



**исследовательская группа**

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

---

# Обзор рынка буровых станков для открытых работ в России и на Украине

*Демонстрационная версия*

**Москва  
июнь, 2012**

## Содержание

<b>Аннотация.....</b>	<b>10</b>
<b>Введение .....</b>	<b>11</b>
<b>1. Характеристика буровых станков, выпускаемых в России .....</b>	<b>14</b>
1.1. Классификация буровых машин.....	14
1.2. Исполнительные механизмы буровых станков .....	18
1.3. Конструкции буровых станков.....	25
<b>2. Производство буровых станков в России.....</b>	<b>30</b>
2.1. Производство буровых станков для открытых работ в России ..	30
2.2. Текущее состояние крупнейших российских предприятий- производителей буровых станков для открытых работ.....	32
ОАО «Кыштымское машиностроительное объединение» .....	32
ЗАО «УГМК «Рудгормаш» (Воронеж).....	40
ОАО «Бузулуктяжмаш» .....	51
ООО «Машзавод «Звезда» .....	54
ООО «ИЗ-КАРТЭКС им. Коробкова» .....	57
ЗАО «Можайское экспериментально-механическое предприятие» .....	59
ОАО «Амурский металлист».....	62
ЗАО «Машиностроительный Холдинг».....	66
<b>3. Производство буровых станков на Украине .....</b>	<b>68</b>
ОАО «Криворожский завод горного машиностроения» .....	69
ООО «Завод буровой техники «ДСД» (Украина).....	72
<b>4. Внешнеторговые операции с буровыми станками .....</b>	<b>74</b>
4.1. Экспорт буровых станков из России.....	74
4.2. Импорт буровых станков в Россию.....	76
4.3. Экспорт буровых станков из Украины .....	84
4.4. Импорт буровых станков на Украину.....	85
4.5. Буровые станки зарубежного производства, представленные на российском и украинском рынке .....	88
Atlas Copco .....	88
Sandvik .....	93
Schramm.....	100
Furukawa .....	102
Hanjin D & B Co. Ltd .....	104
Everdigm .....	106
Techmo GmbH .....	107
Junjincsm Co. Ltd, (JUNJIN) .....	109
Zhejiang Kaishan .....	110
Sunward.....	110

<b>5. Анализ спроса на буровые станки для открытых работ в России и на Украине в 2007-2011 гг.</b> .....	<b>112</b>
5.1. Потребление буровых станков для открытых работ в России ..	112
5.2. Потребление буровых станков для открытых работ на Украине в 2007-2011 гг. ....	117
5.3. Структура потребления буровых станков для открытых работ в России.....	121
5.4. Ситуационный анализ и перспективы развития основных потребляющих отраслей.....	126
5.4.1. Добыча железорудного сырья.....	126
5.4.2. Добыча неметаллических руд и нерудных строительных материалов.....	134
5.4.3. Угледобывающая промышленность.....	140
<b>6. Сравнение буровых станков отечественного и зарубежного производства</b> .....	<b>145</b>
<b>7. Ценовой анализ рынка буровых станков для открытых работ отечественного и импортного производства</b> .....	<b>150</b>
<b>8. Прогноз развития производства буровых станков в послекризисный период (до 2020 г.)</b> .....	<b>151</b>
<b>Приложение. Контактная информация предприятий</b> .....	<b>154</b>

## Список таблиц

Таблица 1. Динамика производства буровых станков для открытых работ в России в 2007-2011 гг., шт.

Таблица 2. Технические характеристики наземных буровых станков, выпускаемых ОАО «КМО»

Таблица 3. Сравнение технических характеристик буровых станков ОАО «КМО» – СБУ-100М, СБУ-100ГА-50 и станка Atlas Copco ROC460HF

Таблица 4. Экспорт буровых станков для открытых работ ОАО «КМО» в 2007-2011 гг., шт., тыс. \$

Таблица 5. Технические характеристики буровых станков, выпускаемых ЗАО «УГМК «Рудгормаш»

Таблица 6. Технические характеристики буровых станков производства ОАО «Бузулуктяжмаш»

Таблица 7. Технические характеристики станков, выпускаемых ООО «Машзавод «Звезда»

Таблица 8. Технические характеристики станков, выпускаемых ООО «ИЗ-КАРТЭКС»

Таблица 9. Технические характеристики бурового станка БТС-150БМ, выпускаемого ЗАО «МЭМП»

Таблица 10. Технические характеристики бурового станка «Буран-1» производства ОАО «Амурский металлист»

Таблица 11. Технические характеристики буровой установки для открытых работ СБ-350 производства ЗАО «Машиностроительный холдинг»

Таблица 12. Основные экономические показатели Украины в 2007-2011 гг., %

Таблица 13. Технические характеристики буровых станков для открытых работ, выпускаемых ОАО «КЗГМ»

Таблица 14. Динамика и структура российского экспорта буровых станков для открытых работ по производителям в 2007-2011 гг., шт.

Таблица 15. Географическая структура российского импорта буровых станков для открытых работ в 2007-2011 гг., шт., тыс. \$, тыс. \$/шт.

Таблица 16. Импортные поставки в РФ буровых станков для открытых работ крупнейших зарубежных производителей в 2007-2011 гг., шт., тыс. \$, тыс. \$/шт.

Таблица 17. Объемы российского импорта буровых станков для открытых работ с разбивкой по областям РФ в 2007-2011 гг., шт.

Таблица 18. Объемы российского импорта буровых станков с разбивкой по основным покупателям в 2007-2011 гг., шт.

Таблица 19. Импортные поставки на Украину буровых станков для открытых работ крупнейших зарубежных производителей в 2007-2011 гг., шт., тыс. \$, тыс. \$/шт.

Таблица 20. Характеристики буровых станков Atlas Copco для открытых работ

Таблица 21. Номенклатура, объемы, цены импортируемых в Россию

буровых станков Atlas Copco в 2010-2011 г., шт., тыс. \$, тыс. \$/шт.

Таблица 22. Роторные буровые установки фирмы Sandvik Mining для бурения взрывных скважин

Таблица 23. Буровые станки фирмы Sandvik Mining с погружным пневмударником при высоком давлении (серия DI)

Таблица 24. Буровые станки фирмы Sandvik Mining с погружным пневмударником (серия DR)

Таблица 25. Буровые станки с гидравлическим перфоратором для открытых горных работ серии DPi фирмы Sandvik Mining

Таблица 26. Буровые станки с гидравлическим перфоратором для открытых горных работ серии DX фирмы Sandvik Mining

Таблица 27. Радиоуправляемые буровые станки с гидравлическим перфоратором для открытых горных работ серии DXR фирмы Sandvik Mining

Таблица 28. Буровые установки на колесном ходу для открытых горных работ серии DC 301R фирмы Sandvik Mining

Таблица 29. Номенклатура, объемы, цены импортируемых в Россию буровых станков Sandvik в 2010-2011 г., шт., тыс. \$, тыс. \$/шт.

Таблица 30. Технические характеристики буровых станков фирмы Schramm

Таблица 31. Номенклатура, объемы, цены импортируемых в Россию буровых станков Furukawa в 2010-2011 г., шт., тыс. \$, тыс. \$/шт.

Таблица 32. Технические характеристики буровой установки POWER 6000 SCDB фирмы Hanjin D & B Co. Ltd

Таблица 33. Технические характеристики буровой установки RD10-EV фирмы Everdigm

Таблица 34. Технические характеристики буровых станков для открытых работ фирмы Techmo GmbH (Австрия)

Таблица 35. Характеристики станков SWDB 120 и SWDA 165

Таблица 36. Баланс производства-потребления буровых станков для открытых работ в России в 2007-2011 гг., шт.

Таблица 37. Баланс производства-потребления буровых станков для открытых работ в России в 2007-2011 гг. в денежном выражении, млн \$

Таблица 38. Баланс производства-потребления буровых станков для открытых работ на Украине в 2007-2011 гг., шт.

Таблица 39. Баланс производства-потребления буровых станков для открытых работ на Украине в 2007-2011 гг. в денежном выражении, млн \$

Таблица 40. Структура буровзрывных работ по основным предприятиям горнодобывающих отраслей в 2011 г., %

Таблица 41. Распределение действующих карьеров России по добыче железной руды в 2010 г.

Таблица 42. Объемы буровых работ и производительность буровых станков на железорудных карьерах 8 крупнейших ГОКов России в 1990-2010 гг., тыс. м, шт.

Таблица 43. Показатели буровзрывных работ на крупных

железорудных карьерах России в 1990-2010 гг.

Таблица 44. Использование бурового оборудования на железорудных карьерах России в 2010 г.

Таблица 45. Список крупнейших производителей щебня в России

Таблица 46. Добыча угля в 2010 г. на крупнейших угледобывающих разрезах России с разбивкой по экономическим районам, тыс. т

Таблица 47. Расчетная динамика добычи угля в России до 2030 г. по Федеральным Округам, млн т

Таблица 48. Сравнительная таблица технико-экономических показателей буровых станков различных производителей

Таблица 49. Цены на некоторые модели буровых станков отечественных и зарубежных производителей, тыс. \$

## Список рисунков

- Рисунок 1. Исполнительные механизмы буровых станков
- Рисунок 2. Динамика производства буровых станков в России в 2003-2011 гг., шт.
- Рисунок 3. Динамика производства буровых станков ОАО «КМО» в 2007-2011 гг., шт.
- Рисунок 4. Экспорт буровых станков (для открытых и подземных работ) ОАО «КМО» в 2007-2011 гг., шт.
- Рисунок 5. Динамика производства буровых станков ЗАО «УГМК «Рудгормаш» в 2007-2011 гг., шт. млн \$
- Рисунок 6. Динамика поставок буровых станков производства ЗАО «УГМК «Рудгормаш» на внешний и внутренний рынки в 2007-2011 гг., шт.
- Рисунок 7. Динамика производства буровых станков ОАО «Бузулуктяжмаш» в 2003-2011 гг., шт.
- Рисунок 8. Динамика производства буровых станков ООО «Машзавод «Звезда» в 2007-2011 гг., шт.
- Рисунок 9. Динамика производства буровых станков ЗАО «МЭМП» в 2003-2011 гг., шт.
- Рисунок 10. Динамика производства буровых станков для открытых работ ОАО «Амурский металлист» в 2003-2011 гг., шт.
- Рисунок 11. Динамика производства бурового и проходческого оборудования ОАО «Криворожский завод горного машиностроения» в 2007-2011 г., шт.
- Рисунок 12. Динамика производства буровых станков для открытых работ ООО «Завод буровой техники «ДСД» в 2006-2011 гг., шт., млн \$
- Рисунок 13. Динамика экспорта буровых станков для открытых работ из РФ в 2007-2011 гг., шт., млн \$
- Рисунок 14. Динамика импорта буровых станков для открытых работ в РФ в 2007-2011 гг., шт., млн \$
- Рисунок 15. Изменение географической структуры российского импорта буровых станков для открытых работ в 2011 г. по сравнению с 2008 г., %
- Рисунок 16. Распределение импортных поставок в Россию буровых станков для открытых работ в денежном выражении по компаниям-производителям в 2011 г., %
- Рисунок 17. Динамика украинского экспорта буровых станков для открытых работ в 2007-2011 гг., шт., млн \$
- Рисунок 18. Динамика импорта буровых станков для открытых работ на Украину в 2007-2011 гг., шт., млн \$
- Рисунок 19. Динамика производства, экспорта, импорта и потребления буровых станков для открытых работ в России в 2007-2011 гг., шт.
- Рисунок 20. Структура российского рынка буровых станков для открытых работ в 2007-2011 гг. по производителям (в натуральном выражении), %
- Рисунок 21. Структура российского рынка буровых станков для открытых работ в 2007-2011 гг. по производителям (в денежном выражении), %

- Рисунок 22. Структура украинского рынка буровых станков для открытых работ в 2007-2011 гг. по производителям (в натуральном выражении), %
- Рисунок 23. Структура украинского рынка буровых станков для открытых работ в 2007-2011 гг. по производителям (в денежном выражении), %
- Рисунок 24. Динамика объемов взрывааемой горной массы в России в 2007-2011 гг., млн м<sup>3</sup>
- Рисунок 25. Отраслевая структура буровзрывных работ в России в 2011 г., %
- Рисунок 26. Региональная структура производства буровзрывных работ в России в 2011 г., млн м<sup>3</sup>, %
- Рисунок 27. Динамика производства товарной железной руды в России в 1998-2011 гг., млн т
- Рисунок 28. Удельный вес открытого и подземного способов добычи железной руды в России, %
- Рисунок 29. Динамика выемки горной массы на открытых работах при добыче железной руды в России в 1990-2011 гг., млн м<sup>3</sup>
- Рисунок 30. Прогноз добычи железорудного сырья в России на период до 2020 г., млн т
- Рисунок 31. Динамика добычи нерудных строительных материалов в России в 2004-2011 гг., млн м<sup>3</sup>
- Рисунок 32. Динамика производства щебня и гравия в России в 2000-2011 гг., млн м<sup>3</sup>, %
- Рисунок 33. Динамика добычи угля в России подземным и открытым способом в 2005-2011 гг., млн т
- Рисунок 34. Средняя структура затрат на бурение станками типа СБШ
- Рисунок 35. Средняя структура затрат на бурение зарубежными дизельными станками, %
- Рисунок 36. Зависимость эффективности бурения от категории буримых пород
- Рисунок 37. Прогноз потребления буровых станков для открытых работ в России на период до 2020 г., шт., млн \$
- Рисунок 38. Прогноз потребления буровых станков для открытых работ в России на период до 2020 г., шт., млн \$

## Аннотация

Настоящий отчет посвящен исследованию текущего состояния рынка буровых станков для открытых работ в России и на Украине и прогнозу его развития. Отчет состоит из 8 частей, содержит 155 страниц, в том числе 38 рисунков, 49 таблиц и 1 приложение. Представленная работа является кабинетным исследованием. В качестве источников информации использовались данные ФСГС, Федеральной таможенной службы РФ, базы железнодорожных перевозок по РФ ОАО «РЖД», Госкомстата Украины, Государственной таможенной службы Украины, годовых и квартальных отчетов эмитентов ценных бумаг, отраслевой и региональной прессы, а также интернет-сайтов предприятий-производителей буровых станков. Кроме того, были проведены телефонные интервью с представителями крупнейших предприятий-производителей буровых станков в России и на Украине.

В 1 главе отчета приведена краткая характеристика буровых станков, их классификация, основные конструктивные особенности.

Во 2 и 3 главах проанализировано состояние рынка производства буровых станков, динамика и структура выпуска в России и на Украине. При описании производителей станков представлена информация о технических характеристиках выпускаемой каждым предприятием техники.

В 4 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, как хорошо известных брендов, так и продукции компаний-новичков, пробующих свои силы на российском рынке.

Глава 5 посвящена анализу потребления буровых станков в России и на Украине. Дана оценка буровзрывных работ в России в отраслевом и региональном разрезе, указаны основные производители буровзрывных работ в угледобывающем секторе, при добыче железорудного сырья, неметаллических и нерудных полезных ископаемых, золота и алмазов.

В 6 главе рассматривается вопрос об эффективности использования отечественной и зарубежной техники применительно к конкретным условиям.

В 7 главе приводятся данные по ценам на наиболее популярные модели буровых станков отечественных и зарубежных производителей.

В 8, заключительной главе оценены перспективы развития рынка буровой техники для открытых работ в среднесрочной перспективе (до 2020 г.).

В приложении – адреса и контактная информация предприятий-производителей буровой техники в России и на Украине.

Настоящее исследование может быть полезно:

- российским и зарубежным производителям буровых станков;
- торговым представителям компаний-производителей;
- потребителям буровых станков: ГОКам, щебеночным карьерам, угольным разрезам и др.

## 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, буровые работы являются одним из основных производственных процессов.

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 бурение шарошечными коронками приходится до 80% всех объемов работ, тогда как вращательным способом с резцовыми коронками выполняется около 19%, а ударным методом – до 1% бурения. В ближайшие годы предполагается некоторое сокращение доли шарошечного бурения вследствие расширения области применения ударно-вращательного способа бурения, тогда как доля вращательного бурения меняться не будет.

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 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 м<sup>3</sup> вскрыши.

В настоящее время на открытых разработках широко используют направленное бурение скважин параллельно откосу уступа, сокращающее удельный расход бурения и ВВ (приходящихся на 1 м<sup>3</sup> 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 высокопроизводительной горнотранспортной техникой с высокими линейными параметрами (например, драглайнами) распространение получают уступы мощностью 30-50 м, для чего требуется 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 шарошечного бурения) – станки вращательного бурения шарошечными долотами с очисткой скважины воздухом с номинальными диаметрами бурения (нормальный ряд) 160, 200, 250, 270, 320 и 400 мм при крепости пород  $f=6-18$  по шкале Протоdjeяконова.

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

- СБР (станки шнекового бурения) – станки вращательного бурения резовыми коронками с очисткой скважины шнеком 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, 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 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, а благодаря 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 агрегаты 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 (рис. 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 удаляться 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 м<sup>3</sup>/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.

Рисунок 1. Исполнительные механизмы буровых станков



Источник: «Инфомайн» на основе данных технической литературы

*Мокрое пылеулавливание* способствует лучшему охлаждению долота и очистке воздуха и используется на шарошечных станках СБШ по требованию заказчика. Недостатки способа: высокий расход воды, затраты на ее подогрев в зимнее время, невозможность использовать буровую мелочь для забойки скважины.

На всех типах станков пневмоударного бурения и на большинстве типов шарошечного применяют системы *сухого пылеулавливания*. Они работают по принципу очистки воздуха, выносящего из скважины продукты бурения, в последовательно установленных ступенях фильтров.

Расход воздуха зависит от скорости восходящего потока и площади поперечного сечения зазора между стенками скважины и буровой штанги. Фактическую подачу компрессоров бурового станка выбирают на 15-20% большей, чем теоретическая величина, в связи с возможными большими утечками воздуха по трещинам при бурении трещиноватых пород. Установки сухого пылеулавливания отличаются друг от друга только формой пылеприемника и числом ступеней фильтров фильтрационной камеры.

Установка мокрого пылеподавления применяется на станках СБШ-250МНА-32, СБШ-250-55 и СБШ-270ИЗ и предусматривает впрыскивание под давлением некоторого количества воды или мыльной эмульсии в трубопровод, подающий сжатый воздух к забою скважины через форсунки. 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 мощного вентилятора сдувается в сторону от устья скважины. В зимнее время водяная система обогревается.

### **Устройства для подвода сжатого воздуха и рабочих компонентов к вращающемуся буровому ставу**

Для осуществления рабочего процесса к вращающемуся буровому ставу необходимо подавать сжатый воздух, воду, а у станков комбинированного бурения, имеющих термические горелки, и топливо – через невращающиеся подводящие устройства, входящие как конструктивный элемент в вертлюг.

Вертлюг служит для подачи сжатого воздуха от невращающегося рукава к вращающемуся буровому ставу, а также для поддержания верхнего конца штанги при бурении и быстрого подъема става из скважины.

Стопорение шпинделя от вращения при наращивании бурового става производится с помощью рычага стопора, управляемого гидроцилиндром, смонтированным на кронштейне и оси траверсы. Стопор используется в случае развинчивания бурового става при глубине скважины не кратной длине штанги.

## **Устройства для хранения, подачи штанг и свинчивания (развинчивания) бурового става**

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 барабанного, секторного типов и индивидуальные, тогда как на станках пневмоударного бурения – преимущественно барабанного. Емкость кассет секторного типа не превышает трех-четырех штанг, барабанного – восьми. Индивидуальные кассеты имеют в установке одну штангу. В мачте могут быть установлены не более 3-х кассет индивидуального типа.

*Механизм свинчивания (развинчивания) штанг и долота* 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 в виде выдвижной вилки или штоков двух гидроцилиндров, захватывающих проточки нижней штанги, и храповой механизм стягивания резьбы, приводимые в действие силовыми гидроцилиндрами. После страгивания резьбового соединения процесс развинчивания (свинчивания) осуществляется вращателем.

В станках с гидравлическим приводом метод страгивания упрощен. Для облегчения страгивания или затягивания резьбового соединения штанг каждый стакан нижней плиты имеет возможность поворота вокруг своей оси на угол 90-120°, что позволяет осуществить ударное воздействие на резьбовое соединение, используя для этого только двигатель вращателя.

### **Гидравлические системы**

Гидравлические системы 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.

## Пневматические системы

Пневматические системы 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.

## Ходовое оборудование

Ходовое оборудование буровых станков совместно с рамой платформы 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 воспринимает нагрузки от веса станка и реакции на рабочее оборудование в процессе бурения, а также обеспечивает устойчивость станка в рабочем и транспортном положениях. Ходовое оборудование станка также обеспечивает 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. Буровые станки всех типоразмеров имеют в основном гусеничное ходовое оборудование, за исключением станков СБУ-100Н (несамоходного на салазках) и СБУ-100П (на пневмоколесном ходовом оборудовании).

*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.

*Пневмоколесное* ходовое оборудование станка СБУ-100П представляет собой приводное индивидуальное шасси. В качестве ходового оборудования буровых машин может быть использовано также и автомобильное шасси.