



исследовательская группа

Объединение независимых экспертов в области минеральных ресурсов,
металлургии и химической промышленности

**Обзор российского рынка
станков для бурения взрывных
скважин в горнодобывающей
промышленности**

Демонстрационная версия

*Москва
март, 2010*

Содержание

Аннотация.....	9
Введение.....	11
1. Характеристика буровых станков, выпускаемых в России.....	14
1.1. Классификация буровых машин.....	14
1.2. Исполнительные механизмы буровых станков.....	18
1.3. Конструкции буровых станков.....	26
1.3.1. Буровые станки для бурения скважин на открытых горных работах.....	26
1.3.2. Буровые станки для бурения скважин на подземных горных работах.....	30
2. Производство буровых станков в России.....	32
2.1. Характеристика производства буровых станков в России.....	32
2.2. Характеристика российских производителей буровых станков.....	35
ОАО «КМО».....	35
ЗАО НП "Старооскольский механический завод".....	41
ЗАО «Рудгормаш».....	44
ЗАО "Машиностроительный Холдинг".....	49
ОАО «Бузулуктяжмаш».....	54
ООО «Машзавод «Звезда».....	57
ОАО «ИЗ-КАРТЭКС».....	60
ЗАО «МЭМП».....	61
ОАО «Амурский металлист».....	63
3. Внешнеторговые операции с буровыми станками.....	68
3.1. Экспорт буровых станков.....	68
3.2. Импорт буровых станков.....	71
3.3. Буровые станки зарубежного производства, представленные на российском рынке.....	75
Atlas Copco.....	75
Sandvik.....	80
Schramm.....	87
Furukawa.....	90
Hanjin D & B Co. Ltd.....	92
Everdigm.....	93
Techmo GmbH.....	94
ЗАО «Барвенковский машиностроительный завод».....	98
ОАО «Криворожский завод горного машиностроения».....	98
Sunward.....	101

4. Потребление станков для бурения взрывных скважин.....	105
4.1. Краткая характеристика буровзрывных работ	107
4.2. Краткая характеристика добычи железорудного сырья	113
5. Прогноз развития производства буровых станков в послекризисный период (до 2015 г.)	121
Приложение. Контактная информация.....	123

Список таблиц

Таблица 1. Специалисты, оказавшие помощь при проведении исследования	Ошибка! Закладка не определена.
Таблица 2. Структура производства буровых станков в 2003-2009 гг. по предприятиям, шт.	32
Таблица 3. Техническая характеристика подземных буровых станков, выпускаемых ОАО «КМО»	37
Таблица 4. Технические характеристики наземных буровых станков, выпускаемых ОАО «КМО».....	39
Таблица 5. Структура экспорта буровых станков ОАО «КМО» в 2003-2009 гг., шт.....	40
Таблица 6. Техническая характеристика буровых станков, выпускаемых ЗАО НК «СМЗ»	43
Таблица 7. Техническая характеристика буровых станков, выпускаемых ЗАО «Рудгормаш»	47
Таблица 8. Техническая характеристика буровых станков выпускаемых ЗАО «Машиностроительный холдинг».....	52
Таблица 9. Сравнительные показатели буровых станков НКР-100М и БП-100.....	53
Таблица 10. Технические характеристики буровых станков производства ОАО «Бузулуктяжмаш»	56
Таблица 11. Техническая характеристика станков, выпускаемых ООО «Машзавод «Звезда»	59
Таблица 12. Технические характеристики станков, выпускаемых ОАО «ИЗКАРТЭКС»	60
Таблица 13. Техническая характеристика бурового станка БТС-150БМ, выпускаемого ЗАО «МЭМП»	63
Таблица 14. Техническая характеристика бурового станка «Буран-1» ОАО «Амурский металлист».....	65
Таблица 15. Динамика и структура экспорта буровых станков по производителям в 2003-2009 гг., шт.	69
Таблица 16. Динамика и структура экспорта буровых станков по странам в 2003-2009 гг., шт.	70
Таблица 17. Структура и динамика импорта буровых станков (установок) по основным поставщикам в 2003-2009 гг., шт., %.....	74
Таблица 18. Характеристика буровых станков Atlas Copco для бурения взрывных скважин ударно-вращательным способом с дизельным двигателем и компрессором на борту	76
Таблица 19. Характеристика буровых станков фирмы AC Drilling Solutions для бурения скважин вращательным способом.....	78
Таблица 20. Подземные гидравлические установки серии Simba компании Atlas Copco	80
Таблица 21. Подземные гидравлические установки серии Boomer компании Atlas Copco	80

Таблица 22. Роторные буровые установки фирмы Sandvik Mining для бурения взрывных скважин серии DKS	81
Таблица 23. Техническая характеристика станков фирмы Sandvik Mining....	82
Таблица 24. Техническая характеристика буровых станков фирмы Schramm	88
Таблица 25. Техническая характеристика буровой установки POWER 6000 SCDB фирмы Hanjin D & B Co. Ltd	92
Таблица 26. Техническая характеристика буровой установки RD10-EV фирмы Everdigm.....	93
Таблица 27. Технические характеристики буровых станков фирмы Techmo GmbH (Австрия).....	96
Таблица 28. Характеристика бурового станка 5СБШ-160/200-36, выпускаемого ЗАО «БМЗ».....	98
Таблица 29. Техническая характеристика буровых станков для подземных работ, выпускаемых ОАО «КЗГМ»	100
Таблица 30. Характеристика станков SWDB 120 и CQL 120.....	102
Таблица 31. Техническая характеристика буровых станков для вращательного бурения скважин фирмы Vucyrus International	103
Таблица 32. Техническая характеристика буровых станков вращательного бурения фирмы P&P (США).....	103
Таблица 33. Добыча сырой руды и докризисные планы развития 15-ти железорудных предприятий России и стран СНГ	113
Таблица 34. Использование бурового оборудования на железорудных карьерах России и стран СНГ	114
Таблица 35. Сравнительная таблица технико-экономических показателей буровых станков различных производителей.....	118

Список рисунков

Рисунок 1. Исполнительные механизмы буровых станков	21
Рисунок 2. Структура производства буровых станков по способу бурения в 2003-2009 гг., %.....	34
Рисунок 3. Динамика производства буровых станков в 2003-2009 гг., шт.....	34
Рисунок 4. Динамика производства буровых станков ОАО «КМО» в 2003-2009 гг., шт.....	35
Рисунок 5. Экспорт буровых станков ОАО «КМО» в 2003-2009 гг., шт.....	40
Рисунок 6. Динамика производства буровых станков ЗАО «СМЗ», шт.....	41
Рисунок 7. Динамика производства буровых станков ЗАО «Рудгормаш» в 2003-2009 гг., шт.....	44
Рисунок 8. Динамика производства буровых станков ЗАО «Машиностроительный Холдинг» в 2003-2009 гг., шт.....	50
Рисунок 9. Динамика производства буровых станков ОАО «Бузулуктяжмаш» в 2003-2009 гг., шт.....	55
Рисунок 10. Динамика производства буровых станков ООО «Машзавод «Звезда» в 2003-2009 гг.....	58
Рисунок 11. Динамика производства буровых станков ЗАО «МЭМП» в 2003-2009 гг., шт.....	62
Рисунок 12. Динамика производства буровых станков ОАО «Амурский металлист», шт.....	64
Рисунок 13. Динамика экспорта буровых станков в 2003-2009 гг., шт., %	68
Рисунок 14. Структура экспорта буровых станков по моделям в 2009 г., шт., %	69
Рисунок 15. Динамика импорта буровых станков в 2003-2009 гг., шт.....	71
Рисунок 16. Динамика импорта самоходных буровых станков (установок) в 2003-2009 гг., шт.....	72
Рисунок 17. Динамика импорта несамоходных буровых станков (установок) в 2003-2009 гг., шт.....	72
Рисунок 18. Доля самоходных буровых станков (установок) в импорте 2003-2009 гг., %.....	73
Рисунок 19. Структура поставок буровых станков фирмами Atlas Copco и Sandvik Mining в 2003-2009 гг., шт.....	74
Рисунок 20. Динамика потребления буровых станков для открытых работ в 2003-2009 гг., шт. %.....	105
Рисунок 21. Динамика потребления буровых станков для подземных работ в 2003-2009 гг., шт. %.....	106
Рисунок 22. Динамика объемов взрывааемой горной массы в России в 2005-2009 гг., млн м ³	107
Рисунок 23. Отраслевая структура буровзрывных работ в России в 2008 г., %	108
Рисунок 24. Региональная структура производства буровзрывных работ в России в 2009 г., млн м ³ , %	109
Рисунок 25. Объемы буровзрывных работ на крупнейших предприятиях	

угледобывающей отрасли	110
Рисунок 26. Объемы буровзрывных работ на крупнейших предприятиях добывающих неметаллические и нерудные полезные ископаемые	111
Рисунок 27. Объемы буровзрывных работ на крупнейших железорудных предприятиях.....	111
Рисунок 28. Объемы буровзрывных работ на крупнейших золотодобывающих предприятиях.....	111
Рисунок 29. Объемы буровзрывных работ на крупнейших алмазодобывающих предприятиях	112
Рисунок 30. Динамика суммарной добычи сырой руды по пятнадцати железорудным предприятиям России и стран СНГ	114
Рисунок 31. Структура затрат на бурение станками типа СБШ	116
Рисунок 32. Структура затрат на бурение зарубежными дизельными станками	117
Рисунок 33. Зависимость эффективности бурения от категории буримых пород.....	118
Рисунок 34. Прогноз производства буровых станков в послекризисный период (до 2015 г.), шт.	121

Аннотация

Настоящий отчет посвящен анализу текущего состояния и перспектив развития рынка буровой техники для бурения взрывных скважин в горнодобывающей промышленности России. Работа может представлять интерес:

- для отечественных и зарубежных машиностроительных предприятий, работающих в сегменте буровой техники (динамика, структура, анализ состояния производства и поставок буровых станков);

- для горнодобывающих предприятий (авторы постарались предоставить максимально возможным способом техническую характеристику отечественной и зарубежной техники, представленной на российском рынке);

- для сервисных компаний, выполняющих буровзрывные работы.

Отличительной особенностью настоящей работы от исследований других компаний является детализация рынка буровых станков по отдельным сегментам: станкам для открытых и подземных работ, самоходным и несамоходным станкам. Необходимость в этом возникла в силу сильных различий ситуации с разными видами техники. Например, сектор несамоходной техники для подземных работ характеризуется экспортной ориентированностью, в то время как в секторе самоходных станков происходит постепенное смещение (и из года в год все более активное) приоритетов в пользу зарубежной техники.

В обзоре, также продемонстрированы нюансовые особенности использования буровых станков по способу бурения, проведен сегментационный анализ станков пневмоударного, шарошечного и шнекового бурения.

Отчет состоит из 5 глав, содержит 124 страниц, в том числе 35 таблиц и 34 рисунка. В качестве источников информации использовались данные Федеральной службы государственной статистики (ФСГС) и Федеральной таможенной службы (ФТС) России, официальной статистики железнодорожных перевозок, отраслевой и региональной прессы, годовых и квартальных отчетов эмитентов ценных бумаг, а также интернет-сайтов производителей и дилеров буровой техники.

В первой главе отчета приведена краткая характеристика буровых станков производимых в России, их классификация, основные конструктивные особенности.

Во второй главе проанализировано состояние рынка производства буровых станков, динамика и структура выпуска станков для открытых и подземных работ. При описании производителей станков представлена информация о технической характеристике выпускаемой каждым предприятием техники.

В третьей главе детально (по торговым маркам и моделям буровых станков) проанализированы внешнеторговые операции с буровыми станками, роль и место экспортных и импортных поставок буровых станков. Для

специалистов приводится техническая информация о станках, ввозимых на территорию России торговых марок, как хорошо известных компаний, так и компаний-новичков, пробующих свои силы на российском рынке.

Глава четыре посвящена анализу потребления буровых станков в России. Более детально рассмотрено потребление станков для бурения взрывных скважин при проведении открытых работ. Дана оценка буровзрывных работ в России в отраслевом и региональном структурном разрезе, указаны основные производители буровзрывных работ в угледобывающем секторе, при добыче железорудного сырья, неметаллических и нерудных полезных ископаемых, золота и алмазов.

Отдельно рассматривается вопрос об эффективности использования отечественной и зарубежной техники применительно к конкретным условиям.

В пятой, заключительной, главе оценены перспективы развития рынка буровой техники для бурения взрывных скважин в среднесрочной перспективе (до 2015 г.).

Введение

Будучи главным поставщиком сырьевых ресурсов, горнодобывающая промышленность является базовой отраслью народного хозяйства, фундаментом для развития основных отраслей экономики страны. При разработке большинства видов твердых полезных ископаемых преобладающее развитие получил открытый способ.

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. Бурение представляет собой трудоемкий и дорогостоящий процесс. Стоимость производства буровых работ в крепких породах на открытых разработках достигает 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 вращательный способ бурения - шарошечными и резцовыми коронками. На способ бурения шарошечными коронками приходится до 80% всех объемов бурения, тогда как вращательным способом с резцовыми коронками выполняется около 19%, а ударным методом - до 1%. В ближайшие годы предполагается некоторое сокращение доли шарошечного бурения вследствие расширения области применения 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 320-350 мм; совершенствование автоматизации управления режимами бурения и вспомогательными операциями; осуществление бурения скважин глубиной до 18-24 м без наращивания буровых штанг; освоение новых типов шарошечных долот, режуще-шарошечного бурового инструмента и дополнительных устройств к ним и более интенсивное применение многоцелевых станков, на которых могут быть использованы различные способы бурения (станки комбинированного бурения).

Наиболее популярным диапазоном бурения являются скважины диаметром 200-311 (320) мм, поскольку скорость детонации взрывчатых веществ (ВВ) заметно растет в скважинах диаметром приблизительно до 250-270 мм, а затем она практически не повышается в скважинах диаметром свыше 320 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.

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, особенно у подошвы уступа. Станки для осуществления наклонного бурения скважин на карьерах, как правило, имеют увеличенные на 10-15% массу и на 25% крутящий момент вращателя бурового става 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, однако увеличивается безопасность эксплуатации станка вследствие увеличения расстояния расположения первого ряда скважин от края уступа.

В связи с ростом производственной мощности наиболее крупных разрезов и ведением вскрышных работ мощной высокопроизводительной горнотранспортной техникой с высокими линейными параметрами (например драглайнами) распространение получают уступы мощностью 30-50 м, для чего потребуется бурение наклонных скважин глубиной до 50-70 м.

Общие технические требования к станкам для бурения взрывных скважин при открытых горных работах в горнодобывающей промышленности определяются в соответствии с подразделением их на три подгруппы:

- СБШ - станки вращательного бурения шарошечными долотами с очисткой скважины воздухом (станки шарошечного бурения) с номинальными диаметрами бурения (нормальный ряд) 160, 200, 250, 270, 320 и 400 мм при крепости пород $f=6-18$;

- СБУ - станки ударно-вращательного бурения погружными пневмударниками с очисткой скважины воздухом (станки пневмударного бурения) с номинальными диаметрами бурения - 100, 125, 160 и 200 мм при $f=8-20$ и выше, до предельно крепких;

- СБР - станки вращательного бурения резцовыми коронками с очисткой скважины шнеком (станки шнекового бурения) с номинальными диаметрами бурения 160 и 200 мм при $f \leq 6$.

Основные параметры буровых станков - диаметр, глубина (вертикальной) 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, предусматривают для бурения скважин условные диаметры 100, 125, 200, 250, 320 и 400 мм, что, однако, не исключает применения других диаметров бурения, например 105, 115, 245, 270, 350 мм и пр.

Типаж станков для механического бурения взрывных скважин на открытых горных работах согласно ГОСТ 26698-93 рекомендует глубины бурения вертикальных скважин с наращиванием става: для станков типа СБШ - 36 и 55 м, для станков типа СБР - 24 и 32 м, для станков типа СБУ - 32 и 52 м, а без наращивания става: для станков типа СБШ с условным диаметром скважины 250 мм и более - не менее 20 м и для станков типа СБУ-160 - не

менее 18 м.

В условное обозначение станка входят тип станка, диаметр бурения в миллиметрах и глубина бурения в метрах например СБШ-320-32 (диаметр скважины 320 мм, глубина 32 м). Угол наклона скважины от вертикали устанавливается для всех станков 0° , 15° и 30° , однако может иметь шаг и через 5° .

Допускается изготовление станков с различными комбинациями известных способов бурения. Типоразмер комбинированного станка устанавливается по тому способу бурения, который является преобладающим.

Кроме упомянутых типов станков на карьерах иногда используются, широко распространенные в прошлом, станки ударно-канатного бурения, позволяющие бурить технологические скважины глубиной до 300 м. Для расширения скважин (создания котлов, применяемых на некоторых рудных карьерах) на станках комбинированного бурения могут использоваться термические горелки. Станки огневого бурения с термическими горелками как отдельный вид в настоящее время не выпускаются вследствие их низкой экономичности и слабой конкурентоспособности с другими способами бурения.

1. Характеристика буровых станков, выпускаемых в России

1.1. Классификация буровых машин

Буровые машины, применяемые на открытых и закрытых 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, а также сочетающие их - комбинированные. К механическим относят: машины ударно-вращательного и вращательного бурения шарошечными и резцовыми долотами, производящие разрушение горной породы инструментом в соответствии с прикладываемыми к нему силовыми нагрузками; к физическим: 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.

По форме и характеру воздействия бурового инструмента на породу различают бурение: ударное, вращательное резанием, ударно-вращательное, шарошечное, вращательно-ударное и комбинированное.

Физические или физико-химические способы бурения разрушают породу через жидкую или газообразную среду термическим, взрывным, гидравлическим, электрогидравлическим, ультразвуковым, плазменным, лазерным и другими способами воздействия.

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 напольного

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.

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 механических 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.

Ударное бурение осуществляется за счёт последовательно наносимых по забою ударов долотом. При ударном бурении вращательный момент к долоту не прикладывается. Перед каждым следующим ударом (в момент отскока) инструмент поворачивается на некоторый угол, обеспечивая таким образом разрушение породы по всей площади забоя.

При *ударно-поворотном бурении* вращающий момент незначителен, но инструмент непрерывно вращается вокруг своей оси. 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.

Вращательное бурение резанием осуществляется резцом, непрерывно срезающим и скалывающим частицы породы с забоя по винтовой линии передней гранью под действием приложенных осевого усилия и момента вращения. Одновременно коронка подается на забой вдоль оси скважины со значительным усилием. 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 давление выше, чем при сплошном разбуривании. 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.

Ударно-вращательный способ сочетает признаки ударного и вращательного бурения резанием. При этом способе удары высокой энергии осуществляются погружным ударником (преимущественно пневматическим) при наложении постоянных, относительно небольших осевого усилия и момента вращения. Порода разрушается ударом долота, а оставшиеся гребешки срезаются при его повороте. Способ бурения применяется по крепким, очень крепким и абразивным породам.

Вращательно-ударное бурение объединяет признаки ударного и вращательного способов. По буровому инструменту, прижимаемому к забою с осевым усилием и вращаемому независимым вращателем, непрерывно наносятся удары через хвостовик штанги. Разрушение породы происходит скалыванием и срезанием частиц с забоя. Способ применяется для бурения наклонных и горизонтальных скважин в крепких породах. Широко реализуется во многих конструкциях станков зарубежного производства, а также в ряде отечественных станков типа СБУ.

Шарошечное бурение осуществляется перекачиванием шарошки по забою при вращении долота с высоким моментом и усилием прижатия к забою. Зубья шарошки, набегая на забой, разрушают его ударом и резанием. Способ универсален и весьма распространен. 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.

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 ударно-канатном 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 подразделяют 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 (колонковые и бурильные молотки) и для бурения скважин среднего и большого диаметра (буровые станки).

Буровые машины, используемые на открытых горных разработках, классифицируют следующим образом:

- машины ударного бурения: пневматические бурильные молотки - перфораторы с зависимым вращением бура; станки ударно-канатного бурения;
- машины вращательного бурения: станки вращательного бурения шарошечными долотами; станки вращательного бурения режущими коронками;
- машины ударно-вращательного бурения: станки с погружными пневмоударниками (пневмоударного бурения); перфораторы с независимым вращением бура и внескважинным ударником;
- станки комбинированного бурения (используют сочетания различных способов разрушения горных пород).

1.2. Исполнительные механизмы буровых станков

Независимо от конструкции буровых станков, все они скомпонованы из основных исполнительных механизмов, указанных на рисунке 1.

Вращательно-подающие механизмы

Конструкция вращательно-подающего механизма (ВПМ) определяет принципиальные различия моделей станков (вне зависимости от их типа), диапазоны изменения частот вращения и скоростей 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 общем виде ВПМ содержит: вращатель с редуктором и двигателем для передачи буровому ставу крутящего момента; механизм подачи бурового става на забой; вертлюг или коллектор для подачи сжатого воздуха во внутренний канал штанг; устройства для выполнения вспомогательных машинных операций (свинчивание-развинчивание бурового става и др.).

Наиболее широко применяют три схемы ВПМ, отличающиеся по способу передачи крутящего момента и осевого усилия буровому инструменту.

При первой *торцовой схеме устройства* ВПМ как крутящий момент, так и осевое усилие передаются через торец штанги (станки СБШ-250МНА, СБШ-320). Преимущество торцовой схемы - возможность создания больших осевых усилий и крутящих моментов, простота, надежность, а также возможность применения штанг и долот различных диаметров. Недостаток - ухудшение динамических свойств ВПМ, особенно при большой длине штанг.

При второй *патронной схеме устройства* ВПМ осевое усилие и крутящий момент передаются на штангу через зажимный патрон посредством гидросистемы (станки ЗСБШ-200-60, 5СБШ-200-36). Преимущество патронной схемы -- нижнее расположение привода вращателя; недостатки - ограниченность величины крутящего момента и осевого усилия на долото из-за возможного проскальзывания кулачков патрона по штанге, а также ограниченность рабочего хода подачи гидроцилиндров (на существующих станках типа СБШ-200 в пределах 1 м), что обуславливает значительные потери времени на вспомогательные операции.

При третьей *роторной схеме устройства* ВПМ осевое усилие создается так же, как и по первой схеме, а вращение штанге передается от роторного стола, обычно крепящегося на платформе у основания мачты.

Вращатели всех буровых станков по принципу действия одинаковы и состоят из двигателя и редуктора.

На вращателях применяют электродвигатели переменного и постоянного тока или гидродвигатели. Двигатели постоянного тока и гидравлические позволяют непрерывно регулировать частоту вращения

инструмента и работать на всех породах с оптимальным режимом. В случае применения двигателя переменного тока (например асинхронного) обычно используют двух- и многоскоростные редукторы.

Различают гравитационные, зубчато-реечные, канатные, цепные, поршневые (пневматические и гидравлические) и комбинированные механизмы подачи.

Гравитационные механизмы, в которых подача создается под воздействием весов бурового снаряда и вращателя, применяют на станках вращательного бурения, работающих по слабым породам, где не требуется больших усилий подачи, а также на станках ударно-канатных. Гравитационные механизмы подачи не пригодны для станков, бурящих горизонтальные скважины или наклонные под небольшим углом к горизонту.

Зубчато-реечные механизмы подачи обычно состоят из двух зубчатых реек и входящих с ними в зацепление шестерен. Вал шестерен и их привод установлены на каретке вращателя, а рейки - на мачте станка. Вращение шестерен вызывает перемещение вращателя и бурового снаряда относительно мачты.

В канатных механизмах подачи канат через систему блоков, накручиваясь на барабан, подает буровой снаряд на забой. Достоинство этих механизмов - простота устройства и возможность получения большого хода подачи, без перехвата инструмента.

Пневматические поршневые механизмы подачи применяются в тех случаях, где не требуется особенно больших усилий подачи. При больших усилиях подачи (порядка нескольких десятков килоньютон) применяют гидравлические поршневые механизмы подачи, часто в сочетании с канатно-полиспастной или цепной системой.

Цепные механизмы подачи представляют собой бесконечную втулочно-роликовую цепь через ведущие звездочки, перемещающую каретку вращателя по направляющим мачты.

Комбинированные механизмы подачи представляют собой сочетание канатных или цепных систем с поршневыми.

В зависимости от силовой схемы нагружения става привод вращения размещается внизу - на платформе, или наверху - на подвижной каретке бурового става. При вращательно-подающем механизме патронного типа (6СБШ-200-32) нижнее расположение вращателя позволяет снизить центр тяжести станка и увеличить его устойчивость при переездах с поднятой мачтой. Цепную подачу используют на отечественных станках типа СБУ-125 и СВР-125 и ряде станков зарубежного производства. Вращательно-подающий механизм шпиндельного типа с верхним торцовым расположением вращателя и канатно-полиспастной или цепной подачей применяют практически на всех типах станков вращательного, пневмоударного и шарошечного бурения (за исключением серии станков 4СБШ-200-40; 3СБШ-200-60 и 5СБШ-200-36). На шарошечном станке СБШ-160-48 применена реечная подача.

Для гашения низкочастотных колебаний бурового става, возникающих

при интенсификации режимов бурения (повышения частоты вращения долота и осевого усилия), и уменьшения передачи вибраций на конструкции станка применяют *амортизаторы*, которые размещают в различных местах бурового снаряда.

Наиболее распространенным видом амортизаторов являются упругие муфты, устанавливаемые между шпинделем вращателя и буровым ставом.

Известны конструкции наддолотных амортизаторов устанавливаемых между долотом и буровыми штангами. Он состоит из двух перемещающихся относительно друг друга труб, между которыми располагаются упругие элементы для гашения осевых и крутильных колебаний, возникающих при работе долота в забое, что позволяет повысить механическую скорость бурения и проходку на долото.

Устройства для удаления буровой мелочи из скважины, пылеулавливания и пылеподавления

Буровая мелочь из скважины может удаляется продувкой, шнеками или шнекопневматической очисткой, а также промывкой и отсасыванием. Первые два способа применяют на машинах вращательного действия. Шнековый способ прост и надежен, но не пригоден для машин других типов. На карьерах при бурении скважины станками, оборудованными погружными пневмоударниками и шарошками, распространена продувка. Промывку скважин на открытых горных работах не используют. Отсасывание находит применение при подземном бурении бурильными молотками.

Шнековую очистку вертикальной скважины осуществляют на частотах вращения шнека выше критической.

Шнекопневматическую очистку скважин на станках шнекового бурения проводят с применением дополнительного оборудования: компрессора с подачей 5-9 м³/мин, устройства для подвода сжатого воздуха к вращающемуся буровому ставу, специальных шнековых штанг. Такая очистка увеличивает скорость и производительность бурения, вследствие полной очистки забоя скважины даже при пониженной частоте вращения става, на 20-30% оптимальную глубину бурения в сухих и в 2-2,5 раза в обводненных породах, а также в 2,5-3 раза износоустойчивость режущего инструмента и шнековых штанг.

Продувку скважин применяют при шарошечном и пневмоударном способах бурения.