого борта станка. Забуривание производят с дублирующего пункта, что позволяет вести визуальное наблюдение за процессом. Последовательность забуривания следующая: включение пылеулавливающей установки, подача воздуха в пневмоударник, включение правого вращения стапа и подача пневмоударника вниз. Пневмоударник (см. рис. 6.2) начинает работать при соприкосновении с забоем. Подача на забой и вращение пневмоударника вместе с коронкой выполняются механизмами вращения и подачи, установленными на станке. Станок СБУ-125У-52 (рис. 7.12) предназначен для выполнения работ по бурению взрывных скважин в отрезных щелях при погашении уступов. Отличительными особенностями станка СБУ-125У-52 по сравнению со станком СБУ-125-24 являются: гидравлический привод вращателя, обеспечивающий рациональные параметры бурения в широком диапазоне горных пород; полная механизация вспомогательных операций, снижающая непроизводительные затраты времени и облегчающая труд машиниста; возможность надвигания мачты станка вдоль ее продольной оси до упора в почву с помощью гидроцилиндра, что облегчает забуривание и бурение наклонных скважин. Питание станка сжатым воздухом может осуществляться от передвижных компрессорных станций подачей 10 или 25 м³/мин. Все станки серии СБУ изготавливают на Каштымском машиностроительном заводе им. М. И. Калинина.

7.6. СТАНКИ КОМБИНИРОВАННОГО БУРЕНИЯ

Станки комбинированного бурения являются универсальными машинами, предназначенными для бурения скважин в сложных горно-геологических условиях с перемежающимися породами различной крепости и структуры. На станках комбинированного бурения могут применяться различные сочетания способов бурения и удаления буровой мелочи, характерные для вращательного, ударно-вращательного и термического способов бурения. Так, бурение режущим и шарошечным инструментом применяют на станках СБ111К-200-50 (см. 5.3) и СБШ-250К-20, а термическое разбуривание котлов осуществляется на станке СБШ-250К-20. Станок СБШ-250К-20 (рис. 7.13) является гусеничной самоходной установкой, предназначенной для бурения вертикальных скважин диаметром 244,5 и 269,9 мм в породах с коэффициентом крепости <18 режущими, шарошечными или комбинированными долотами. Бурение скважины сначала ведется механическим способом, а затем ее заряжаемая часть расширяется до 400 мм термическим способом. При расширении продувка скважины осуществляется парогазовой смесью. Станок имеет основные конструктивные узлы, присущие станкам шарошечного бурения, а также оборудование, необходимое для разбуривания котла термическим способом. Удлиненная до 25 м мачта станка позволяет бурить скважины глубиной до 19,5 м без наращивания штанг. В мачте станка расположены: рабочий орган, вращатель, канатно-полиспастная система подачи с усилием до 350 кН, вертлюг, буровой став с долотом, механизм замены долота, подвески коммуникаций мачты и рабочего органа, установка обеспыливания и отдувки буровой мелочи от скважины. Подача става на забой и спуско-подъемные операции осуществляются двумя лебедками подачи с 2-кратной канатно-полиспастной системой. Рабочий орган — парогазорасширитель ПГР-3 — имеет свечу СР-65А дистанционного зажигания горелки. Вращатель бурового става патронного типа приводится в действие электродвигателем постоянного тока мощностью 60 кВт с регулированием частоты вращения долота (0,5—2,5 с⁻¹) в зависимости от одного или нескольких параметров бурения (например, осевого усилия). Станок оборудован винтовым компрессором ВК-И подачей 0,417 м³/с, применяемым для продувки скважины воздушно-водяной смесью при шарошечном способе бурения. При комбинированном способе бурения сжатый воздух от компрессора используется как окислитель. Системы питания горючим (до 140 кг/ч), водой (до 3 м³/ч) и окислителем (до 1500 м³/ч) подают рабочие компоненты к контрольным приборам кабины управления, далее — к вертлюгу, откуда они поступают по рукавам к входному коллектору бурового става на вращателе. Установленная мощность 19 электродвигателей станка составляет 432 кВт, из которых 200 кВт потребляет компрессор и 32 кВт — ходовое оборудование. Основные исполнительные механизмы станка обслуживаются объемным гидроприводом, в том числе лебедки подачи и подъема бурового снаряда, гидropатрон вращателя для зажима бурового става, гидроцилиндры заваливания мачты, домкраты горизонтирования станка и механизм замены долота. Масса станка 75 т, экипаж два человека. Станок СБШ-250К-20

изготавливается Воронежским заводом горно-обогатительного оборудования.

7.7. ШНЕКОБУРОВЫЕ МАШИНЫ Шнекобуровые машины (ШБМ) предназначены для выемки полезных ископаемых (главным образом угля) из горизонтальных и пологих тонких пластов мощностью до 1 м, а в отдельных случаях и более мощных, вскрывать которые на полную глубину оказывается экономически нецелесообразным. ШБМ выбуривают в пласте скважины (целики между которыми оставляют) и выдают уголь на поверхность шнеком. Пласты угля могут располагаться ниже дна разрезов на небольшой глубине или находиться за контуром карьерных полей после их отработки. Применение ШБМ уменьшает потери полезных ископаемых в недрах и позволяет организовать дополнительную добычу.

Одношпиндельная шнекобуровая машина ШБМ-500 с электрическим приводом предназначена для выемки полезного ископаемого из горизонтальных и пологопадающих пластов мощностью до 1,5 м выбуриванием режущей головкой и для транспортирования его с помощью шнека до места перегрузки на разгрузочный конвейер. Станок имеет шагающее гидравлическое устройство. Опытный образец ШБМ-500 изготовлен на Карпинском рудоремзаводе МУП СССР и проходит испытание на Моховском разрезе ВПО Кузбассуголь. Двухшпиндельная шнекобуровая машина ШБ-2 предназначена для выемки полезного ископаемого сдвоенными скважинами из пластов мощностью до 1,25 м и углом наклона по падению до 20° и по восстанию до 8°.

За рубежом буровые станки для открытых работ выпускают фирмы «Марион», «Бюсайрус-Ири», «Ингерсолл-Ранд», «Гарднер-Денвер» (США), «Атлас Копко» (Швеция) и др. Ими созданы станки шарошечного бурения вертикальных и наклонных скважин диаметром до 560 мм, станки для пневмоударного бурения скважин диаметром до 700 мм, двухшпиндельные станки для вращательного бурения горизонтальных скважин диаметром до 219 мм и машины для шнекобуровон выемки угля из тонких пластов мощностью до 2,13 м.

ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ РАБОТЕ БУРОВЫХ СТАНКОВ

К работе на буровом станке допускаются только лица, прошедшие специальное обучение, сдавшие техминимум, прошедшие стажировку на рабочем месте и получившие права на управление станком. Все работы на станке должны выполняться в строгом соответствии с требованиями «Правил техники безопасности при эксплуатации передвижных электроагрегатов» (ПТБ) и «Правил технической эксплуатации и обслуживания электроустановок промышленных предприятий» (ПТЭ). Машинисты станков и их помощники обязаны знать принцип действия и устройство машин, знать ПТБ и ПТЭ, должностные инструкции и руководствоваться ими в своей работе. Машинисты и их помощники проходят ежегодные испытания на знание правил безопасности. Испытание проводит комиссия из лиц технического надзора при обязательном участии инженера по технике безопасности. Машинист станка является ответственным за соблюдение

правил техники безопасности членами бригады в своей смене. Основные условия безопасной работы на буровых станках сводятся к следующему: перед запуском станка необходимо проверить техническое состояние машины согласно инструкции по эксплуатации. Работать можно только на исправном буровом станке; не допускается эксплуатация станка без заземлений корпусов электрооборудования; при установке станка на первый ряд скважин управление станком должно осуществляться дистанционно; при работе станок должен быть расположен перпендикулярно к бровке уступа на расстоянии от нее не менее 3 м. Последнее позволяет быстро отвести станок при появлении признаков обрушения уступа; вращающиеся части станков должны иметь ограждения; запрещается производить смазку и регулировку механизмов станка во время работы; все работы по монтажу, ремонту и ликвидации неисправностей должны производиться при полном отсутствии напряжения на станке; не допускается нахождение людей под мачтой при ее подъеме или опускании; перемещение станка на расстояние до 100 м разрешается производить с поднятой мачтой. Но если площадка плохо выровнена и имеет уклон более 5° или станок проходит вблизи линии электропередачи, то мачту необходимо опустить; спуск с уклонов, превышающий 12° , должен производиться при поддержке станка сзади тягачом; в непосредственной близости от работающего станка не должны находиться посторонние лица. Во время работы станка машинист должен находиться у рычагов управления, а во время кратковременных отлучек — поручать наблюдение за станком своему помощнику. Одновременная отлучка машиниста и помощника запрещается. При обслуживании станков комбинированного бурения наряду с общими правилами безопасности для всех типов станков необходимо соблюдать ряд положений, обусловленных особенностями их работы: кислород и горючее для станка не должны содержать воды; станки должны быть удалены друг от друга на расстояние не менее 50 м и не менее 25 м от других машин; запрещается смазывать узлы кислородной магистрали материалами, содержащими жирные вещества; категорически запрещается осматривать, измерять скважины в радиусе 25 м от работающего станка и ранее чем через 12 ч после бурения; во время работы станка нельзя проводить сварочные и автогенные работы в радиусе 25 м.

Общин сведения и классификация горных машин ОГР

Основными технологическими операциями при разработке месторождений полезных ископаемых открытым способом являются: подготовка горной массы к выемке, выемочно-погрузочные работы, транспортирование горной массы и отвалообразование. Подготовка горной массы к выемке. При разработке рыхлых пород применяются невзрывные способы подготовки: осушение, оттаивание, утепление, увлажнение, механические рыхления и управляемое обрушение горных пород. При

разработке скальных, полускальных и мерзлых горных пород используются буровзрывные работы. При проектировании БВР последовательно решаются следующие вопросы:

- выбор вида бурения, диаметра скважин, типоразмера бурового станка, типа ВВ и СВ;
- расчет линии сопротивления по подошве (ЛСПП) и сетки скважин;
- определение параметров взрывной скважины, ее заряда;
- расчет параметров взрываемого блока;
- выбор схемы взрывания блока с учетом предполагаемого направления взрыва и обеспечение хорошего гранулометрического состава взорванной горной массы;
- расчет выхода горной массы с 1 м скважины, общего объема бурения и необходимого количества бурового оборудования;
- определение состава и показателей вспомогательных процессов при БВР.

Выемочно-погрузочные работы.

Выемочно-погрузочное оборудование определяет структуру комплексной механизации и эффективность работы горно-добывающего предприятия в целом. Проектирование выемочно-погрузочных работ предусматривает:

- выбор номенклатуры оборудования и конкретных моделей;
- расчет параметров забоев выемочно-погрузочных машин;
- определение производительности и необходимого количества погрузочного оборудования.

Транспортирование горной массы.

Проектирование карьерного транспорта предусматривает решение следующих задач:

- выбор и обоснование вида транспорта и транспортных сосудов;
- выбор и обоснование схемы работы транспорта на рабочем горизонте (схемы маневрирования и подачи транспортных средств к погрузочному оборудованию);
- расчет производительности транспортной единицы (локомотивосостава, самосвала), конвейера и необходимого количества транспортных средств;
- определение ограничивающего перегона и проверка его возможностей обеспечения производительности карьера по полезному ископаемому и горной массы;
- учет требований техники безопасности;
- создание условий эффективной эксплуатации транспортных средств.

Отвалообразование.

При внешнем отвалообразовании в зависимости от принятых средств механизации (экскаваторные, бульдозерные и т.п.) проектирование сводится к решению следующих задач:

□ определение вместимости и высоты отвалов (при ограниченной площади) или площади (при ограниченной по физико-механическим свойствам пород высоты);

□ расчет параметров, приемной способности и количества отвальных тупиков при железнодорожном транспорте и экскаваторном отвалообразовании или отвальных участков при автомобильном транспорте и бульдозерном отвалообразовании;

□ расчет объемов бульдозерных работ и бульдозерного оборудования.

При внутреннем отвалообразовании расчеты тесно связаны с выбором и обоснованием системы разработки. Решаются следующие задачи:

□ выбор и обоснование вскрышного оборудования;

□ расчет параметров вскрышной и отвальной находок на основе обеспечения их равенства по ширине и площади;

□ выбор и обоснование добычного оборудования на основе обеспечения равенства ширины вскрышной и добычной заходок, а также скорости продвижения вскрышного и добычного забоя.

При заданной производительности по полезному ископаемому проектирование целесообразно начинать с выбора и обоснования добычного оборудования с последующим обеспечением добычных работ вскрышным и отвальным оборудованием.

При разработке месторождений следует стремиться к комплексной механизации горных работ. Цель комплексной механизации заключается в получении наилучших технико-экономических показателей разработки. Для этого необходимо, чтобы механизация была не только комплексной, но и комплектной. Под комплектностью механизации понимается соответствие оборудования в смежных технологических процессах рабочим параметрам, производительности и режиму работы. По мере физического и морального износа отдельных машин и механизмов должно предусматриваться обновление их парка более эффективными современными машинами. Для мощных горно-добывающих предприятий неизбежны периодические реконструкции, при которых может полностью меняться схема комплексной механизации, а, значит, и комплект машин. Механизация и организация работ на глубоких карьерах и предприятиях по добыче строительных материалов развивается на основе внедрения поточной и циклично-поточной технологии, при которых обеспечиваются наиболее высокие технико-экономические показатели разработки. Конкурирующие структуры комплексной механизации сравниваются по стоимости и трудоемкости производства, удельным капитальным затратам, металлоемкости и энергоемкости. Любая структура комплексной механизации должна полностью удовлетворять требованиям безопасности производства горных работ, полноты извлечения запасов полезного ископаемого из недр, обеспечения требуемого качества продукции и комплексного использования видов и сортов полезного ископаемого на карьере. В случаях решающего значения распределения вскрышных пород применяют критерий наименьшего среднего от начала разработки коэффициента вскрыши. При

разработке комплексных месторождений критерием является коэффициент добычи. При разработке месторождений строительных горных пород в качестве критерия определения направления развития горных работ могут выступать химический состав (цементное сырье), физико-механические свойства (щебень).

Современная классификация машин для ОГР по роду выполняемой работы (технологический признак) различает машины и оборудование, применяющееся на открытых горных работах:

- машины для подготовки горных пород к выемке;
- выемочно-погрузочные машины;
- выемочно-транспортирующие машины;
- транспортные машины;
- отвалообразующие машины;
- сортировочно-обогащительные машины;
- машины гидромеханизации;

машины для вспомогательных работ.

Каждая из перечисленных групп имеет свою внутреннюю классификацию. Различают также по виду потребляемой энергии, компоновке, исполнению отдельных узлов, механизмам перемещения, конструктивным и технологическим параметрам.

Общее устройство ГМ:

- рабочие органы – непосредственно воздействуют на горные породы (ковш, плуг, лента, долото, резцы, и т.п.);
- исполнительные органы – передают рабочему органу необходимые движения и усилия (механизмы подачи, напора, вращения и др.);
- силовое оборудование - (электропривод, ДВС, гидропривод, комбинированные);
- передаточные механизмы: редуктор, трансмиссия, передачи. - служат для трансформации при передачи энергии от привода к исполнительным органам;
- несущая конструкция (рама, мост, ферма)-придает прочность машине, предохраняет от поломок от действия нагрузок при эксплуатации и служит основой для крепления всех механизмов;
- механизм перемещения – для перемещения машины (типы далее);
- средства автоматизации и управления – для включения-выключения, регулирования рабочих параметров и режимов, обеспечения безопасности.

ЛЕКЦИЯ 3

МАШИНЫ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ ГОРНЫХ ПОРОД К ВЫЕМКЕ

Подготовительные работы включают в себя:

- очистку производственной площадки (удаление древесно-кустарниковой растительности, валунов, корчевка пней и др.);
- разбивку трассы с указанием мест выездов бульдозеров из траншеи (с площадки), мест разворотов, размещения отвалов и др.;

• Разрыхление горных пород рыхлителями, буровзрывным способом. Работы по уборке породы состоят из процессов резания и копания, набора призмы волочения и перемещения породы за пределы выработки.

Применяются машины для подготовительных работ: рыхлители, корчеватели, кусторезы, гидро- и пневмо- молоты, буровые машины.

- Способы бурения горных пород.
- Классификация и индексация буровых машин.
- Теория разрушения пород вращательным, ударным, ударно- вращательным и термическим бурением.
- Рабочие механизмы буровых станков.
- Конструкция и область применения станков.
- Буровой инструмент.
- Техничко-экономические показатели буровых станков.
- Расчет производительности.

Назначение, классификация (Рис.1), режимы работы и основные параметры буровых станков. Различают станки по:

- способу разрушения ГП: механический, термический, взрывной, гидравлический, комбинированный);
- роду потребляемой энергии (электрические, тепловые, гидравлические и пневматические);
- способу приложения силовой нагрузки к буровому инструменту (ударное, ударновращательное, вращательное (различают шарошечными долотами, резцовыми коронками);
- способу удаления продуктов разрушения (непрерывное и периодическое);
- способу расположения скважины (вертикальные, наклонные и горизонтальные);
- назначению (для взрывных скважин, размещения котловых зарядов, изучения залегающих пород, строительного назначения и др.).

Различают также по:

- компоновке;
- исполнению отдельных узлов (ВПМ вращ.-под. механизм; их расположению - в верхней и в нижней части; торцевая, патронная (шпиндельная) и роторная);
- механизмам перемещения (подачи): гравитационные, зубчаточеременные, канатные, поршневые (гидравлические и пневматические), цепные и комбинированные;
- конструктивным и технологическим параметрам.

Общие технические требования к станкам для бурения взрывных скважин ГОСТ 26698-85 устанавливает три подгруппы станков :

- СБШ (шарошечное бурение) - Станки вращательного бурения шарошечными долотами с очисткой скважины воздухом пяти типоразмеров (160, 200, 250, 320 и 400 мм) для пород с $f=6\dots18$.

- СБУ (пневмо-ударное бурение) - Ударно-вращательное бурение погружными пневмоударниками с очисткой скважины воздухом четырех типоразмеров (100, 125, 160 и 200мм) для пород с $f=6\dots18$.

- СБР (шнековое бурение) - Вращательного бурения резцовыми коронками с очисткой скважины шнеком двух типоразмеров (160 и 200мм) с $f \leq 6$. ГОСТ предусматривает один типоразмер станка термического бурения.

Стандарт предусматривает глубину бурения с наращиванием и без наращивания бурового става СБШ до 36 и 55м не менее 20м, СБР -24 и 32м до 15м СБУ 32 и 52м не менее 18м. ГОСТ не включает станки ударно-канатного бурения СКБ.

Современные станки вращательного бурения в состоянии осуществлять бурение взрывных скважин несколькими способами:

- шарошечными долотами с удалением буровой мелочи из скважины сжатым воздухом;

- режущими долотами с удалением буровой мелочи из скважины шнеком или сжатым воздухом;

- ударно-вращательным способом погружными пневмоударниками, без каких-либо существенных изменений конструкции станков, если последние оснащаются компрессорами высокого давления, необходимого для работы погружного пневмоударника (от 0,9 до 2,4 МПа).

Основные параметры буровых станков — диаметр, глубина и угол наклона скважины — характеризуют возможность геометрического расположения последней на уступе с целью размещения в ней взрывчатого вещества, получения оптимальной степени дробления горной массы, а также заданной геометрии развала взрываемого блока [1, 2].

В настоящее время производство станков шарошечного бурения в РФ сосредоточено в основном на ОАО «Бузулукский завод тяжелого машиностроения» (БЗТМ) г. Бузулук, УГМК «Рудгормаш» г. Воронеж и ОАО «Ижорские заводы» г. Санкт-Петербург.

Станок ЗСБШ-200-60 имеет нижний привод вращения бурового става, патронную подачу, малоопорную гусеничную ходовую часть с встроенными редукторами, мачту с открытой передней гранью, в которой размещена кассета со штангами. Низкое позиционирование патрона по отношению к платформе и его подача с помощью гидроцилиндров снижают динамику воздействий реактивных сил на металлоконструкции станка, возникающих при бурении, позволяют интенсифицировать режимы бурения (усилия подачи и частоты вращения инструмента). Патронная подача требует перехвата штанги через каждый метр, снижает его техническую скорость бурения, оказался единственной в России моделью, при работе которой были получены устойчивые результаты при бурении наклонных скважин на глубину 40–55 м, и им были установлены рекорды бурения за смену — 952 м

[3]. Годовая производительность станка достигала 1,9 млн м³ подготовленной горной массы. высокой цене, например, станка ЗСБШ-200 60 порядка 18 млн руб. (без НДС), морально устаревшая машина конкурентной борьбы не выдерживает.

Буровые станки на карьерах предназначены для бурения взрывных скважин с целью отбойки руды. Под скважиной понимается цилиндрическое углубление (выработка) в горном массиве диаметром более 75мм. и любой глубины или любого диаметра, но глубиной более 5м.

Применение рациональных для данных условий типов буровых станков позволяет существенно повысить производительность процесса бурения и улучшить условия труда бурильщиков. Станки шарошечного бурения (СБШ) применяются для открытых горных разработок. Принцип шарошечного бурения заключается в следующем: от станка через буровой став шарошечному долоту, передаются крутящий момент и осевое усилие. При вращении шарошки (конусы или цилиндры с зубками), свободно сидящие на осях цапф долота, перекатываются по забою, при этом зубки внедряются в породу и разрушают ее.

Удаление продуктов разрушения с забоя скважины производят сжатым воздухом или водой, поступающими к забою через буровой став.

Станки шарошечного бурения для открытых горных работ состоят из следующих основных узлов: ходовой базы (гусеничный), мачты, машинного отделения и кабины машиниста.

Все серийно выпускаемые отечественные станки имеют гусеничный ход. Мачты бывают открытые и закрытые. Они могут иметь центральное или консольное расположение. При консольном расположении мачты для создания осевого усилия используется всего 50-60 % массы станка (при центральном - до 80%), но такое расположение мачты позволяет бурить скважины вблизи борта уступа.

Все отечественные станки имеют закрытый тип мачты и консольное расположение. Для выполнения операций по обуриванию забоя станки имеют механизмы для перемещения станка, установки его в рабочее положение (горизонтирование), подъема и опускания мачты, вращения бурового става, создания осевого усилия, спуска и подъема бурового става, его наращивания и разборки.

Имеются также системы очистки забоя скважины, пылеподавления и кондиционирования.

Шарошечные станки, выпускаемые до 1 января 1988 г., должны иметь основные показатели технического уровня и качества, приведенные ниже.

Условный диаметр скважины, мм.....	200	250
Глубина бурения вертикальных скважин, м, не менее....	32; 40	35; 55
Угол наклона скважин к вертикали, градус.....	0; 15; 30	Ресурс
до первого капитального ремонта, ч, не менее.....	11 000	

В настоящее время выпускается шесть типоразмеров станков шарошечного бурения. Выбор данных типов СБШ обоснован преимуществами шарошечного бурения: высокая скорость бурения,

возможность бурения вертикальных и наклонных скважин большого диаметра на значительную глубину в породах с различными свойствами.

Описание конструкций буровых станков:

Станок СБШ-250-32МН смонтирован на гусеничном ходу типа УГ60М. Раму станка устанавливают на поперечных балках гусеничной тележки. На раме размещены основные механизмы.

Мачта станка покоится на двух опорах. Она опускается в транспортное положение с помощью механизма заваливания. Для надежного крепления при транспортировании мачта прижимается к двум опорам с помощью троса с натяжным винтом.

В машинном отделении станка размещены маслонасосная станция, насос для закачки воды, насос для орошения забоя.

Станок имеет винтовой компрессор 6ВК.М -25/8. Для хранения запаса воды в передней части станка имеется емкость объемом 2,7 м³ с электрическим подогревом. С левой стороны станка находится кабина управления механизмами, которая оборудована кондиционером для улучшения санитарно-гигиенических условий труда оператора. Раму станка при бурении вывешивают на трех домкратах. С задним домкратом блокируют гидроцилиндр подъема вентилятора, который воздушной струей отбрасывает буровой шлам, выходящий из скважины от станка.

Каркас мачты представляет собой пространственную ферму, внутри которой размещены вращатель с буровым снарядом, сепаратор с буровыми штангами, механизм подачи, механизм свинчивания и разборки бурового снаряда, приспособление для наклонного бурения и другое оборудование.

Станок снабжен наддолотным влагоотделителем для разделения водовоздушной смеси. На верхней обвязке мачты установлены опоры блоков механизма подачи с блоком троса натяжной каретки гирлянды.

На нижней обвязке мачты смонтированы два гидроцилиндра механизма подачи, механизм развинчивания штанг и верхний ключ. К средней обвязке прикреплены полуоси, на которых поворачивается мачта. К задней стороне мачты крепят на подшипниковых опорах сепаратор.

Вдоль всей мачты проходят направляющие, по которым перемещают вращатель и натяжную каретку гирлянды. Механизм подачи состоит из двух гидроцилиндров и двух четырехкратных канатно-полиспастных систем. При ходе штока цилиндра 2 м ход бурового снаряда равен 8 м, т. е. длине штанги. Натяжение гирлянды осуществляют кареткой и двукратной канатно-полиспастной системой.

Вращатель бурового снаряда состоит из электродвигателя постоянного тока ДПВ-52 с независимым возбуждением мощностью 60 кВт, вентиляционной установки для охлаждения электродвигателя и двухступенчатого редуктора с передаточным числом 11,05.

Вращение от электродвигателя постоянного тока через зубчатую муфту и шлицевой вал передается входному валу двухступенчатого редуктора. От входного вала последнего вращение получает шинно-шлицевая муфта, служащая для предохранения электродвигателя и редуктора от вибрации.

Через опорный узел на вращающийся буровой снаряд передаётся осевое усилие от нижних канатов механизма подачи, закрепленных на ползунах опорного узла. Каретки вращателя движутся по направляющим мачты.

Опорный узел в свою очередь, может перемещаться относительно кареток. Электродвигатель с редуктором и блоком подвешен на канатах. Каретка вращателя через полиспадную систему соединена со штоком одного из гидроцилиндров подачи.

Связь электродвигателя с опорным узлом осуществляется только через зубчатую муфту и канаты. Ниже опорного узла расположено сальниковое устройство для подачи водовоздушной смеси в буровой став. Канатно-полиспадная система обеспечивает непрерывную подачу вращателя на длину штанги (8 м) при ходе поршня, равном 2 м, и состоит из верхних и нижних канатов, концы которых соединены с кареткой вращателя.

При движении штоков цилиндров вверх происходит натяжение нижних канатов и вращатель движется вниз. При опускании штоков натягиваются верхние канаты и происходит подъём вращателя. Натяжение канатов регулируется с помощью винтовых устройств. Система позволяет изменять частоту вращения бурового снаряда от 0,5 до 2,5 с⁻¹. Для защиты от вибрации в системе привода установлена шинно-зубчатая муфта.

Маслонасосная станция имеет три насоса Н-403, 35Г12-24 и 18БГ12—22 с электроприводом и контрольно-регулирующей аппаратурой. Усилие на забой бурового става регулируют изменением давления в гидроцилиндрах подачи и контролируют с помощью манометра.

Питание станка электроэнергией осуществляют от сети через гибкий кабель КРШК 3Х 150+1х50. От шкафа управления питание идет через тиристорный преобразователь к двигателю вращателя. Остальные 17 двигателей питаются переменным током напряжением 380 В.

Станок СБШ-250-55 предназначен для бурения вертикальных и наклонных скважин в породах с $f=4-14$, глубиной до 55 м, для работы в диапазоне температур от +40 до -50 С⁰.

Основные конструктивные особенности:

- применение мачты с двумя сепараторами, которая позволяет бурить взрывные скважины на карьерах с высотой уступов до 50 м;
- использование торцевого привода вращения бурового става с двигателем постоянного тока;
- между опорным узлом и вращателем установлена упругая зубчатая муфта, которая предотвращает передачу вибрации на узлы вращателя и улучшает работу долота;
- подачу става на забой осуществляют двумя лебедками подачи с трехкратной канатно-полиспадной системой;
- конструкция станка СБШ-250-55 снабжена водовоздушной системой пылеподавления.

Станок СБШ-250-55 смонтирован на гусеничном ходу с индивидуальным приводом к гусеничным тележкам. На осях хода находится машинное отделение с гидроэлектрическим оборудованием.

На верхнем поясе каркаса машинного отделения установлены опоры, на которых закреплена мачта с вращательноподающими механизмами и буровым инструментом.

Кинематическая схема механизмов, расположенных внутри мачты: Для страгивания резьбы при разборке бурового става имеются два ключа: вращающийся и не вращающийся. Надвигаются ключи на лыски штанг с помощью гидроцилиндров. Подачу бурового става производят с помощью лебедок, которые имеют индивидуальный двигатель.

Вращатель передает крутящий момент буровому ставу через редуктор. Подачу воздушно-водяной смеси к вертлюгу осуществляют гирляндой. Верхний подшипник поддерживает гидроцилиндр, а подшипник служит его опорой. Для натяжения канатов служит гидроцилиндр.

Гидроцилиндр осуществляет поворот ключа при страгивании замкового соединения бурового става.

Подъем и опускание мачты осуществляют двумя гидравлическими цилиндрами, установленными на опорах мачты. Масло в цилиндры подают от станции гидропривода.

Управление процессом подъема и опускания мачты производят с пульта управления, расположенного в кабине машиниста.

К нижней платформе каркаса машинного отделения прикреплены четыре домкрата: два впереди - с помощью кронштейнов и два сзади - с помощью поперечной балки. При горизонтировании домкраты включаются попарно: два правых или два левых, два передних или два задних. Такая система позволяет исключать статическую неопределимость, возникающую при опоре станка на четыре точки.

Для автоматической намотки и размотки питающего кабеля при передвижениях в задней части станка установлены два кабельных барабана.

На консолях машинного отделения установлена кабина машиниста и емкость с водой.

Гусеничный ход выполнен на базе унифицированных гусеничных ходов УГ-60М и УГ-70 с широким применением унификации узлов и деталей этих ходов. Для обеспечения устойчивости станка СБШ-250-55 при передвижении длина гусеничного хода увеличена на 300 мм по сравнению с ходом УГ-70, кроме того, применены гусеничные звенья шириной 900 мм от экскаватора Э-2003.

В машинном отделении размещены узлы гидропривода, электропривода станка и емкости для воды.

Кроме того, в машинном отделении расположены:

1. Электрический шкаф управления.
2. Тиристорный преобразователь.
3. Маслонасосная станция.
4. Насос закачки.
5. Насос орошения забоя.
6. Выпрямительное устройство.

7. Трансформатор целей управления, освещения и другое вспомогательное оборудование.

Мачта 5 и станок устанавливается развернутой на 180° и крепится шарнирно с кулисой 6. Кулисы шарнирно при помощи пальцев крепятся на раме станка. Дополнительно внутри мачты устанавливается второй гидроцилиндр сепаратора и три гидроцилиндра стопорения штанг. Стопорение мачты при наклонном бурении осуществляется при 15°, 30°, 35° и 45°.

Заваливание мачты из транспортного положения в вертикальное осуществляется гидроцилиндрами завала 7, шарнирно соединенными с кулисой и мачтой. Наклон мачты из вертикального положения под станок на углы 15°, 30°, 35°, 45° от вертикали осуществляется двумя гидроцилиндрами 8, соединенными шарнирно с кулисой. Здесь использованы гидроцилиндры подачи СБШ-250-МН. Для горизонтирования станка на нем устанавливаются три гидродомкрата 9. На буровом станке установлена компрессорная установка к ВКМ 8/25. Остальное оборудование установлено со станка СБШ-250МН без изменения. Техническое обслуживание станка производится согласно инструкции по эксплуатации бурового станка СБШ-250МН 86.00.00.ИЭ.

Комплект бурового инструмента состоит из буровых штанг, соединительных муфт и переходников и рабочего инструмента – коронок и долот.

В станках ударно-вращательного бурения применяются погружные пневмоударники, Для улучшения работы иногда применяются стабилизаторы и амортизаторы.

Буровой став состоит из долота, наддолотного амортизатора и буровых штанг. Если амортизатор не применяют, то в комплект входят концевая и основные буровые штанги.

Концевая штанга состоит из трубы с ввернутыми и приваренными ниппелями – нижним и верхним.

Основная буровая штанга состоит из трубы с ввернутыми и приваренными муфтой и ниппелем. Муфты и ниппели имеют внутри отверстия для прохода воздуха, а также коническую замковую резьбу.

С помощью резьбы буровые штанги свинчивают одна с другой. Снаружи ниппели имеют лыски для захвата штанги ключом или секторами кассеты. Иногда для подсоединения к буровому ставу долот разных диаметров пользуются переходниками, которые изготавливают на месте.

Для ремонта бурового инструмента на руднике необходимо иметь трубонарезной станок (обычно для этой цели используется станок типа 91114С Тбилисского станкостроительного завода им. Кирова. Для изготовления ниппелей и переходников применяют сталь 40ХН (ГОСТ 4543-71). Трубы изготавливают из стали марок 35,30ХГСА, 40Х (ГОСТ 8732-78).

Размеры штанг:

- Диаметр штанги, мм:

наружный.....200 206 200;

	внутренний.....	159	100	159
- Длина штанги, мм.....	8000	8000	10000	
- Масса штанги, кг.....	700	1461(утяжелённая)		875
Цена, руб.....	9500	19800	11875	

Буровая штанга станков состоит из трубы, соединительной муфты и ниппеля. Переходник соединяет став штанг с пневмоударником и является разбурником при обратном ходе става. Он имеет унифицированные со штангой муфты и ниппель, но более короткую длину трубы. Штанги изготовляют из стальных труб ГОСТ 8732—78 (сталь 35СГ, 36Г2С, 45 и др.) с последующей их закалкой и нормализацией.

Различают три основных вида соединения штанг: замковое с конусной резьбой, муфтовое и ниппельное. Наибольшее распространение получили замковые соединения.

Буровые штанги служат для передачи долоту крутящего момента и осевого усилия, а также подвода к забою сжатого воздуха для выдачи из скважины буровой мелочи. В комплект буровых штанг входит одна концевая штанга (забурник) и несколько основных рабочих штанг.

Ниппели рабочих штанг имеют внутреннюю резьбу меньшего диаметра для соединения со шпинделем вертлюга, через который подаются воздух и вода. Для обеспечения нормальных условий удаления буровой мелочи из скважины и получения требуемой скорости восходящего, потока (20—75 м/с в зависимости от плотности выносимого шлама) диаметр штанги должен быть на 20—50 мм меньше диаметра долота. Например, с долотами диаметром 215,9 и 244,5 мм применяются штанги с наружным диаметром соответственно 180 и 203 или 215 -мм. Штанги изготовляют из стальных бесшовных холоднокатаных (ГОСТ 8734—75) или горячекатаных (ГОСТ .8732—78) труб.

Буровые коронки классифицируют по числу разрушающих лезвий (штырей) на долотчатые, трех- и четырехперые, Х-образные; по расположению разрушающих лезвий — на одно-, двухступенчатые (с опережающим лезвием) (рис. 5.4,а) и многоступенчатые.

Наличие опережающего лезвия облегчает процесс забуривания и уменьшает искривление скважин. Наибольшее распространение имеют четырехперые Х-образные коронки К-Ю5К и К- 125К с диаметрами бурения соответственно 105 и 125 мм, хвостовиком 52 и 62 мм и массой 3,5 и 5,9 кг.

Хвостовик коронки закрепляют в пневмоударнике на шлицах или шариковым замком. Лыска на хвостовике позволяет коронке смещаться в осевом направлении, что необходимо для обеспечения запуска пневмоударника прижатием коронки к забою и открытия каналов перемещения поршня. Корпус коронки изготовляют из легированной стали марки 45Х11 по ГОСТ 4543—71 и армируют твердым сплавом В К-15.

Срок службы бурового инструмента зависит от типа и вида пластин твердого сплава, совершенства технологии их припайки, а также качества эксплуатации инструмента, и в первую очередь от его своевременной

переточки. Стойкость коронок К- 105К и К-125К при бурении пород $f=8\sim 16$ изменяется соответственно в пределах 180—40 м и 200—60м.

Резцовые коронки различаются числом лезвий (перьев), способом их закрепления, формой режущей кромки, способом армирования твердым сплавом и расположением резцов на корпусе. Существуют коронки как со сплошной, так и с прерывистой режущей кромкой. В последнем случае могут применяться съемные резцы. Резцовые коронки со сплошной режущей кромкой армируются пластинками 3 твердого сплава, напаянными непосредственно на корпус 2, отлитый совместно с хвостовиком 1. При бурении сравнительно большая длина режущей кромки не позволяет развивать высоких удельных усилий.

Коронка предназначена для бурения по породе и рассчитана на периодическую заточку. Наиболее распространенные трехшарошечные долота используют для разработки пород от мягких до очень крепких с вооружением шарошки в виде фрезерованных на ней зубьев различной длины и конфигурации или впрессованных в нее штырей из твердого сплава — карбида вольфрама.

Комбинированные режуще-шарошечные долота (РШД) предназначены для бурения уступов со смешанным залеганием слоев пород от мягких до твердых и позволяют чередовать разрушение слабых пород режущим инструментом, а крепких — шарошечным или совмещать их воздействие на забой. Пример шифра в паспорте шарошечного долота:

Рис.3. 2 Индексация и применение долот

диаметр трехшарошечное для крепких пород центральная продувка периферийная продувка Подшипники качения Ш 269,9 К – П Г В

Шарошечное долото представляет собой породоразрушающий инструмент, состоящий из корпуса и шарошек, свободно вращающихся на цапфах. Шарошка является исполнительной частью долота и представляет собой стальной корпус в виде конуса, на поверхности которого расположены зубки. Последние при перекачивании шарошек по забою скважины внедряются в породу под действием осевого усилия, прилагаемого к долоту. Разрушенную породу удаляют с забоя скважины сжатым воздухом или промывочным раствором.

Верхняя часть корпуса долота заканчивается резьбовым ниппелем, с помощью которого долото соединяется с бурильными трубами. При вращении бурильных труб будут вращаться корпус долота и шарошки. При этом частота вращения шарошки будет больше частоты вращения долота во столько раз, во сколько раз диаметр долота больше диаметра основания конуса шарошки.

Величина сил, возникающих в зубьях пропорциональна давлению на долоте и частоте вращения. Эта величина тем больше, чем дальше расположен зубок от оси скважины. Зубья, расположенные на вершине шарошек, работают почти в безударном режиме и разрушают породу благодаря снятию и срезу при проскальзывании.

Зубья, расположенные у основания конуса шарошек, имеют наибольшую энергию удара и разрушают породу ударом и скалыванием.

Шарошки изготавливают из легированных малоуглеродистых цементируемых конструкционных сталей. Для увеличения твердости поверхность шарошек цементируют на глубину 1,5-3 мм, а затем закаливают до твердости HRC 57-62. После термической обработки беговые дорожки шлифуют, для того чтобы устранить деформации, возникающие в процессе закалки.

В подшипниках долот применяют ролики и шарики, которые изготавливают на подшипниковых заводах из стали марки 55СМА, 55СМ5ФА и 50ХН. Твердость закаленных роликов HRC 55-60. Отклонения: по диаметру 0,033 мм, по длине - 0,045 мм. Поверхность шарика должна быть полированной.

Долота классифицируют по числу шарошек. Известны одно-, двух-, трех-, четырех- и многошарошечные долота.

Трехшарошечные долота являются наиболее распространенными. Они хорошо сочетают в себе достаточную динамичность работы, хорошую устойчивость на забое и механическую прочность опор.

Многошарошечные долота применяют для бурения скважин большого диаметра (600мм и более).

Долота различают также по геометрии наружной поверхности шарошек. Имеются долота с одно- и многоконусными шарошками, самоочищающегося и не самоочищающегося типа, со смещенными осями и без смещения осей. В долотах самоочищающегося типа зубчатый венец одной шарошки входит в углубление второй шарошки. Такая конструкция долота позволяет сделать шарошки большого диаметра и разместить в них более прочные опоры. Кроме того, самоочищающиеся долота хорошо работают в вязких, склонных к слипанию породах.

В зависимости от условий применения выпускают зубчатые, зубчато-штыревые и штыревые долота. Зубчатые долота разрушение породы на забое скважины производят стальными зубьями, выфрезерованными в теле шарошек, штыревые долота – штырями из твердого сплава, запрессованными и впаянными в тело шарошек.

Зубчатоштыревые долота представляют собой комбинированный инструмент. Их армируют штырями. Штыри для армирования выпускаются промышленностью трех форм: Г25, Г26, Г54. Для оснащения обратного конуса шарошек с целью предохранения конуса от интенсивного износа в процессе бурения применяют штыри формы Г54. Шарошки свободно вращаются на цапфах. На цапфе расположены беговые дорожки, на которых размещают ролики и шарики подшипников.

Шарошки долот малого диаметра вращаются на подшипниках скольжения с одним шариковым замковым рядом. В шарошках долот большого диаметра предпочтение отдают роликовым подшипникам. В связи с этим схемы опор шарошечных долот имеют индексы. Отсчет ведут от основания цапфы (от наружного края долота).

Промышленностью выпускается 13 типов трехшарошечных долот. Каждый тип долота предназначен для бурения пород с определенными свойствами. Для удобства клеймения и шифровки долот каждому заводу изготовителю присвоены условные обозначения:

- Бакинскому машиностроительному заводу им. С. М. Кирова – Б;
- Верхне-Сергинскому долотному заводу - В;
- Куйбышевскому долотному заводу - К;
- Сарапульскому машиностроительному заводу им. Ф. Э. Дзержинского – Д;
- Дрогобышскому долотному заводу - У;
- Экспериментальному заводу ВНИИБТН; Востокмашзаводу-Ш;
- Поваровскому опытному заводу - Р.

Индексы ставят на долоте и в паспорте на него.

Шифр долота также имеет дополнительные индексы, означающие способ удаления продуктов разрушения с забоя скважины:

- продувка сжатым воздухом или аэрированной жидкостью - П;
- гидромониторная промывка - Г.

В шифре шарошечного долота первые цифры указывают конструктивную модель, буквы - завод-изготовитель, следующие цифры - диаметр долота в миллиметрах, последующими буквами обозначен тип долота. Затем ставят буквы, указывающие способ удаления продуктов разрушения. Пример шифровки долота ШР-214ОКП: Ш – количество шарошек; Р - индекс, присвоенный заводу-изготовителю (в данном примере Поваровскому опытному заводу); 214-диаметр шарошечного долота (мм); ОК - тип шарошечного долота; П-для бурения с продувкой воздухом.

Введено Обозначение долот (по ГОСТ 20692-75): долота, выполненные с телами качения, имеют индекс В, на одном подшипнике качения - М, на двух и более подшипниках скольжения - А, с центральной продувкой - П, с боковой продувкой -ПГ, цифра Ш указывает количество шарошек.

Пример обозначения: Ш-244,5 ОК-ПГВ - долото трехшарошечное, диаметром 244,5 мм, для особо крепких пород с боковой продувкой, подшипники с телами качения. Долота типа ОКП предназначены для бурения в особо крепких горных породах.

Шарошки имеют большее число штырей, чем долота типа К. При увеличении диаметра долота увеличивают и диаметр штырей. Вылет штырей у долот типа ОК меньший, чем у долот типа К.

В обратный конус шарошек запрессованы зубки из твердого сплава с плоской рабочей частью. Такое решение позволяет на более длительное время сохранить диаметр долота.

Подвод воздуха к забою скважины у долот этого типа осуществляется через центральное отверстие. Часть воздуха поступает в опоры шарошек, омывает подшипники и выходит наружу. Такое техническое решение улучшает охлаждение опор и предотвращает попадание шлама в подшипники долота. Исходя из горно-геологических условий и технических характеристик буровых станков, подбирают шарошечное долото.

ПРОХОДЧЕСКИЕ КОМБАЙНЫ

Проходческие комбайны служат для механизированного проведения подготовительных выработок на угольных шахтах, рудниках, а также тоннелей при строительстве подземных сооружений. Комбайновый способ проведения выработок наиболее прогрессивен, так как позволяет совместить во времени наиболее тяжелые и трудоемкие операции по разрушению забоя и уборке из него горной массы. Кроме того при комбайновом способе проведения выработок существенно повышается устойчивость последних, так как монолитность пород в массиве нарушается в меньшей степени, чем при буровзрывных работах. Последнее обстоятельство позволяет снизить расходы на поддержание выработок.

Проходческие комбайны по основным классификационным признакам подразделяются:

- по способу обработки забоя исполнительным органом – на избирательного (циклического) действия с последовательной обработкой поверхности забоя и бурового (непрерывного) действия с одновременной обработкой всей поверхности забоя;
- по крепости пород разрушаемого горного массива – для работы по углю и слабой руде с прослойками и присечками слабых пород ($f \leq 4$), для работы по породам средней крепости ($f = 4 \div 8$) и по крепким породам ($f \geq 8$);
- по области применения – для проведения основных и вспомогательных подготовительных выработок по полезному ископаемому и смешанным забоем, для проведения основных и капитальных выработок и тоннелей по породе и для осуществления нарезных работ по полезному ископаемому;
- по площади сечения проводимых выработок (в проходке) – для проведения выработок от 5 до 16 м², от 9 до 30 м² и более 30 м².

Кроме перечисленных основных признаков комбайны могут также подразделяться по установленной мощности привода, конструкции исполнительного, погрузочного органов и органов перемещения. Проходческие комбайны с исполнительными органами избирательного действия применяются преимущественно для проведения выработок по породам с коэффициентом крепости $f \leq 8$, при необходимости изменения в широком диапазоне размеров и формы сечений выработок, а также раздельной выемки полезного ископаемого и породы. Проходческие комбайны с буровыми исполнительными органами непрерывного действия применяются для проведения выработок постоянного сечения круглой или арочной формы. Исполнительные органы проходческих комбайнов, выпускаемых в настоящее время, – как правило, корончатые, дисковые или комбинированные.

Конические коронки получили подавляющее применение на стреловидных исполнительных органах проходческих комбайнов

избирательного действия ПКЗР, ГПКС, 4ПП-2, 4ПП-5, выпускаемых серийно в СНГ.

Коронки сферической формы, с вращающимися в разные стороны полушариями, устанавливаемые на поворачивающихся в горизонтальном и вертикальном направлениях рукоятях (стрелах), применяются в комбайнах типа "F", выпускаемых в Венгрии. Разностороннее вращение полушарий сферической коронки, хотя и усложняет трансмиссию от двигателя к коронке, но позволяет уравнивать крутящие моменты на исполнительном органе, что весьма существенно для обеспечения устойчивости проходческих комбайнов легкого типа. С помощью указанных исполнительных органов могут проводиться выработки прямоугольного, трапецеидального и арочного сечений. Ввиду относительно небольших размеров коронок в проходческих комбайнах со стреловидными исполнительными органами облегчен доступ к забою выработок, что позволяет производить замену изношенного рабочего инструмента на коронках без отодвигания комбайна от забоя.

Двух- и трехлучевые коронки большого диаметра применяются так же в роторных исполнительных органах проходческих комбайнов бурового действия.

Роторные исполнительные органы могут быть одноосевыми из одной планшайбы – комбайн КРТ; сооснопланшайбовыми, состоящими из двух встречно вращающихся планшайб, сидящих на одной оси – комбайн ПК8 и параллельно-осевыми – из трех планшайб, расположенных на параллельных осях – комбайн ПК10.

Одноосевой исполнительный орган комбайна КРТ, оснащенный дисковыми или штыревыми шарошками, предназначен для разрушения крепких пород ($f \geq 8$). Соосно-планшайбовые исполнительные органы предназначены для работы по слабым породам и калийным рудам. Встречное вращение внутренней и наружной планшайб позволило уравновесить реактивные крутящие моменты на коронках и улучшить поперечную устойчивость комбайна. Резцы соосно-планшайбовых исполнительных органов постоянно контактируют с забоем проводимой выработки, прорезая в нем концентрические кольцевые щели на глубину до 250-300 мм. Образующиеся между щелями кольцевые породные целички (до 50% площади забоя) разрушаются менее энергоемким способом – скалывателями. Порядка 10-15% площади забоя разрушаются бермовыми фрезами, которые придают сечению выработки арочную форму и одновременно перемещают шнеками разрушенную горную массу к центру выработки. Разрушенная горная масса зачерпывается внизу ковшами, расположенными на планшайбе.

Три трехлучевые коронки – планшайбы, расположенные на параллельных осях, применены в комбайне ПК10, используемом для работы на месторождениях калийных солей. Разностороннее вращение коронок обеспечивает частичное уравнивание реактивного крутящего момента на исполнительном органе комбайна. Центральная планшайба выдвинута вперед, а две крайние вращаются в одной плоскости. Для придания

выработке овальной формы ее верхняя часть оконтуривается режущей цепью. У почвы работают бермовые фрезы со шнековыми валами. Шнеки транспортируют горную массу к центру выработки, где она поступает на скребковый перегружатель 4. Буровые исполнительные органы по конструктивному исполнению и кинематике движения рабочего инструмента могут быть не только корончатыми роторного типа, но и дисковыми с планетарным движением резцов или шарошек. Ниже рассматриваются наиболее известные серийные машины стран СНГ типа "Караганда" и "Урал". В приводе таких исполнительных органов используются планетарные редукторы, которые обеспечивают вращение водила с забурником и вращение дисков с резцами относительно водила (комбайн "Караганда").

Диски совершают относительное движение с угловой скоростью ω_0 , а их переносное движение относительно продольной от выработки обеспечивается вращением водила с угловой скоростью $\omega_п$. В дальнейшем были созданы серийно выпускаемые в настоящее время проходческие комбайны "Урал-10КСА" и "Урал-20КСА" с двумя планетарно-дисковыми исполнительными органами на параллельных осях вращения. Каждый планетарно-дисковый исполнительный орган комбайна "Урал-20КСА", кроме двух дисков с осями вращения, параллельными поверхности забоя, имеет по два плоских диска (с осями вращения, перпендикулярными к поверхности забоя), образующих планетарный забурник. Планетарные исполнительные органы имеют, по сравнению с другими, более сложную трансмиссию привода. Но благодаря планетарному движению рабочего инструмента возможна обработка значительных поверхностей забоя относительно небольшим количеством инструмента. Это позволяет повысить эффективность процесса разрушения пород забоя за счет передачи на каждый резец большей мощности. Для получения выработок арочной и овально-арочной формы поперечного сечения комбайны имеют бермовые органы с боковыми дисковыми фрезами и шнеками. Шнеки транспортируют отбитую горную массу к центру комбайна, где расположен скребковый конвейер – перегружатель. Для оформления кровли выработки исполнительный орган комбайна "Урал-20КСА" имеет верхний отбойный барабан, который с помощью гидроцилиндров может подниматься и опускаться, что обеспечивает необходимый типоразмер выработки. Зона работы исполнительного органа закрыта щитом. Неудобством обслуживания роторных и планетарных исполнительных органов бурового действия является необходимость отгона комбайнов от забоя при замене резцов и осмотрах. Для оснащения исполнительных органов проходческих комбайнов широкое распространение получили радиальные, круглые (вращающиеся) резцы и шарошки.

Радиальный резец ШБМ2С1 предназначен для исполнительных органов проходческих комбайнов по угольным и соляным забоям.

Породный резец РПП2 предназначен для стреловидных исполнительных органов проходческих комбайнов при проведении

подготовительных выработок по угольному пласту любой крепости с присечкой до 70% от площади забоя пород почвы или кровли ($f \leq 6$) абразивностью не более 18 мг.

Породный резец РКЗ применяется в случаях проведения выработок сплошным угольным или породным забоем ($f = 6$) или смешанным забоем с присечкой до 25% по площади забоя песчаника ($f = 6 \div 8$) абразивностью до 18 мг. На проходческих комбайнах бурового типа при разрушении пород с коэффициентом крепости f более 8 в качестве рабочего инструмента применяются шарошки. Дисковые шарошки по сравнению с резцовым инструментом позволяют создавать значительные напорные усилия. Дисковые шарошки могут быть лобовыми, имеющими форму симметричного клина относительно плоскости вращения шарошки, и тангенциальными, имеющими форму несимметричного клина и работающими по схеме подрезного резания. Энергоемкость процесса разрушения по подрезной схеме примерно на 20-30% ниже, чем по лобовой.

Во время разрушения горных пород шарошка перекачивается по поверхности забоя, вращаясь на оси. Чаще всего применяют одно- и двухдисковые шарошки диаметром 230-300 мм с режущей частью, армированной пластинками твердого сплава, или изготовленной из легированной стали. Для разрушения крепких пород используют штыревые шарошки со штырями из твердого сплава. Для погрузки разрушенной горной массы на конвейер комбайна наибольшее распространение в комбайнах избирательного действия получили погрузочные устройства, выполненные в виде нагребных лап, в комбайнах бурового действия – шнековые и ковшовые погрузочные устройства. Ходовое оборудование проходческих комбайнов предназначено: для создания напорного усилия на забой при разрушении пород забоя и при погрузке отбитого материала; маневрирования комбайна в забое во время работы; транспортирования комбайна при перегонах по горным выработкам. Применяют гусеничное или шагающее ходовое оборудование. Гусеничное ходовое оборудование обеспечивает высокую маневренность и мобильность проходческого комбайна. Оно получило наибольшее распространение. Применяются двухгусеничные тележки с многоопорными гусеницами. Давление на почву должно быть не более 0,05-0,1 МПа. У тяжелых мощных комбайнов оно может достигать 0,2 МПа. В тех случаях, когда для работы комбайнов требуются большие напорные усилия (при работе по крепким породам), применяется распорно-шагающее гидравлическое ходовое оборудование, которое является ходовым оборудованием циклического действия.

Перевод комбайнов с шагающим ходовым оборудованием в другие выработки не может осуществляться своим ходом, как комбайнов на гусеничном ходу, и требует дополнительных транспортных средств.

Основной вид энергии проходческих комбайнов – электрическая энергия. В состав электрооборудования комбайнов входят: электрические двигатели для привода исполнительных органов, органов погрузки, перегружателей и органов перемещения (кроме шагающе-распорного

ходового оборудования и некоторых гусеничных ходов, оснащенных гидродвигателями), а также для привода насосов маслостанций комбайнов; магнитные станции с аппаратурой управления и защиты; электрические пульта управления; аппаратура сигнализации и освещения; кабельная сеть и электрическая арматура.

Преимущественное применение на проходческих комбайнах получили асинхронные короткозамкнутые электродвигатели в рудничном взрывобезопасном исполнении РВ. Синхронная частота вращения ротора составляет обычно 25 с⁻¹. Включение и выключение электродвигателей комбайна выполняет машинист на самом комбайне с помощью пусковой аппаратуры, установленной в магнитной станции комбайна.

С целью безопасного обслуживания на всех комбайнах предусмотрена подача звукового сигнала перед включением двигателей.

В проходческих комбайнах получили также широкое распространение системы силового объемного гидропривода типа «насос – силовой гидроцилиндр» и «насос – гидромотор». Первая система используется: для перемещения стреловидных исполнительных органов комбайнов избирательного действия в горизонтальной и вертикальной плоскостях, раздвижности телескопической стрелы, подъема и опускания разгрузочного конца конвейера комбайна, для работы шагающе-распорного органа перемещения комбайнов бурового типа, а также для выполнения вспомогательных операций по управлению движением комбайна и ряда других операций. Систему «насос – гидромотор» используют в приводах гусеничного хода комбайнов. В качестве рабочей жидкости гидросистем комбайнов можно применять минеральное масло, но в целях предотвращения пожаров правилами безопасности требуется применение огнестойкой нетоксичной рабочей жидкости. Такая жидкость представляет собой мелкодисперсную эмульсию воды и минерального масла (46% воды и 50% масла) с добавлением 4% антизадирных, антикоррозионных и противопенных присадок.

Пылеподавление при работе комбайнов. Запыленность воздуха в проходческом забое без применения средств пылеподавления может достигать 3000 мг/м³ и более, что весьма опасно для здоровья персонала, обслуживающего проходческую технику. В этой связи разработаны и широко внедряются эффективные системы пылеподавления, применяемые при работе проходческих комбайнов как избирательного, так и бурового действия и состоящие из систем орошения и пылеотсоса. Наибольшее распространение получило орошение очагов пылеобразования в сочетании с отсосом запыленного воздуха.

На комбайнах со стреловидным исполнительным органом вода подводится к форсункам, установленным перед каждым резцом. При этом происходит осаждение крупнодисперсной пыли с частичками размером 6-10 мкм и охлаждение резцов, что повышает их стойкость.

На стреле исполнительного органа располагаются плоскоструйные форсунки для создания водяной завесы перед забоем. В комбайнах бурового

действия ввиду наличия у них за исполнительным органом ограждающих щитов такая завеса действует гораздо эффективнее. Частицы пыли размером до 5 мкм выносятся из забоя струей воздуха нагнетательной вентиляции и засасываются пылеулавливающей установкой.

С помощью автономных пылеулавливающих установок (АПУ) очистка запыленного воздуха может производиться как с помощью воды, так и без воды тканевыми фильтрами. Промышленностью выпускаются пылеулавливающие установки АПУ-265 и АПУ-465, снабженные глушителями шума и имеющие производительность соответственно – 265 и 465 м³/мин. очищенного воздуха.

Автономные установки располагаются на почве выработки позади комбайна, а их отсасывающий трубопровод подвешивается к крепи и по мере продвижения комбайна перевешивается ближе к зоне работы исполнительного органа.

ПРОХОДЧЕСКИЕ КОМБАЙНОВЫЕ И ЩИТОВЫЕ КОМПЛЕКСЫ

Важным этапом в переходе к комплексной механизации проведения подготовительных выработок с целью увеличения производительности и сокращения ручного труда является создание проходческих комплексов, механизующих рабочие процессы проходческого цикла. Проходческие комплексы – это системы взаимодополняющих друг друга горных и транспортных машин и механизмов, обеспечивающих наиболее полную механизацию основных и вспомогательных работ.

Проходческие комплексы классифицируют по ряду основных признаков:

- способу проведения выработок – комбайновый или буровзрывной; углу наклона выработок – для горизонтальных, с углом наклона до 10°, от 11 до 20° и до 35°;
- месту установки постоянной крепи – на некотором расстоянии от забоя и непосредственно у забоя;
- форме сечения выработки – круглая, арочная, трапециевидная, прямоугольная, овальная;
- сечению выработки – конвейерные, однопутные, двухпутные;
- виду крепи – анкерная, деревянная, металлическая, тубинговая, из набрызг-бетона, из монолитного бетона;
- назначению выработки – нарезные по углю и сланцам (разрезные печи и ходки, просеки и др.); подготовительные по углю и смешанному забою; основные по породе (полевые штреки, квершлагги).

Весьма сложная задача – создание оборудования для механизации процесса возведения крепи одновременно (параллельно) с работой проходческого комбайна.

Работы здесь ведутся в следующих двух направлениях:

1. Установка постоянной крепи на некотором расстоянии от забоя вне зоны работающего проходческого оборудования, что возможно при

устойчивой кровле и применении временной крепи призабойной части выработки. В качестве временной крепи может быть использована анкерная крепь, которая часто (например, в Кузбассе) применяется и как постоянная крепь, а также механизированные проходческие крепи поддерживающего или оградительного типов.

2. Установка постоянной крепи непосредственно у забоя, что в наибольшей степени способствует реализации условий по наиболее надежному поддержанию проводимой выработки. Как следует из классификационных признаков по способу проведения, комплексы разделяют на две основные группы для проведения выработок комбайновым способом и для проведения выработок буровзрывным способом.

Комплексы для проведения выработок буровзрывным способом (так их называют в литературе) правомее называть комплектами проходческого оборудования для проведения выработок буровзрывным способом, поскольку при их работе операции по бурению шпуров (обурированию забоя), заряданию шпуров, их взрыванию, проветриванию и уборке горной массы выполняются последовательно во времени, что позволяет использовать только технологические связи между средствами механизации выполнения указанных операций проходческого цикла.

Нарезные комплексы (КН) предназначены для механизации проведения нарезных выработок по углю на пологих пластах мощностью 0,7-1,1 м с углом падения до 18° при сопротивляемости угля резанию до 300 кН/м. Комплекс КН состоит из нарезного комбайна, перегружателя, домкратов передвижения с распорными стойками, электрооборудования и может работать с любым конвейером, применяемым на шахте. Цепной кольцевой исполнительный орган (кольцевой бар) оснащен двухшарнирной режущее-доставочной цепью, которая получает движение от приводной звезды, расположенной в вертикальной плоскости сбоку комбайна.

Кольцевой бар с помощью двух гидродомкратов совершает качательные движения от почвы пласта к кровле и обратно, обрабатывая пласт угля на всю мощность и по всей ширине нарезаемой выработки, равной 4 м. Разрушенный уголь транспортируется и грузится нижней ветвью исполнительного органа на перегружатель. После использования хода домкратов передвижения, равного 0,8 м, подача комбайна прекращается и производится перестановка (подвигание к забою) распорных стоек. Затем рабочие операции повторяются.

ПРОХОДЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ С КОМБАЙНАМИ БУРОВОГО ДЕЙСТВИЯ.

Донгипроуглемашем, ЦНИИподземмашем и Ясиноватским машиностроительным заводом создан проходческий комплекс "Союз-19у", который предназначен для проведения магистральных горизонтальных и слабонаклонных (до $\pm 10^\circ$) горных выработок большой протяженности

(комплекс целесообразно применять при длине выработки не менее 1000 м) по породам с коэффициентом крепости $f = 6 \div 10$ и абразивностью до 50 мг.

Комплекс состоит из комбайна бурового действия, щитового перекрытия над комбайном и прицепного оборудования к комбайну, предусматривающего крепемонтажное устройство с краном, ленточный перегружатель и прицепные опоры.

Исполнительный орган комбайна выполнен в виде ротора с плоской центральной частью диаметром 2,4 м, оснащенной дисковыми лобовыми шарошками, и конической периферийной частью диаметром 4,75 м, оснащенной дисковыми тангенциальными шарошками. Для придания выработке арочной формы на комбайне имеются бермовые фрезы.

Подача комбайна и всего комплекса на забой осуществляется установленным на комбайне распорношагающим гидравлическим механизмом перемещения.

Порода, разрушенная исполнительным органом, зачерпывается погрузочными ковшами у почвы выработки (ковши расположены по окружности конической части ротора с его тыльной стороны) и через окно в верхней части щита, отгораживающего исполнительный орган от комбайна, выгружается на ленточный конвейер комбайна, с которого поступает на прицепной ленточный перегружатель и далее грузится в транспортные средства.

Порода, разрушаемая бермовыми фрезами, направляется с помощью лемехов в центральную выемку на почве выработки между бермами. Машинист во время управления комбайном находится под защитой щитового перекрытия.

Сечение выработки, проводимой комплексом, составляет вчерне 18,6 м². Для крепления выработки используется обычно пятизвенная арочная крепь. Три верхних звена собираются в комплекты и подвешиваются (до 30 комплектов) на крепемонтажном устройстве, а затем с помощью грузоподъемника подаются вперед и вверх для установки в выработку.

Для привода исполнительного органа на комбайне установлены четыре электродвигателя общей мощностью 640 кВт. Масса комплекса составляет 280 т.

ЩИТОВЫЕ ПРОХОДЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ

Щитовые проходческие комплексы предназначены для проведения горизонтальных или слабонаклонных выработок (коллекторов, туннелей, подготовительных выработок) в слабых грунтах и породах с крепостью $f = 0,5 \div 3$.

Проходческий щит представляет собой передвижную металлическую оболочку цилиндрической формы, под защитой которой находятся приводы исполнительных и погрузочных органов, конвейерные перегружатели, тубингоукладчики и другое оборудование.

По степени механизации горных работ различают два вида щитов:

- частично механизированные щиты, в которых разрушение породы производят отбойными молотками или буровзрывным способом, погрузку породы в забое – погрузочными машинами, а возведение крепи – механизированным способом;

- механизированные щиты, в которых породы разрушаются избирательными, роторными, ковшовыми или другими исполнительными органами.

Погрузка породы и возведение крепи также осуществляются механизированным способом.

Различают две группы проходческих комплексов – для проведения выработок:

- со сборной крепью;
- с крепью из монолитно пресованного бетона.

По диаметру проводимых выработок (вчерне) комплексы могут быть малого (до 3,2 м), среднего (4-5,2 м) и большого (свыше 5,2 м) диаметров. Для механизации проведения капитальных выработок диаметром 4,7 м в свету в условиях Подмосковного угольного бассейна выпускается щитовой проходческий комплекс КЩ-5,2Б, который может работать по водоносным пескам и прослойкам известняка с коэффициентом крепости $f \leq 6$.

Комплекс состоит из металлического щита с двумя стреловидными с коническими коронками исполнительными органами от комбайна 4ПП2, сборной передвижной платформы, с транспортным и вспомогательным оборудованием.

На головной секции платформы смонтирован рольганг с гидравлическим толкателем. По монорельсу перемещается тельфер для разгрузки блоков крепи с тележек и укладки их на рольганг. Выдвижные балки служат для удержания блоков крепи во время крепления.

На платформе смонтирована приводная головка погрузочного конвейера, с которого горная масса поступает на ленточный перегружатель, а с него в состав вагонеток.

Имеются также две рельсовые колеи для размещения состава вагонеток и четырех тележек с двумя блоками крепи на каждой.

На сборной платформе установлены:

- четыре насосные станции гидросистемы проходческого комплекса,
- насос забойного водоотлива,
- магнитные станции,
- пылеотсасывающая установка и установка для орошения,
- пневматическая растворонагнетательная машина для подачи песчано-цементного раствора в пространство между крепью и стенками выработок.