

**РЕСПУБЛИКА УЗБЕКИСТАН
НАВОЙСКИЙ ГОРНО-МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИЙ КОМБИНАТ
НАВОЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГОРНЫЙ ИНСТИТУТ**

На правах рукописи

Утаев Санжар Гуломиддинович

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ РАБОТА**

на тему:

**«ИССЛЕДОВАНИЯ И РАЗРАБОТКА ОПТИМАЛЬНЫХ
РЕЖИМНЫХ ПАРАМЕТРОВ БУРЕНИЕ ШАРОШЕЧНЫМИ
ДОЛОТАМИ В УСЛОВИЯ РУДНИКА КАРА-КУТАН»**

Направление бакалавриата –5521400– «Горная электромеханика»

Работа рассмотрена и допускается
к защите

Зав. кафедрой «Горная
электромеханика»

_____ доц. Тошов Б.Р.

«_____» _____ 2009 г.

Научный руководитель

_____ ст.преп. Махмудов А.М.

«_____» _____ 2009 г.

Разработчик

_____ Утаев С.Г.

Навоий - 2009 г.

Содержание

| | |
|---|------|
| Введение | стр. |
| Глава 1. Анализ состояния вопроса процесса бурения, цель, задачи и методы исследований | |
| 1.1 Анализ литературных источников и основные тенденции в развитии буровых работ карьеров..... | |
| 1.2 Анализ горно-геологических условий ведения горных работ на карьере «Кара-Кутан»..... | |
| 1.3 Основные направления развития буровых работ и в карьерах со сложным строением массива..... | |
| 1.4 Цель, задачи и методы исследований..... | |
| Глава 2. Исследование методов и средств повышения эффективности буровых работ в различных горно-геологических условиях | |
| 2.1 Исследование физико-механических свойств горных пород как объекта воздействия бурового инструмента..... | |
| 2.2 Теоретические исследования бурения шарошечными долотами | |
| 2.3 Исследования взаимосвязей конструктивных параметров долот и режимных параметров бурения с характеристиками пород..... | |
| 2.4 Исследование износостойкости бурового инструмента в различных горно-геологических условиях..... | |
| Глава 3. Исследования и разработка оптимальных режимных параметров шарошечными долотами | |
| 3.1 Методика определения рациональных режимных параметров в лабораторных условиях..... | |
| 3.2 Методы повышения эффективности бурения взрывных скважин станками СБШ-250МНА..... | |
| 3.3 Методика проведения учета работоспособности и испытаний | |

| | |
|--|--|
| бурового инструмента..... | |
| 3.4 Исследования процесса бурения взрывных скважин станками ударно вращательного бурения..... | |
| Глава 4. Оптимизация параметров буровых работ и технико-экономические показатели..... | |
| 4.1 Общие положения по определению оптимальных параметров буровых работ в технологических потоках карьера..... | |
| 4.2 Сравнительный расчет буровых станков шарошечного и ударно-вращательного бурения..... | |
| 4.3 Результаты хронометража процесса бурения на руднике «Кара-Кутан»..... | |
| 4.4 Разработка технического регламента по установлению оптимальных режимных параметров шарошечными долотами и технико-экономические показатели..... | |
| Заключение..... | |
| Список использованной литературы | |

1. ВВЕДЕНИЕ

Актуальность работы. Горнодобывающая промышленность Республики Узбекистан на современном этапе характеризуется интенсивным развитием открытого способа разработки полезных ископаемых, который приобрел преобладающее значение при добыче руд цветных металлов и золота, горно-химического сырья и строительных материалов.

Буровзрывные работы, являясь одной из важнейших технологических операций единого процесса добычи полезных ископаемых открытым способом, в значительной степени определяют технико-экономические показатели горного предприятия в целом. Наибольшие трудности и проблемы возникают при разработке скальных сложно структурных месторождений, характеризующихся разнообразием трещиноватых и нарушенных горных пород, сложной морфологией рудных тел, что обуславливает необходимость их селективной отработки. Положение осложняется тем, что карьеры развиваются по пути увеличения глубины и применения различной выемочно-погрузочной и транспортной техники.

Бурение скважин представляет собой трудоемкий и дорогостоящий процесс. Стоимость буровых работ на открытых разработках достигает до 25 – 40% от общей стоимости добычи 1 т горной массы. Очевидно, решение задач, поставленных правительством Республики Узбекистан по увеличению производительности и снижению себестоимости добычи полезных ископаемых, невозможно без интенсификации процесса буровзрывных работ. Этого можно достичь за счет использования новых, более эффективных породоразрушающих инструментов, рационального выбора силовых и режимных параметров в заданных горнотехнических условиях.

В настоящее время основной объем бурения взрывных скважин осуществляется шарошечными долотами. Со времен изобретения двух - и

трехшарошечных долот с конусными шарошками, их геометрия постоянно совершенствуется. Это обусловлено тем, что шарошечное долото по механизму взаимодействия с поверхностью забоя скважины универсально. К настоящему времени созданы сотни типоразмеров и модификаций шарошечных долот. Поиск новых, более эффективных модификаций буровых долот продолжается, также совершенствуется режимные и силовые показатели бурения.

Поэтому при возрастающих объемах шарошечного бурения взрывных скважин на открытых горных работах разработка оптимальных режимных и силовых параметров бурения является весьма **актуальной** научной задачей.

Цель исследования – повышение эффективности бурения взрывных скважин на карьерах рудника Кара-Кутан путем разработки оптимальных режимных параметров бурения шарошечными долотами.

Задачи исследования:

- Анализ основных тенденций в развитии буровых работ на карьерах со сложным строением массива.
- Исследования горно-геологических условий ведения горных и буровых работ и физико-механических свойств горных пород как объекта воздействия бурового инструмента.
- Установление закономерностей механизма разрушения и кинематики работы шарошечных долот.
- Определить рациональное сочетание параметров бурового инструмента, режимных параметров бурения и характеристик бурового станка для всего многообразия пород в контурах карьера Кара-Кутан;
- Разработать рекомендации для выбора бурового инструмента и совершенствования буровых станков для конкретных горнотехнических условий;
- Разработка технического регламента по установлению оптимальных параметров буровых работ и режимных параметров бурения.

- Расчет, анализ и обработка опытно-экспериментальных данных по бурению с помощью математической статистики и корреляционного анализа.

Объект и предмет исследования. Объектом исследования является бурение взрывных скважин на карьерах. Предмет исследования – режимные параметры бурения шарошечными долотами, позволяющее оптимизации бурения взрывных скважин в широком диапазоне по крепости, абразивности и перемежаемости горных пород.

Методы исследований. Квалификационная работа выполнена с применением комплексных методов исследований, включающих: анализа и синтеза; экспериментальные исследования; теоретические исследования и методов математической статистики и хронометражных наблюдений.

Основные положения, выносимые на защиту.

1. Выбор оптимального типа буровых долот для конкретных участков месторождения прямо пропорционально зависит от показателя трудности по бурению горных пород, а также зависит от естественной трещиноватости массива и перемежаемости различных типов горных пород по длине.

2. Изменение усилия и параметров разрушения горных пород зависит от конструкции шарошечного долота и механизма разрушения при воздействии его в забое скважины.

3. Повышение эффективности процесса бурения и износостойкость бурового инструмента устанавливается исследованием системы «физико-механических свойства породы – конструктивные параметры инструмента – силовые и режимные параметры бурового станка».

Научная и практическая значимость результатов исследования:

- разработаны теоретические основы повышения эффективности работы шарошечного долота в зависимости от установления режимных и силовых параметров бурения для конкретных условий забоя скважины и перемежаемости различных типов горных пород по длине скважины.

- разработана технический регламент оптимальных режимных параметров бурения для условий разработки месторождения рудника Кара-Кутан, позволяющая бурить взрывные скважины в широком диапазоне по крепости, абразивности и перемежаемости горных пород.

• **Опубликованность результатов.** Основные положения диссертационной работы отражены в 14 публикациях автора, в том числе: 9 научных статьях, 4 тезисах и 1 патенте.

Структура и объем диссертации. Квалификационная работа состоит из введения, четырех глав, заключения и списка использованной литературы. Содержание работы изложено на [] страницах, включая [] таблиц, [] иллюстраций, список использованных источников из [] наименований работ местных и зарубежных авторов.

Автор выражает искреннюю благодарность к.т.н. Бибик И.П. и к.т.н. Тошеву Ж.Р. за ценные рекомендации при подготовке работы.

Глава 1. Анализ состояния вопроса процесса бурения, цель, задачи и методы исследований

1.1. Анализ литературных источников и основные тенденции в развитии буровых работ карьеров

Большой вклад в разработку научных основ и в создание высокоэффективных породоразрушающих инструментов внесли ученые, такие как Т.Г.Агашашвили, О.Д.Алимов, В.Н.Арцимович, Л.И.Барон, Б.Н.Кутузов, Д.Н.Башкатов, В.С.Владиславлев, Б.А.Катанов, Г.М.Крюков, Т.И.Маньковский, В.А.Перетолчин, Б.Р. Ракишев, В.В.Симонов, Б.А.Симкин, В.С.Федоров, Г.А.Хесин, Л.А.Шрейнер, Р.М.Эйгелес и другие. В трудах этих ученых исследованы и получены параметрические уравнения кинематики долота, результаты которых пригодны только для качественного анализа процесса разрушения и создания рациональных типов долот.

Сопrotивляемость горных пород и механизм ее разрушения при бурении устанавливались при изучении напряженного и деформированного состояния горных пород под действием бурового инструмента при помощи методов теории упругости поскольку большинство горных пород – хрупкие тела и имеют ограниченные пластические свойства.

Одни исследователи при изучении напряженного состояния горных пород под действием породоразрушающего бурового инструмента применяют задачу Буссинеска и определяют распределение напряжений и деформацию в породе, а также величину усилия, необходимую для ее разрушения. Другие выявляют напряженное состояние горных пород при бурении, находя взаимосвязь между действиями бурового инструмента и индикаторов-пуансонов на границу полуплоскости или полупространства. Наиболее успешное решение задачи по выяснению механизма разрушения

горных пород при бурении получено Л.А. Шрейнером . Им сформулированы основные теоретические предпосылки механизма разрушения горных пород при бурении.

При изучении процесса разрушения горных пород при вдавливании различных индикаторов Л.А. Шрейнер пришел к выводу, что прочностные характеристики пород при бурении следует определять методом внедрения штампов в испытуемое тело. «Твердость по штампу» Л.А. Шрейнера определяется отношением нагрузки, вызывающей разрушение тела под штампом, к площади основания штампа.

Процесс разрушения пород, происходящий под воздействием штампа в реальных условиях, т. е. в условиях забоя скважины и скважин частично изучен И.А. Остроушко. Сущность его исследований заключается в том, что под пуансоном формируется конический объем, диаметр основания которого равен ширине пуансонов.

На основе выполненных исследований И.А. Остроушко приходит к выводу, что эффективность разрушения и сила, необходимая для бурения горных пород, зависят от формы и размера порода разрушающего инструмента, от режима бурения, свойств породы, а также от степени ограничения пространства с боков породообразующего инструмента. Однако зависимость значений P и V от степени ограничения пространства с боков породоразрушающего инструмента автором не исследована. Этот вопрос частично рассматривали Л.С. Симонянц, Б.А. Жлобинский, В.И. Зварыгин, Р.М. Эейгелес, К.И. Иванов, Г.Л. Хесин, Д.В. Рябченко, В.С. Владиславев, Е.З. Позин и др.

При экспериментальных исследованиях распределения напряжений в породе под действием бурового инструмента поляризационным методом К.И. Иванов и др. обнаружили, что если долото находится на поверхности гладкого забоя, то напряжение возрастает к краям лезвия, если же в скважине, то напряжения по углам уменьшаются, а в стенке скважины

возникают растягивающие напряжения, достигающие максимума по углам. Однако при вращательном способе бурения эти вопросы еще не исследованы.

Учитывая большой износ резцов при бурении крепких горных пород при незначительном внедрении их в породу, некоторые исследователи предлагают отказаться от вращательного способа бурения и перейти на ударно-вращательный.

Вопросы износостойкости бурового инструмента и абразивные свойства горных пород в последнее время разрабатываются многими исследователями.

Ударно-вращательный способ бурения развивается как самостоятельный. В этом немалая заслуга авторов работ, научно обосновавших механизм разрушения горных пород и разработавших конструкции порода разрушающего инструмента, предназначенного для ударно-вращательного бурения.

Наибольший интерес с точки зрения изучения механизма разрушения горных пород при действии плоского штампа на границе полуплоскости представляют работы Ю.М. Парийского. Он выявляет напряжение в полуплоскости при вдавливании штампа с равномерно распределенными нормальными и касательными нагрузками.

В заключении анализа работ посвященных механизма разрушения горных пород необходимо отметить, работа выполненные авторами на основе исследования напряженного и деформированного состояния горных пород под действием индентора пуансона имитирующий рабочий орган порода разрушающего инструмента наиболее подробно описано процессы механизма разрушения горных пород. Из этих исследований можно выделить работу Л.А. Шрейнера, который за оценку критерий сопротивляемости пород рекомендует принимать величину максимального касательного напряжения возникающего внутри породы под инструментом в момент крупного скола

породы, что наиболее близко отражает сопротивляемость породы разрушению при бурении.

Следовательно, как показывает результаты исследований механизма разрушения горных пород, до настоящего времени, в вопросах определения критерий оценки сопротивляемости пород при бурении и в разработках рациональных конструкций долот окончательного мнения нет. Основной причиной является анизотропность горных пород неподлежащие четкому математическому описанию – моделированию, многофакторность процесса и механизма разрушения, и недостаточная изученность кинематики и динамики работы призабойного механизма – порода разрушающего инструмента – долота.

1.2. Анализ горно-геологических условий ведения горных работ на карьере «Кара-Кутан»

Административно участок рудного тела 51 Зиаэтдинского рудного поля Можарской площади расположен в Пахтачийском районе Самаркандской области, географически – на северных склонах центральной части Зиаэтдинских гор.

Географические координаты:

- центра участка рудного тела 51 – с.ш. $40^{\circ}01'12''$, в.д. $65^{\circ}33'25''$;

Площадь участка рудного тела 51 – 0,15 кв.км. Участок рудного тела 51 находится – внутри Можарской площади в ее центральной части на юге. Можарская площадь длиной 10 км и шириной 2,9 км находится на северных склонах Зиаэтдинских гор, между сухими руслами Кармине и Каракутан.

Рельеф участков гористый расчлененный с абсолютными отметками: 475-818,9 м, изрезан сетью тальвегов временных водотоков преимущественно северного направления. Наиболее протяженные тальвеги бывают слабо обводнены только во время ливневых осадков в зимне-весенний период. Селевые паводки очень редки с периодом 1 раз в 20-25 лет. В 6 км к северу протекает канал Нарпай, в 2 км – ЛЭП 220 кВ Бекабад - Навои, в 8 км проложен водовод Дамходжа - Бухара.

Непосредственный выход рудного тела 51 на дневную поверхность, со средней мощностью - 2,8 м, в раздувах – 16,2 м предопределяет их отработку открытым способом.

Опытно-промышленный карьер находится в контуре будущего промышленного карьера рудного тела 51.

Генеральный угол откоса бортов карьера принят с северной стороны (со стороны сая) борта карьера - 50° , с южной (со стороны склона горы) - 55° , с учетом его глубины – 107 м. В соответствии физико-механических свойств

пород и «Правилами безопасности при разработке месторождений полезных ископаемых открытым способом» ширина предохранительной бермы безопасности составляет – 6 м, предусматривается через 2-а 5-ти метровых уступа. В условиях опытно-промышленного карьера угол откоса рабочего уступа устанавливается 80° , отрабатывается по вскрыше высотой уступа - 5-10 м, по рудному телу - 5 м. В завершении отработки нижний уступ спаривается с верхнем в один 10 м уступ.

Вскрышные работы ведутся как в контурах внешней вскрыши, так и в контурах внутренней вскрыши, существующим экскаватором RH-40E с емкостью ковша $5,0 \text{ м}^3$.

Высота вскрышного уступа $H = 5,0 - 10,0 \text{ м}$.

Высота добычного уступа $H = 5,0 \text{ м}$.

Общий объем вскрыши в контуре карьера - $716,70 \text{ т.м}^3$.

Общий объем руды в контуре карьера – $258,37 \text{ т.т}$.

В состав вскрыши входит внутренняя вскрыша и некондиционная руда из рудного контура и пустая порода из контура внешней вскрыши.

Простираение 51 рудного тела субширотное с падением на север рудного тела 51 (восточная часть тела), (азимут падения – $340-350^\circ$) под углами – $50-90^\circ$. Максимальная установленная глубина распространения оруденения по рудному телу 51 – 205 м (скв. 74,).

При отработке рудного тела 51 на величину потерь и разубоживания, в условиях сложно-структурного месторождения в значительной мере оказывают влияние параметры забоя (высота уступа, угол откоса уступа), технология ведения БВР и технология выемки руды, в связи, с чем при разработке карьера предусматривается следующее:

1. подготовка горнорудной массы к выемке производится буровзрывным способом с сохранением геологической структуры массива (взрывание в «зажиме» на подпорную стенку);

2. выемка осуществляется существующим экскаватором RH-40E с

емкостью ковша 5 м³;

3. добычные работы ведутся уступами Н = 5 м. Для каждого уступа по данным опробования взрывных и эксплуатационно-разведочных скважин составляются позабойные сортовые планы, на основании которых ведется раздельная выемка кондиционной руды, некондиционной руды и породных включений.

Для разработки месторождения принята транспортная система разработки с перемещением пород вскрыши во внешние отвалы и руды на рудный склад.

В качестве технологического транспорта принят автосамосвал, который обеспечивает интенсивную отработку карьера с минимальным значением коэффициента вскрыши.

Выемка горной массы производится существующим экскаватором RH-40E с предварительным рыхлением с помощью БВР. В качестве бурового оборудования предусматриваются высокопроизводительный существующий станок DRILTEX D 25 KS с производительностью 120 п.м./см. – 1 шт. и для разбуривания блоков в условиях пересеченной местности принимаются существующие станки СБУ-100 ГА-50 с производительностью 34,6 п.м./см. – 2 шт.

Производительность экскаватора расчетная 1130,6 м³/см. По производительности карьера в смену необходимо вынимать горной массы, равной 968,4 м³, из этого следует, необходимость в 1 экскаваторе. Исходя из сложных условий работы выемка на добыче ведется по сортовым планам. При производстве выемочных работ ведется поочередная выемка во вскрышном и добычном забое предварительно подготовленных. Для выполнения плановых объемов принимаем один существующий экскаватор RH-40E.

Общий объем вскрыши составляет 716,7 тыс. м³.

Контуры опытно-промышленного карьера ограничиваются границами распространения окисленных руд. Опытно-промышленный карьер находится в пределах будущего промышленного карьера, но его контуры не достигают контуров промышленного карьера. Уступы опытного карьера в конечном положении сдваиваются и между ними оставляются бермы шириной не менее 6 м. Угол откоса рабочих уступов 80° . Высота вскрышных уступов 5-10 м, очистных 5м.

Опытный карьер располагается в центральной части эксплуатационного карьера, размеры его по поверхности 370x120 м, по дну 75x34 м. Глубина карьера 107 м.

Буровзрывные работы (БВР).

Наиболее эффективным способом ведения БВР в условиях разработки сложно - структурных месторождений является короткозамедленное взрывание, в зажатой среде на подпорную стенку из неубранной горной массы.

Эта технология ведения взрывных работ позволяет максимально сохранить геологическую структуру массива за счет минимального смещения взорванной рудной массы, при этом коэффициент разрыхления пород снижается с 1,5-1,6 до 1,15-1,20. Эффект взрыва в зажатой среде создается за счет подпорной стенки из неубранной горной массы. Ширина подпорной стенки из неубранной горной массы составляет 1,5-2,0 высоты уступа.

Для обеспечения наиболее эффективного дробления горной массы, применяется короткозамедленное, групповое действие взрывание зарядов скважин, с замедлением по рядам 35-50 мс. В связи с опытно-промышленным значением карьера, предполагается провести испытание различных типов СИ, расположения ряда скважин, как в шахматном порядке, так и в порядном. Соединение схем монтажа взрывной сети как параллельно-порядное, так и диагональное.

По представленным горно-геологическим условиям по р.т. 51, принимаем для начала ведения БВР удельный расход ВВ от 0,5 до 0,9 кг/м³.

Согласно мероприятий по безопасному ведению взрывных работ, данных в «Типовом проекте БВР», количество ВВ на одну серию не должно превышать 1700.4 кг. Радиусы опасных зон уточняются при составлении проекта массового взрыва, но не должны быть менее: для людей 750м, для механизмов включая передвижной вагончик 450м.

Для бурения скважин используются существующие станки СБШ-250МНА, DRILTEX D 25 KS - 1 шт. и СБУ-100 ГА-50 - 2 шт.

Принимаем 1 станок DRILTEX D 25 KS и для разбуривания блоков. В условиях пересеченной местности, принимается СБУ-100 ГА-50 с производительностью 34,6 п.м./см. – 2 шт.

По данным расчета, исходя из производительности эксковатора RH-40E, дроблению подлежит = 1130,6 м³/см., тогда в неделю = 15828,4 м³, при этом следует необходимость в бурении в неделю = 1479,3 п.м., это = 260 скважин, при сетке скважин 3,5 – 3 м, параметры блока будут шириной - 15 м, длиной - 182 м, отсюда следует 5-ть рядов, с 5-ю сериями замедлений, в каждом ряду 52 скважины.

В качестве ВВ применяются эмульсионные ВВ (в мешкотаре), изготавливаемые на заводе ЭВВ.

1.3 Основные направления развития буровых работ в глубоких карьерах

Современная техника для открытых горных работ представлена обширным набором машин и механизмов. При этом техническое обеспечение открытых разработок направлено на использование высокопроизводительных средств механизации при максимальном соответствии рабочих параметров оборудования природным и горнотехническим условиям месторождений и их рациональным сочетанием при сопряженной работе, повышением единичной мощности и эксплуатационной надежности.

Основные направления развития буровых работ на карьерах НГМК подробно приведено в диссертационной работе И.П. Бибика. Наиболее распространенное буровое оборудование на карьерах - станки шарошечного бурения (до 85% объема буровых работ). Типоразмерный ряд буровых станков, выпускаемых в странах Содружества, обеспечивает бурение взрывных скважин диаметром от 125 до 400 мм в самых разнообразных горнотехнических условиях. На карьерах малой производственной мощности (до 5,0 млн. т) наибольшее распространение получили станки шарошечного бурения 2СБШ-200 (диаметр скважин 190 и 214 мм), а на карьерах со средней и большой производительностью - станки СБШ-250 и СБШ-250МН (диаметр 243 и 269 мм). Согласно на мощных и сверхмощных карьерах (10-20 и более млн. т горной массы в год) рекомендуется использовать станки типов СБШ-320 (диаметр скважин 320 мм) и СБШ-400 (диаметр скважин 400 мм).

Наиболее авторитетными фирмами в области производства буровых станков в последние годы оказались "Ингерсолл-Рэнд" (США), "Атлас-Копко" (Швеция), "Гарднер-Денвер", "Бюсайрус-Эри" (США). Модели

станков, выпускаемые этими фирмами, можно разделить на группы:

- легкие станки, предназначенные для бурения мягких и средних пород с максимальным диаметром до 215-230 мм;

- легкие комбинированные станки предназначенные для бурения мягких и средних пород шарошечными долотами диаметром до 230 мм и крепких пород погружным пневмоударником;

- станки среднего и тяжелого типов с диаметром бурения более 230 мм.

Станки первых двух групп применяются преимущественно на мелких и средних карьерах. Кроме того, станки комбинированного бурения применяют для заоткоски пород при селективной выемке полезных ископаемых и других работах. Станки снабжаются относительно невысокой мачтой и могут бурить скважины различного диаметра в крепких монолитных породах и на труднодоступных площадках. Станки третьей группы применяются преимущественно на крупных карьерах.

Фирмы "Ингерсолл-Рэнд", "Атлас-Копко", "Гарднер-Денвер" выпускают в основном станки легкого типа. "Бюсайрус-Эри" является крупнейшей фирмой, выпускающей шарошечные станки тяжелого типа. Парк работающих станков этой фирмы составляет более 1300 штук.

В последние годы фирмы все большее внимание уделяют производству комбинированных станков, позволяющих осуществлять бурение, как шарошечным способом, так и ударно-вращательным с использованием пневмоударников.

На небольших рудных карьерах шарошечные станки в основном применяются на вскрышных работах; на добычных работах эксплуатируются станки пневмоударного бурения, которые на ряде карьеров вытесняются шарошечными станками небольших типоразмеров.

В последние годы зарубежными фирмами созданы новые буровые шарошечные станки: ВЕ-55Р серии П (фирма Бюсайрус-Эри), отличающиеся увеличенной на 67% мощностью двигателя и улучшенной маневренностью

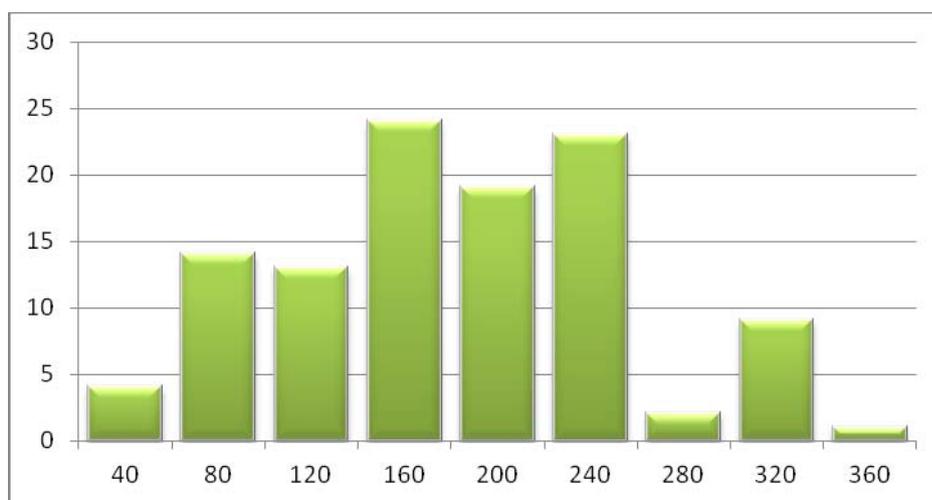
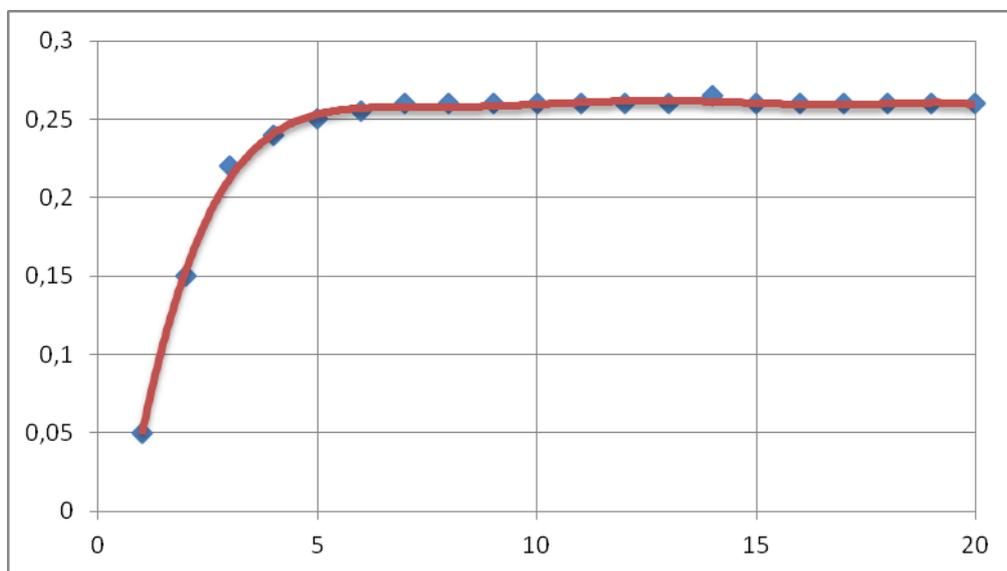
(диаметр скважин 171-311 мм, глубина бурения - 76 м); ЕСМ-450 (фирма Ингерсолл-Рэнд) - гидравлический буровой станок на гусеничном ходу с дизельным приводом (диаметр скважин 130-200 мм, глубина бурения - 19,8 м за один проход). Фирмой Марион начато производство шарошечного станка типа МЗ с осевым усилием 40,8 т для скважин диаметром 311 мм.

Изучение опыта конструирования и эксплуатации буровых станков позволяет сформулировать основные тенденции в создании бурового оборудования для шарошечного бурения. Ведущие мировые фирмы Бюсайрус-Эри, Ингерсолл-Рэнд, Харнишфегер, Тамрок-Дрилтек, Дрессер-Марион и другие в условиях жесткой конкуренции ведут интенсивную работу по обновлению номенклатуры станков, повышению потребительских свойств машин, созданию сети высокоэффективных сервисных центров.

Легкие шарошечные буровые станки (типоразмер СБШ-160) в России не выпускаются. Недостатки этого оборудования частично компенсируются станками, использующими иные принципы бурения: шнековыми и пневмоударными, которые имеют весьма ограниченную область применения. Из серийного оборудования, используемого в странах СНГ, можно отметить шнековый станок СБР-160А-24 и пневмоударный станок СБУ-125 и его модификации. Строительные буровые станки типа БТС-150Б используются в карьерах на отдельных вспомогательных работах. Большое распространение за рубежом получили универсальные буровые станки легкого класса. Наиболее их конкурентоспособные модели выпускаются известными американскими и транснациональными компаниями.

Шарошечные буровые станки среднего класса (СБШ-200/270) широко используются на горных предприятиях стран СНГ. В России осуществляется серийный выпуск двух моделей на Бузулукском заводе (ЗСБШ-200-60 и 6СБШ-200-36) и двух - на Воронежском (СБШ-250МНА-32 и его модификации, а также новый станок СБШ-250/270 «РД-10»). Зарубежные фирмы предлагают более 20 моделей станков среднего класса.

В статистическом отношении на рудных карьерах наиболее вероятно применение долот диаметром 150-250 мм (рис. 1.2.1, а). На малых карьерах возможно использование долот диаметром 40-100 мм (рис. 1.2.1, б), на средних, мощных и сверхмощных карьерах - долот диаметром 173,0+67,0 мм и лишь в отдельных случаях - долот диаметром 250-380 мм, что, очевидно, является следствием малой вероятности появления мощных и сверхмощных карьеров. Можно предположить, что эволюция типоразмеров долот станков шарошечного бурения заканчивается на долотах, диаметр которых не превышает 420 мм.



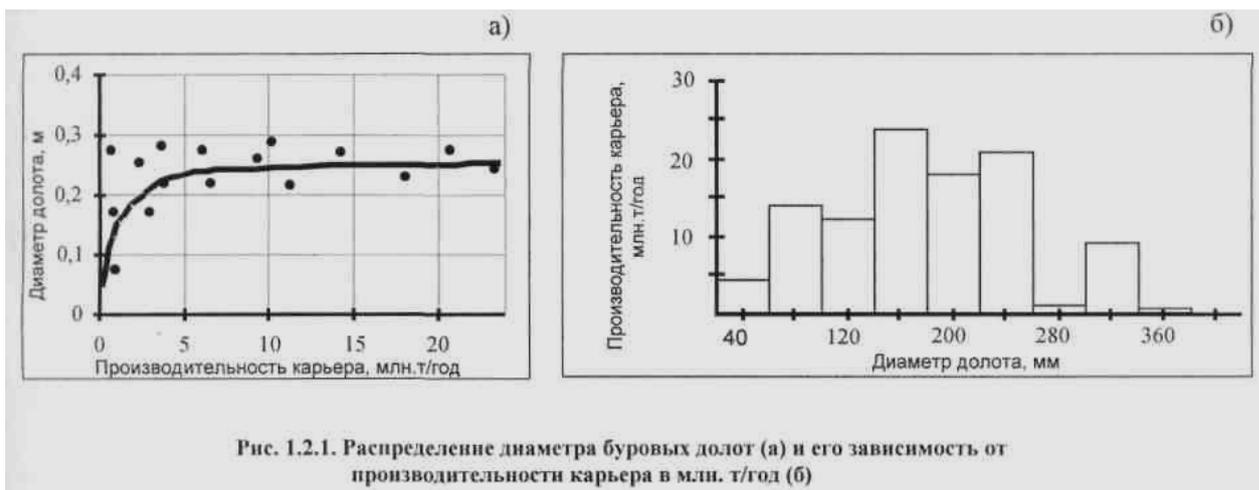


Рис. 1.2.1. Распределение диаметра буровых долот (а) и его зависимость от производительности карьера в млн. т/год (б)

Исследованиями установлено, что несоответствие конструкции долот условиям их эксплуатации, включая режимы бурения, приводит к снижению производительности и уменьшению проходки на долото. Анализ отработки долот при различных режимах бурения и горногеологических условиях позволил установить основные причины их выхода из строя: заклинивание шарошек на опорах - 50-60 %; износ подшипников шарошек - 10-20 %; износ вооружения шарошек - 15-25 %; износ тыльной части лап и обратного конуса шарошек - 2-9 %.

Одним из путей повышения эффективности буровых работ без существенного увеличения капитальных затрат является применение рациональных типов шарошечных долот в зависимости от категории пород (табл. 1.2.4). Анализ данных, приведенных в табл. 1.2.4, показывает, что для различных пород разработаны различные конструкции шарошечных долот. Однако для породных массивов, характеризующихся высокой неоднородностью физико-механических свойств, конструктивные параметры долот должны быть уточнены. Так, средняя проходка на шарошечное долото Ш-244,5 ОК-ПВ в породах X категории в Лебединском и Стоилинском ГОКах составила 600 м, средняя проходка этих долот на таких же породах на карьере Кара-Кутан в два раза меньше. Повышение работоспособности долот может быть достигнуто за счет совершенствования их конструкции или

применения рациональной технологии бурения. Конструктивное совершенствование долот связано с созданием новых типов вооружения, схем опорных подшипников, применением более износостойких материалов и их термообработки, повышением качества изготовления.

Технологический способ повышения стойкости предполагает: применение долот в соответствии с условиями бурения и физико-механическими свойствами пород; выбор рациональных режимов бурения; использование различных технических и технологических устройств.

В 2001 году на карьерах НГМК отработано 3000 долот, из них около 2000 долот диаметром 244,5 мм и 1000 долот диаметром 215,9 мм. Наибольший расход долот (48 %) составил при бурении пород XI - XII категории, 32 % - при бурении пород IX - X категории.

С целью выявления основных направлений совершенствования буровых работ на месторождениях со сложными горно-геологическими условиями проведен анализ работы станков шарошечного бурения на карьерах угольной, черной и цветной отраслей промышленности.

Таблица 1.2.4 Рациональные области применения шарошечных долот

| Долото | Горная порода | Коэффициент крепости пород | Диаметр долот, мм |
|--------|--|----------------------------|--------------------|
| М, МЗ | Неабразивные горные породы ниже средней и средней крепости | 6 | 190; 214; 243 |
| С | Плотные глины, гипс, алевролиты, соли, мергели, углистые и глинистые сланцы, рыхлые известняки и т.п. | 6 | 190; 214 |
| Т | Не- и малоабразивные горные породы: амфиболовые сланцы, аргиллиты, песчанистые сланцы, твердые известняки, слабые доломиты, фосфатные руды, опоки и т.п. | 6-8 | 145; 190; 214; 243 |
| ТК | Малоабразивные твердые породы с пропластками крепких пород и руд: известняки с пропластками угля, малокристаллические известняки с пропластками доломитов и т.п. | 8-10 | 190; 214; 243 |
| ТЗ | Вязкие абразивные твердые горные породы: апатит-нефелиновые, доломитизированные известняки и плотные доломиты, разрушенные граниты, габбро и диориты, магнезиты | 8-14 | 243 |
| ТКЗ | Переменяющиеся абразивные твердые, вязкие и крепкие хрупкие горные породы и руды: окварцованные доломитизированные известняки с про- | 8-14 | 190;214 |

| | | | |
|--------|---|-------|--|
| | слоями рыхлого кварцита, кварцевые сланцы и т.п. | | |
| К и ОК | Абразивные хрупкие, крепкие и очень крепкие горные породы и руды: гранит, скарны, кварциты, диориты, джеспилиты; крепкие песчаники и т.п. | 14-16 | 76- 97' 112-145; 190; 214; 269; 320 |

Выводы

Проведенный анализ позволяет выделить следующие основные **выводы** по развитию буровых работ на карьерах со сложными горно-геологическими условиями:

1. В себестоимости буровых работ расходы на буровой инструмент составляют достаточно большую часть. В связи с этим важными задачами является установление оптимальных режимных параметров бурения и сокращения затрат на буровой инструмент.

2. На рудных карьерах наиболее часто применяют буровой инструмент, позволяющий бурить взрывные скважины диаметром 150-250 мм. Естественно, что для конкретных горнотехнических условий этот диаметр требует обоснования.

3. Для месторождений, характеризующихся высокой неоднородностью строения породного массива, для получения наибольшего эффекта, конструктивные параметры долот (диаметр долота, размеры и форма зубков, их расположение на шарошке, конструкция лап и т.п.) и характеристики бурового станка должны адаптироваться к конкретным горно-геологическим и горнотехническим условиям.

4. Наибольший эффект определяется исследованием и обоснованием параметров системы «физико-механических свойства породы – конструктивные параметры инструмента – силовые и режимные параметры бурового станка».

Глава 2. Исследование методов и средств повышения эффективности буровых работ в различных горно-геологических условиях

2.1. Исследование физико-механических свойств горных пород как объекта воздействия бурового инструмента

Совокупность физических и технологических параметров пород, описывающих их поведение в процессах разработки, принято называть физико-техническими или физико-механическими свойствами пород, среди которых выделяют базовые характеристики горных пород. При этом наибольший интерес представляют горно-технологические свойства пород, проявляющиеся под воздействием на них конкретных инструментов или механизмов (коэффициент крепости, взрываемости, буримости и т. п.). Для процесса бурения существенное значение имеет также контактная прочность пород. Анализ показывает, что между указанными параметрами существует определенная корреляционная связь. В частности между коэффициентом крепости и контактной прочностью пород такая взаимосвязь описывается уравнением:

$$\epsilon_k = 275e^{0.21f} \quad (2.2.1)$$

где: ϵ_k - контактная прочность пород, МПа;

f - коэффициент крепости пород по шкале М.М. Протоdjeяконова.

В **табл. 2.2.1** приведена классификация пород по контактной прочности, коэффициенту крепости и категориям по буримости.

Планирование и нормирование буровых работ на карьере Кара-Кутан осуществляется с использованием классификации горных пород по шкале ЦБНТ (Центральное бюро нормативов по труду). В соответствии с этой шкалой горные породы карьера разбиты на три большие группы:

легкобуримые, включающие породы VIII-X категории; среднебуримые, включающие породы XI-XII категории; труднобуримые, включающие породы XIII-XIV категории. Предложенная классификация горных пород карьера по буримости приведена в **табл. 2.2.2**. Выполненная оценка по определению соотношений категорий пород по буримости показала, что в контурах карьера породы IX составляют 24,2 %, X - 16,6 %, XI - 24,8 %, XII - 14,1 %, XIII - 11,8 %, XIV - 4,4 % (**рис. 2.2.1**). Такое распределение пород по категориям буримости позволяет сделать вывод о том, что в карьере Кара-Кутан легкобуримые породы составляют 40,8 %, среднебуримые - 42,9 %, труднобуримые - 16,2 % (**рис. 2.2.2**), 100 % булиш керак

Таблица 2.2.1 Классификации горных пород по контактной прочности, коэффициенту крепости и категориям по буримости

| Класс пород по контактной прочности | Характеристика пород по прочности | | Коэффициент крепости пород | Классификация пород по буримости |
|-------------------------------------|-----------------------------------|------------------------|----------------------------|----------------------------------|
| | Категория | Предел при сжатии, МПа | | |
| I | Слабые | <400 | <4 | 4 |
| II | Ниже средней прочности | 400-650 | 4 - 6 | 4-6 |
| III | Средней прочности | 650-800 | 6-8 | 6- 10 |
| IV | Выше средней прочности | 800-1200 | 8- 10 | 10- 13 |
| V | Крепкие | 1200-2000 | 10-12 | 13- 15 |
| VI | Очень прочные | 2000 - 4000 | 12-16 | 15- 17 |
| VII | Исключительно прочные | >4000 | > 16 | > 17 |

Рудные тела в контурах карьера также представлены породами различной категории по буримости: X категория - 0,2 %, XI - 11,4 %, XII - 6,3 %, XIII - 8 %, XIV - 3,6 % (**рис. 2.2.3**). Сравнительное распределение пород по

буримости во вскрышной и рудной зонах карьера представлено в **табл. 2.2.3** и на **рис. 2.2.4**.

Анализ данных свидетельствует о том, что породы во вскрышной зоне карьера представлены в основном легко (57,6 %) и среднебуримыми (35,7 %). Труднобуримые породы составляют всего 6,6 %. Рудная зона, наоборот, представлена в основном средне (60,2 %) и труднобуримыми породами (39,2 %), при этом доля труднобуримых пород с глубиной карьера увеличивается (**рис. 2.2.5**).

Физико-механические свойства горных пород и параметры отработки карьера Кара-Кутан позволяют использовать механизм разрушения буровым инструментом, как резанием слабых пород, так и сколом и раздавливанием крепких пород, с пределом крепости на сжатие до 800 МПа (40,9 %) при вращательном бурении шарошечными долотами и до 2000 МПа (49,1 %) ударно-вращательном бурении погружными пневмоударниками. Взаимосвязь между способами, параметрами бурения и буримостью пород приведена в **табл. 2.2.4 [60]**.

Таблица 2.2.2 Классификация горных пород карьера Кара-Кутан по буримости

| № | Литологические разности пород | Коэффициент крепости пород | Группа пород по буримости | Категория пород по буримости | Контактная прочность пород, МПа |
|----|--|----------------------------|---------------------------|------------------------------|---------------------------------|
| 1. | Породы зон разлома. Сланцы углисто - слюдистые. Сланцы - кварцслюдистые, с прослойками углистых сланцев. Сланцы кварц - слюдистые, метасоматически | 6-8 | Легкобуримые породы | УШ - X | 650 - 800 |
| 2. | Алевролиты. Дайки среднего и кислого состава. Сланцы, кварцслюдистые, интенсивно метасоматически измененные. Сланцы кварц - слюдистые, метасоматически | 8-10 | Среднебуримые породы | XI - XII | 800-1500 |
| 3. | Метасоматиты, кварцево-полевошпатовые, окварцованные. Брекчии, замещения сульфизированные. Кварциты. Метасоматиты кварцевые. Роговики. Алевролиты, | 10 и более | Труднобуримые породы | XIII - XIV | 1500-2000 |

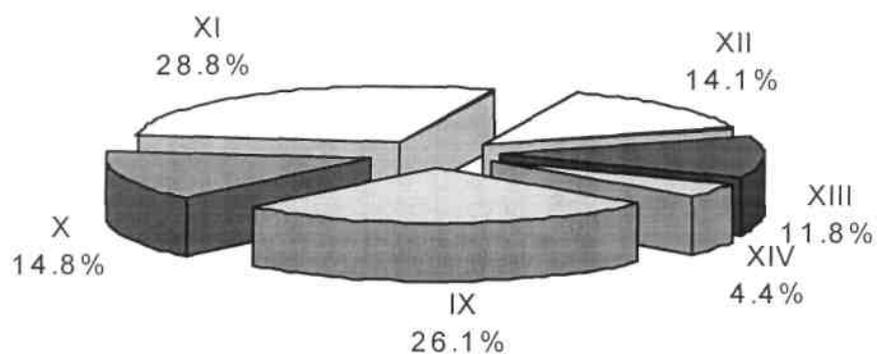


Рис. 2.2.1. Распределение горных пород по категориям буримости в контурах карьера Мурунтау

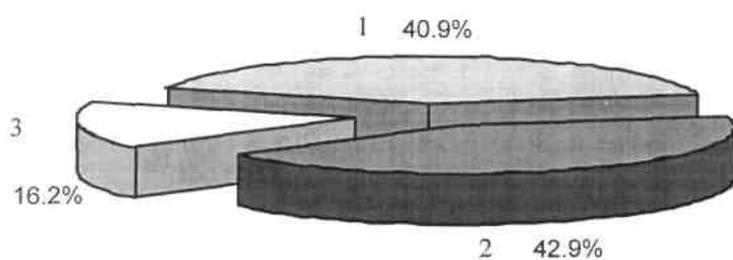


Рис. 2.2.2. Распределение горных пород по группам буримости карьера Мурунтау

- 1 – легкобуримые
- 2 – среднебуримые
- 3 – труднобуримые

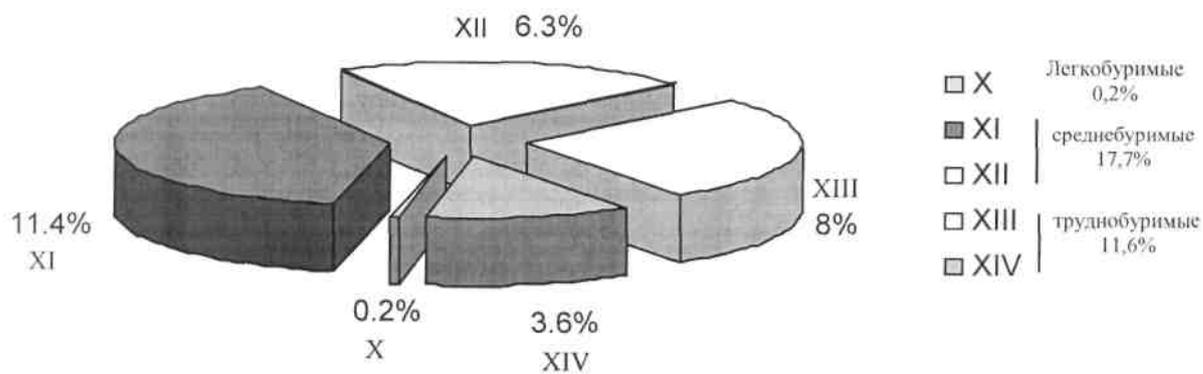


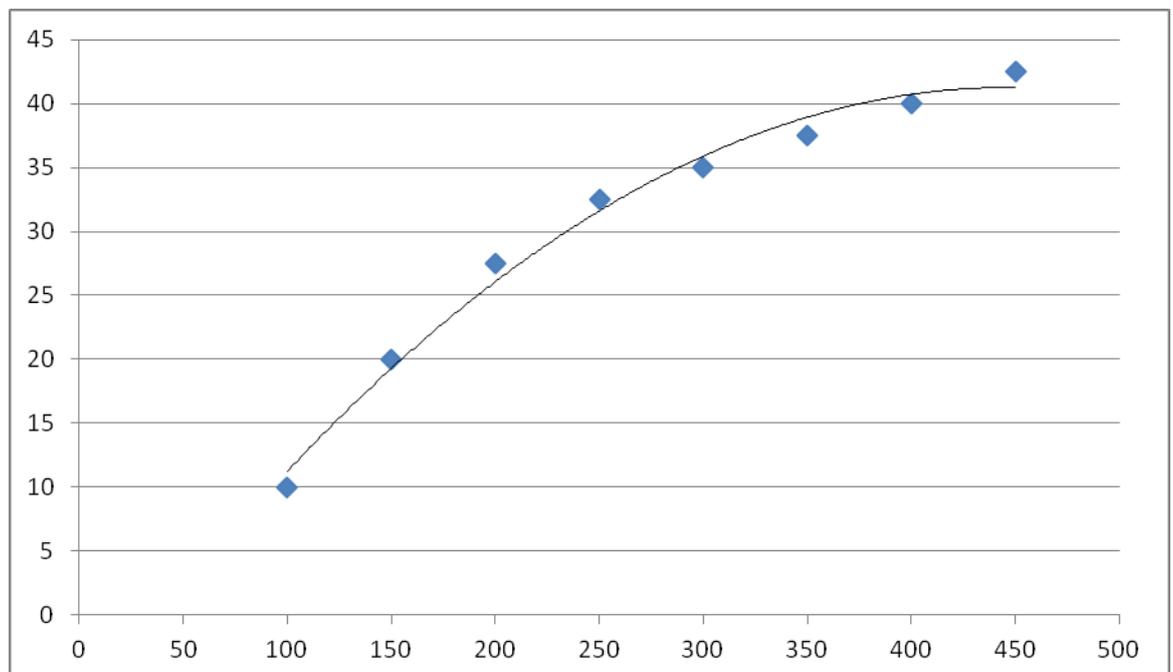
Рис. 2.2.3. Распределение пород по буримости в рудной зоне карьера Мурунтау

**Таблица 2.2.3 Распределение пород по буримости в контурах
карьера Кара-Кутан (шкала ЦБНТ)**

| Породы | Породная зона, | Рудная зона, % | Всего, % |
|---------------------------------|----------------|----------------|----------|
| Легкобуримые (VIII-X категория) | 40.7 | 0.2 | 40.9 |
| Среднебуримые (XI- | 25.2 | 17.7 | 42.9 |
| Труднобуримые (XIII- | 4.6 | 11.6 | 16.2 |
| ИТОГО: | 70.6 | 29.4 | 100 |

**Таблица 2.2.4 Взаимосвязь между способами, параметрами бурения
и буримостью пород**

| № | Способ бурения | Диаметр скважин, | Глубина скважин, м | Категория пород по буримости |
|----|--|------------------|-----------------------|---------------------------------|
| 1. | Вращательное бурение шарошечными долотами | 160-320 | до 35 м | VIII-X |
| 2. | Ударно-вращательное бурение погружными пневмо-ударниками | 100-200 | до 54 м | более X |



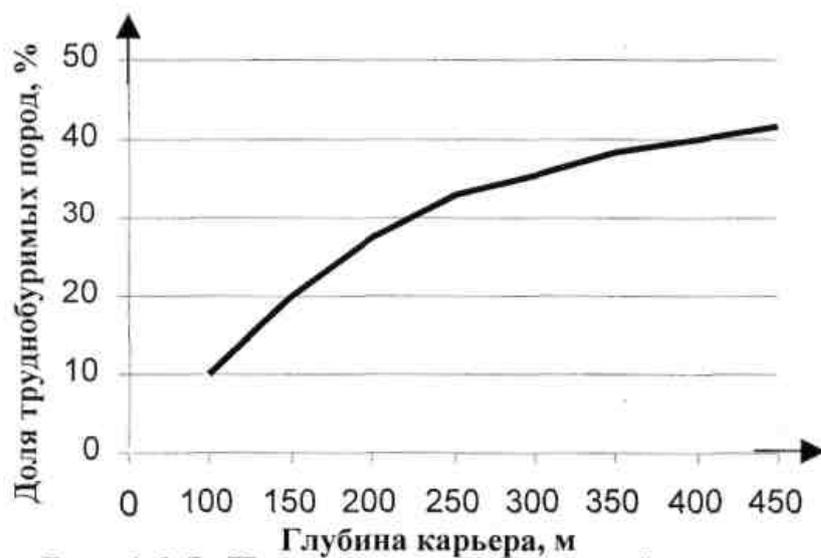


Рис. 2.2.5. Изменение доли труднобуримых пород в рудной зоне с глубиной карьера

Таким образом, разнообразие и высокая изменчивость различных механических свойств горных пород в карьере обуславливает возможность применения шарошечного и ударно - вращательного способов бурения, а также бурового инструмента с различными геометрическими и конструктивными параметрами.

2. 2. Теоретические исследования бурения шарошечными долотами

Станки шарошечного бурения. Потребное осевое усилие на долото P_{oc} (кН) определяется из эмпирического выражения в функции крепости породы f (по М.М. Протодяконову) и диаметра долота D_1 (м).

$$P_{oc}=(60\div 80)fD_1=(6\div 8)\sigma_{сж}D_1.$$

Глубина внедрения h_3 (м) зуба шарошки с углом заострения α (градус) в результате приложения осевого усилия подачи P_{oc} (кН) к трех шарошечному долоту диаметром D_1 (м).

Где μ_1 - коэффициент трения металла о породу;

$K_3= 1,2\div 1,3$ - коэффициент затупления зубьев отношения $P_{oc} D_1$ на практике принимается в пределах 200-1800кН/м.

Момент на вращателе $M_{вр}$ (кН*м) устанавливается в соотношении $(2\div 4)10^{-2}$ кН*м на 1 кН осевого усилия P_{oc} (кН) на долота, либо по эмпирической формуле

$$M_{вр} = 58,53kD \quad ,,$$

где $K = 14\div 4$ - коэффициент для пород с $\sigma_{сж}=7\div 200$ МПа.

Мощность (кВт) двигателя вращателя

$$N=M_{вр} \omega_{вр} \eta_{вр}^{-1}=2\pi M_{вр} n_{вр} \eta_{вр}^{-1}$$

Где $\omega_{вр}$ и $n_{вр}$ - соответственно угловая скорость (рад/с) и частота вращения, c^{-1} ; $\eta_{вр}=0,85\div 0,7$ -к.п.д. трансмиссии вращателя.

Теоретическая скорость (м/мин) шарошечного бурения

$$v=180K_{ск} h_z n_{вр}, \quad (1.2)$$

Где $K_{ск}=0,5$ - коэффициент, учитывающей уменьшение скорости бурения за счет неполного скола породы между зубьями.

2.3. Исследование износостойкости бурового инструмента в различных горногеологических условиях

Многообразие и сложность геолого-морфологических условий месторождения предопределили проведение исследований по выбору типоразмера шарошечных долот. Опытными работами выявлены наиболее эффективные шарошечные долота при бурении скважин в различных по крепости, трещиноватости и абразивности породах. Ранее выполненные исследования шарошечных долот 32 конструкций, пяти модификаций по вооружению и десяти размеров позволили установить следующие причины выхода долот из строя:

1. В крепких и трещиноватых породах наибольшее число долот выходило из строя из-за скола зубков (45%), а меньшее - из-за износа вершин шарошек (35%);

2. В крепких монолитных породах соотношение причин износа обратное: 46% долот выходят из строя из-за износа вершин и 32% - из-за скола периферийных зубков;

3. В средних и слабых породах долота выходят из строя из-за износа козырьков и выпадения роликов, а вооружение, хотя и претерпевает износ, но незначительный и опоры в большинстве случаев остаются работоспособными.

Это означает, что для дальнейшего увеличения проходки на долото необходимо усилить вершины всех шарошек, а также периферийные венцы, на которых следует установить твердосплавные зубки диаметром 14 мм.

Стоимость долот в последние годы выросла и составляет 500 - 700 \$США, а затраты на них, исходя из ежегодных объемов бурения в 1200000 п. м., достигают более 2.5 млн. \$США. Поэтому для оценки экономической эффективности использования долот при определении основного поставщика

проведены их промышленные испытания. Результаты испытания на карьерах НГМК долот производства ОАО "Уралбурмаш" (г. Верхние Серги, Россия), ВНИИБТ (г. Люберцы, Россия), ЗАО "Стальтрест" (г. Москва, Россия), ОАО "Восток-машзавод" (г. Усть-Каменогорск, Казахстан), АО "Дрогобычский долотный завод" (Украина), АО «Белгородский завод горного машиностроения» (г. Белгород, Россия), ОАО «Волга-бурмаш» (г. Самара, Россия) и SMITH INTERNATIONAL, INCORPATION (США) представлены на рис. 2.4.1, 2.4.2 и в табл. 2.4.1. Каждое долото отработало в сопоставимых технических условиях на блоках с однотипным геологическим строением.

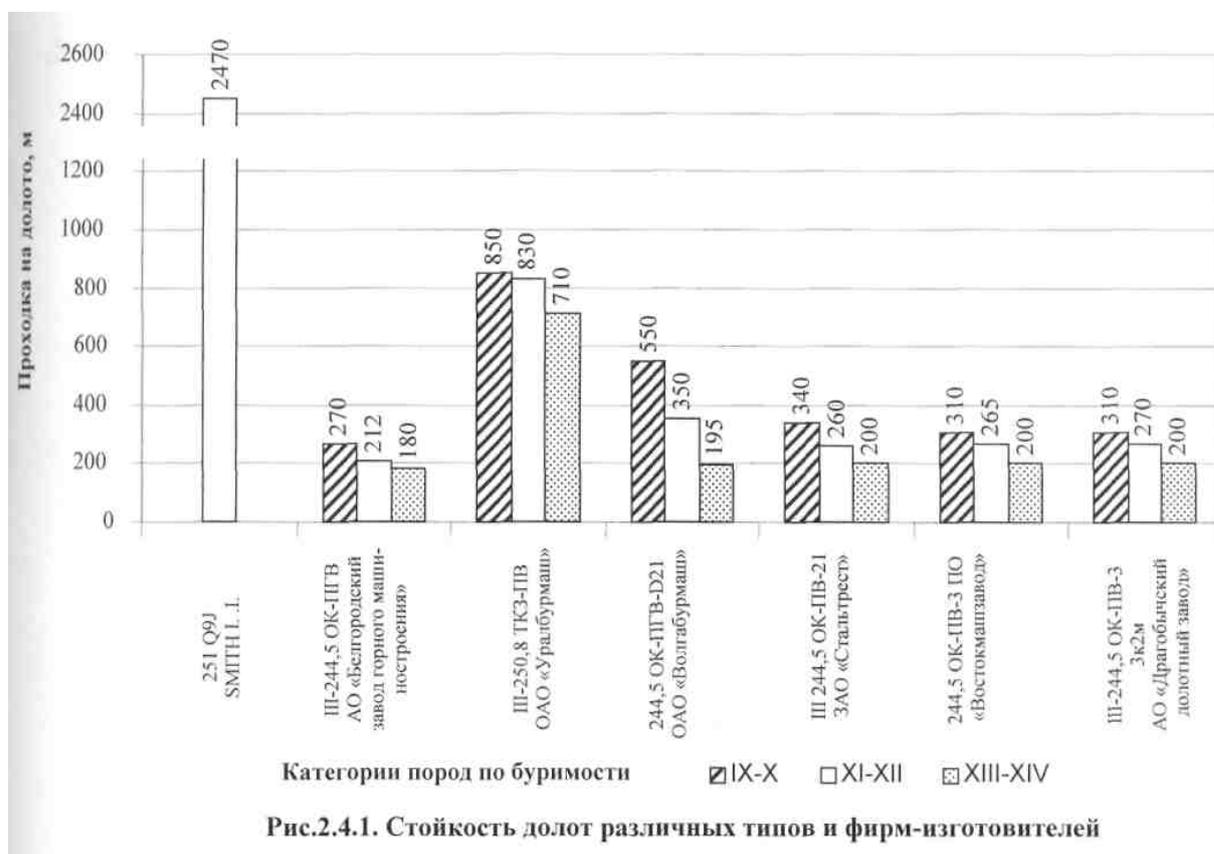


Рис.2.4.1. Стойкость долот различных типов и фирм-изготовителей

Стоимость проходки одного метра скважины (С):

(2.4.1)

где $C_{\text{ч}}$ - стоимость одного часа работы бурового станка СБШ-250МНА, \$США;

$V_{м/ч}$ - средняя механическая скорость бурения, м/ч;

C_d - стоимость долота, \$США;

H_d - средняя проходка на долото, м.

Исследованиями установлены оптимальные режимы бурения для пород карьера Кара-Кутан: частота вращения не более $1,8с^{-1}$, ток нагрузки двигателя вращателя не более 320 А, подача воздуха не менее 25-27 м /мин., приработка долота не менее 20-25 мин. при осевой нагрузке не более 50 кН и частоте вращения не более $0.4 с^{-1}$. В ходе испытаний определялись причины выхода долот из строя, разрабатывались предложения и рекомендации по их усовершенствованию. При бурении абразивных пород основной причиной выхода из строя долот является износ козырьков и спинок лап, а также опор долота. Это приводит к обнажению и разрушению роликов и заклиниванию подшипников. Износ вооружения, выпадение и скол зубков незначительны.

Лучшие результаты при бурении скважин диаметром 215,9 мм показали долота Ш -215,9 ОК - ПВ - 2п "Уралбурмаш" и 215,9 ОК - ПВ ЗАО "Стальтрест". Наилучшие результаты при бурении скважин диаметром 244,5 мм по слабым породам показали долота: Ш - 250,8 ТКЗ - ПВ; Ш - ОК - ПВ - 224,5 W 17Г ОАО "Уралбурмаш", 244,5 ОК - ПГВ - D21 ОАО «Волгабурмаш», Ш - 244,5 ОК - ПГВ АО «Белгородский завод горного машиностроения». При бурении по породам средней крепости лучшие результаты у долот Ш - 250,8 ТКЗ - ПВ; ОК - ПВ - 9МНС (промышленной серии Ш - ОК - ПВ - 224,5 W 17Г) ОАО "Уралбурмаш", 251 Q9J SMITH INT., INC. (США), Ш - 244,5 ОК - ПГВ АО «Белгородский завод горного машиностроения». При бурении по крепким породам лучшие результаты имеют долота Ш - 250,8 ТКЗ - ПВ ОАО "Уралбурмаш", Ш - 244,5 ОК - ПГВ АО «Белгородский завод горного машиностроения»

Исследованиями установлено, что одной из причин повышенного износа долота и штанг является недостаточная скорость восходящего потока, которая определяется плотностью буримой породы, размером частиц

выносимого шлама, а также производительностью компрессора и площадью затрубного пространства.

Оптимальная скорость восходящего потока может быть различной в зависимости от места проведения работ (высота над уровнем моря), типа бурового станка и буримой породы. Как показали исследования скорость в пределах 24 - 26 м/с является достаточной для выноса шлама при бурении пород с плотностью 2,5 - 2,7 т/м. Однако, чем больше плотность породы, тем выше должна быть величина скорости. Кроме того, на скорость восходящего потока оказывают влияние такие факторы как глубина скважины, температура, влажность, диаметр долота и бурового става, утечки воздуха из компрессорной линии и технического состояния компрессора.

Величина скорости восходящего потока может быть определена из выражения:

(2.4.2)

где, Q - производительность компрессора, м³/с;

$D_{\text{дол}}$ - диаметр долота (скважины), м;

$D_{\text{шт}}$ - диаметр штанги, м.

Расчетная скорость восходящего потока (м/с) для различных долот и диаметра штанг, применяемых при бурении взрывных скважин на карьере Кара-Кутан при использовании компрессоров с производительностью $Q = 0,42$ м³/с, и $Q = 0,53$ м³/с

Из приведенных данных следует, что при использовании штанг диаметром 180 мм для долот диаметром 215 мм и штанг диаметром 200 мм для долот диаметром 244, 5 мм обеспечивается достаточная для выноса бурового шлама скорость восходящего потока. Оснащение станков СБШ - 250 МН компрессорами производительностью 0,53 м³/с (32 м³/мин) способствует

увеличению скорости потока и соответственно производительности бурения, а также стойкости долот и буровых штанг.

На основании многочисленных исследований установлена эмпирическая зависимость диаметра штанги от диаметра долота $D_{шт} = (0,75 - 0,8) D_{дол}$. При таком соотношении диаметров штанги и долота обеспечивается необходимая для выноса шлама скорость восходящего потока и скорость бурения при использовании компрессоров производительностью 0,42-0,53 м³/с.

Для защиты опор шарошечных долот от зашламовывания при наращивании бурового става и аварийных остановках в основном используются обратные клапаны, которые исключают попадание шлама в ниппельную полость и продувочные каналы в лапах через центральное сопло. Применение клапанов позволило увеличить проходку на долото в среднем до 15 %.

Использование специальных дополнительных устройств: маслоотражательных втулок, шайб и втулок дополнительных, винтов рассеивающих, обратных клапанов, стабилизаторов, влагоотделителей позволяет увеличить стойкость долот на 15-20 %.

Глава 3. Исследования и разработка оптимальных режимных параметров шарошечными долотами

3.1. Методика определения рациональных режимных параметров.

Разрушение породы при шарошечном бурении происходит путем внедрения зубьев шарошек в породу и скола породы при вращении шарошки по забою скважины. Внедрение зубьев на глубину $h_{ст}$ происходит за счет усилия подачи $N_{под}$.

Определение усилий подачи – сложная, трудоемкая задача, но для станков типов СБШ и СБР оно с достаточной для инженерных расчетов точностью может быть определено по эмпирической формуле

где $N_{под}$ – усилие подачи, Н;

$f_{пр}$ – коэффициент крепости по шкале профессора М.М. Протоdjаконова;

$D_{дол}$ – диаметр долота, см.

Глубина внедрения зубьев шарошки в породу (толщина стружки) может быть определена по формуле:

где $V_{бур}$ – скорость бурения, см/мин, принимают по табл;

$k_{СК}$ – коэффициент, учитывающий уменьшение скорости бурения из-за неполного скалывания породы между зубьями ($k = 0,5$);

$Z_{шар}$ – число шарошек на долоте, принимают равным 3;

$n_{дол}$ – частота вращения долота, об/мин.

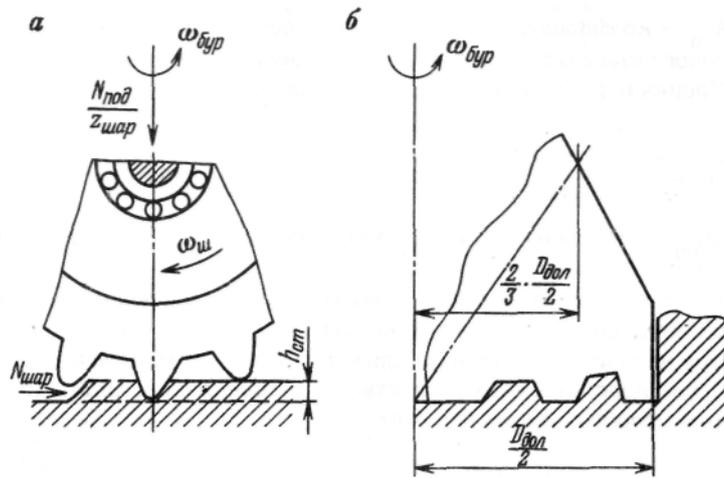


Рис. 56 Схема работы шарошки на забое скважин

При нормальной работе бурового снаряда без пробуксовок шарошки должны перекачиваться по забою, сминая породу и скалывая участки породы в сторону открытой плоскости. Таким образом, механизм вращателя преодолевает сопротивления от сжимающих и скалывающих усилий. Полное сопротивление, преодолеваемое механизмом вращателя.

$$N_{шар} = k \cdot \sigma_{бур} \cdot z_{шар} \cdot l_0$$

где $\sigma_{бур}$ - прочность породы при вращательном бурении, Па, принимают по табл.

Эпюра усилий, передаваемых шарошкой на забой, имеет форму треугольника. Поэтому при определении вращающего момента долота силу

$$\frac{2}{3}$$

$N_{шар}$ рассматривают как приложенную на расстоянии от оси вращения долота. Тогда момент, необходимый для вращения бурового става и долота, Н·м

где $K_{тр}$ — коэффициент, учитывающий трение в подшипниках шарошек и бурового става о стенки скважины, принимают равным 1,12. Мощность двигателя для привода вращателя, кВт

$$P_{шар} = \frac{M_{шар} \omega_{бур}}{\eta_{мех}} \cdot 10^{-3},$$

где $\omega_{бур}$ - угловая скорость долота, рад/с;

$\eta_{мех}$ - к.п.д. механизма вращателя.

Транспортирование разрушенной породы на поверхность скважины осуществляется струей сжатого воздуха от специальных компрессоров и поэтому не оказывает дополнительной нагрузки на привод вращателя.

После подстановки в равенство выражений и не которых преобразований получим

$$P_{шар} = 0,04 \frac{D_{дол}^2 v_{бур}}{\eta_{мех}} \sigma_{бур} \cdot 10^{-4}.$$

Формула позволяет наглядно представить зависимость величины мощности вращателя от диаметра долота $D_{дол}$, механической скорости бурения $V_{бур}$ и прочности породы $\sigma_{бур}$ при бурении станками шарошечного бурения.

После выбора или составления кинематической схемы механизма вращателя и определения его передаточного числа рассчитывают частоту вращения двигателя, об/мин.

$$n_{дв} = i n_{дол}.$$

По мощности двигателя и частоте вращения выбирают двигатель с близкими характеристиками.

Рассмотрим пример:

Определить усилие подачи бурового инструмента и мощность двигателя привода вращателя станка шарошечного бурения при следующих условиях: диаметр шарошечного долота $D_{\text{дол}} = 25$ см; число шарошек на долоте $Z_{\text{шар}} = 3$; к.п.д. механизма вращателя $\eta_{\text{мех}} = 0,65$. Станок предназначается для бурения скважин в крепких песчаниках и известняках, имеющих крепость $f_{\text{пр}} = 15 \dots 16$ по шкале профессора М.М. Протоdjeяконова.

Решение.

По табл. принимаем величину прочности породы при бурении $\omega = 1620 \cdot 10^5$ Па, частоту вращения долота $n_{\text{дол}} = 81$ об/мин и механическую скорость бурения $V = 11$ см/мин. Усилие подачи по формуле:

$$N_{\text{под}} = 0,7 \cdot f_{\text{пр}} \cdot D_{\text{дол}}^3 = 0,7 \cdot 16 \cdot 25 \cdot 10^3 = 28 \cdot 10^4 \text{ Н.}$$

Соппротивление, преодолеваемое механизмом вращателя, по формуле

$$N_{\text{шар}} = \frac{11}{0,5 \cdot 3 \cdot 81} \cdot \frac{25}{2} \cdot 1620 \cdot 10^5 \cdot 3 \cdot 10^{-4} = 5,47 \cdot 10^4 \text{ Н.}$$

Принимаем кинематическую схему, для

$$M_{\text{шар}} = 5,47 \cdot 10^4 \cdot \frac{25}{3} \cdot 1,12 \cdot 10^{-2} = 0,509 \cdot 10^4 \text{ Н} \cdot \text{м.}$$

Момент сопротивления (вращения) станка СБШ с диаметром долота $D_{\text{дол}} = 25$ см и общим передаточным числом редуктора $i_{\text{пер}} = 11,05$. Тогда при заданной частоте вращения долота $n_{\text{дол}} = 81$ об/мин частота вращения двигателя $n_{\text{дв}} = i_{\text{пер}} \cdot n_{\text{дол}} = 11,05 \cdot 81$

$$P_{\text{шар}} = \frac{0,509 \cdot 10^4 \cdot 3,14 \cdot 80}{0,65 \cdot 30} \cdot 10^{-3} = 65 \text{ кВт.}$$

Мощность двигателя вращателя по $n = 895$ об/мин.

В соответствии с расчетными данными выбираем для привода вращателя ближайший по мощности и номинальной частоте вращения асинхронный двигатель единой серии типа 4А280S со следующими

основными параметрами: $P_{\text{ном}} = 75$ кВт; $n_{\text{ном}} = 985$ об/мин.

3.2. Результаты исследований взаимосвязей конструктивных параметров долот и режимных параметров бурения с характеристиками пород

Взаимосвязь осевого усилия, диаметра и вылета зубков со скоростью бурения подтверждена в кандидатской диссертации И.П. Библика следующими экспериментами и опытом эксплуатации буровых долот и станков на рудниках НГМК. При бурении долотами 8Н-214-ОК и К-9-ОК равного диаметра (214 мм) у последнего при нагрузках 100-150 кН наблюдается более высокая скорость бурения, что объясняется влиянием диаметра сферы зубка, поскольку долото К-9-ОК имеет 60 % зубков диаметром 8 мм и 40 % зубков диаметром 10 мм, а у долота 8Н-214-ОК зубки таких же размеров составляют соответственно 10 % и 90 %. При нагрузках, когда происходит объемное разрушение породы, скорости бурения у долот 8Н-214-ОК и К-9-ОК становятся равными, а полученные объемы разрушенных пород за один оборот долота составляют соответственно 133,8 и 137,7 см. Дальнейшее увеличение осевой нагрузки ведет к повышению скорости бурения долотом 8Н-214-ОК, что связано с неодинаковым увеличением площади контакта этих долот с забоем.

Результаты сравнения по трем типам долот ОМ-29-11-ОК, 8Н-214-ОК и К-9-ОК (**рис. 2.3.1**) показали, что для различных конструкций долот имеется свое распределение площади контактов долота с забоем скважины. Начало

резкого повышения прироста этой площади свидетельствует о том, что твердосплавные зубки и тело шарошек долота вступили в достаточно большой контакт с забоем и тем самым снизили удельную нагрузку. В проводимом эксперименте из трех сравниваемых долот раньше других повышение площади контакта с забоем скважины наступает у долот К-9-ОК (кривая 2) с вылетом зубков 3-3,5 мм, затем у долота 8Н-214-ОК (кривая 1) с вылетом зубков 4-4,5 мм и, наконец, у долота ОМ-29-11-ОК (кривая 3) с вылетом зубков 5,5-6 мм. Отсюда видно, что в естественных условиях прирост скорости бурения регулируется также за счет уменьшения или увеличения вылета зубков на шарошечном долоте.

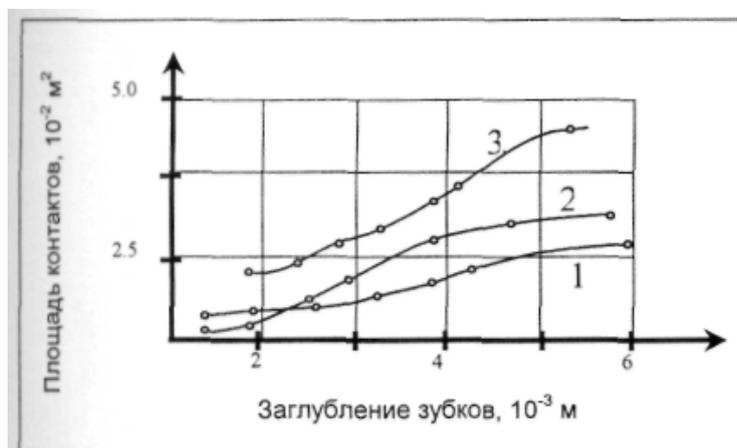


Рис. 2.3.1. Зависимость площади контакта долот 8Н-214-ОК (1), К-9-ОК(2) и ОМ-29-11-ОК (3) от величины заглубления зубков в забой скважины

Таким образом, можно считать, что на изменение скорости бурения в большей мере оказывает влияние величина вылета зубков твердого сплава, которая во многом определяет распределение площади контакта долота с забоем и является причиной замедления прироста скорости бурения. Это положение подтверждено на карьере **Мурунтау** при бурении скважин долотами 1В-243-ОКП (величина вылета зубков 5,5-6,5 мм) в породах с коэффициентом крепости $f = 6-7$ и контактной прочностью $R_k = 600-900$ МПа.

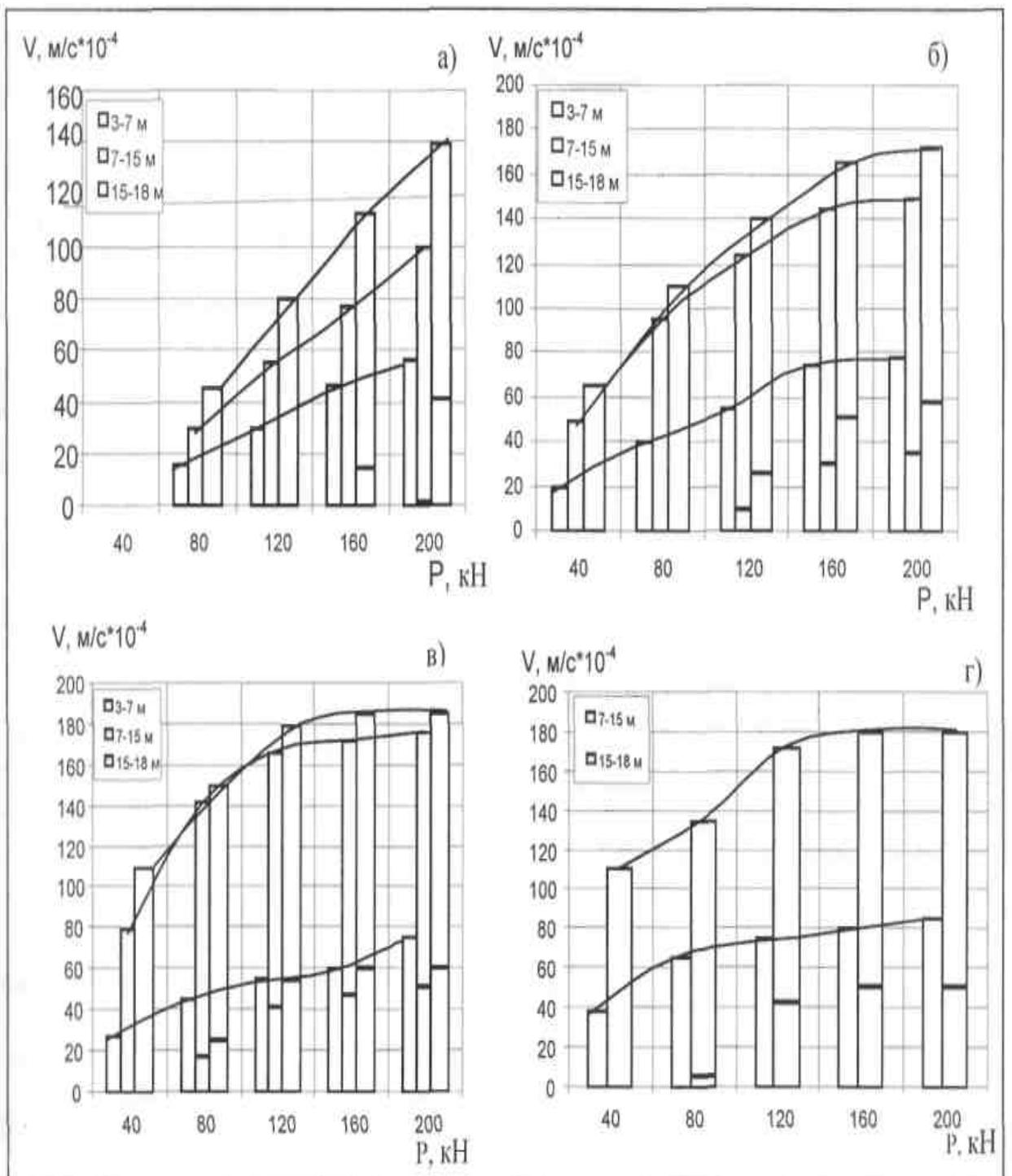


Рис. 2.3.2. Зависимость механической скорости бурения долотами типа 1В-243-ОКП от осевого усилия при частоте вращения бурового става $1,33 \text{ c}^{-1}$ (а), $1,67 \text{ c}^{-1}$ (б), $2,0 \text{ c}^{-1}$ (в) и $2,33 \text{ c}^{-1}$ (г) породах с $R_k=600-900 \text{ МПа}$, $f=6-7$

Результаты по выбору формы породоразрушающего вооружения для шарошечных долот определены на сложно-структурном месторождении **Мурунтау**. Основным показателем, определяющим выбор шарошечного долота, была механическая скорость бурения. Результаты сравнительных испытаний показали, что долота с вооружением зубков в форме клина позволяют достигать более высоких скоростей бурения, чем со сферической формой в исследуемом диапазоне крепостей пород. Поэтому в дальнейшем для получения высоких скоростей бурения следует применять долота, вооружение которых представлено клиновыми зубками из твердого сплава.

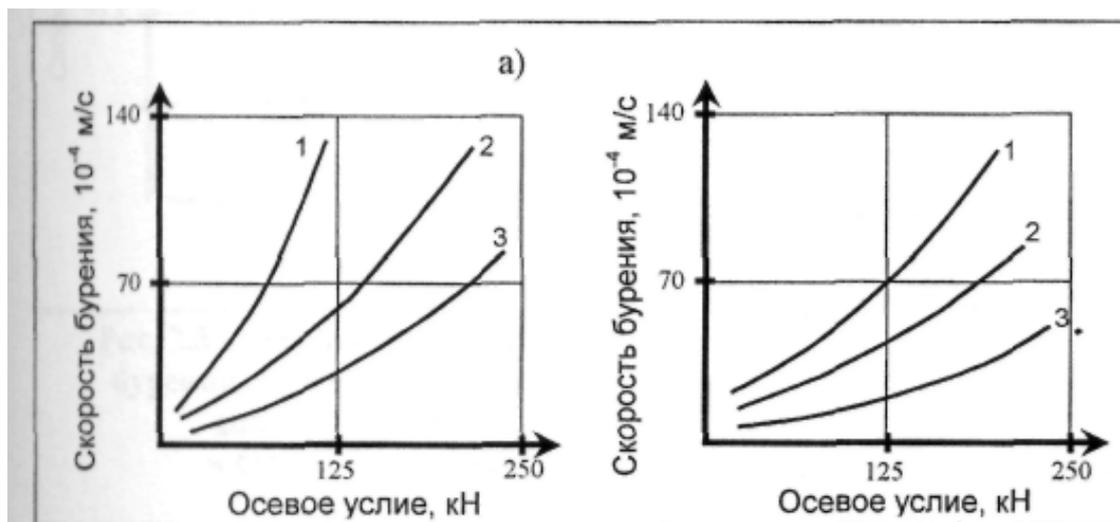


Рис. 2.3.3. Зависимость скорости бурения долотами Р-243-ТЗП (а); В-243-ОКП (б) от осевого усилия: в породах с контактной прочностью 480÷630 МПа (1) 790÷1430 МПа (2) и 1430÷2250 МПа (3)

Сравнительные испытания долот диаметром 243 мм (**рис. 2.3.3**) показали преимущество по скорости бурения долотами с вооружением твердосплавными зубками в виде острого клина в диапазоне крепостей $f = 4 - 12$ и $P_k = 480 - 2250$ МПа.

Использование долот, вооружение которых имеет форму тупого клина

(долото К – 11 -ТК диаметром 269 мм) для бурения скважин в породах с $f = 8 - 10$ (рис. 2.3.4), показало, что для долот подобной конструкции необходимы значительные осевые нагрузки ($P_{ос} = 500 - 600$ кН), что позволяет вести процесс бурения в режиме объемного разрушения. Наиболее перспективным для дальнейшего роста механической скорости бурения за счет рационального выбора типа вооружения долот является применение параболических твердосплавных зубков. Долота с подобным вооружением (Ш - 244, 5ТЗ - ПВ) при испытаниях показали хорошую работоспособность конструкции по сравнению с серийными долотами типа 243 - ОКП. Испытания проводились при следующих режимах бурения: осевое давление $P = 150 - 250$ кН, частота вращения бурового става - 1,7; 2,3-2,5 s^{-1} , расход сжатого воздуха 0,42 m^3/s . Коэффициент крепости пород составил 7-9. Глубина скважин равнялась 12-17,5 м. Хронометражные наблюдения показали, что скорость бурения долотами типа ТЗ - ПВ на 12-20% выше, чем долотами типа ОКП. При использовании зубка в виде плоского клина с углами приострения 60° , 85° и 135° более высокие градиенты напряжений в породе имеют место для клина 60° с формированием поля напряжений вытянутой в вертикальном направлении формы. Это позволяет сделать вывод о том, что использование плоского клина преимущественно приводит к раскалывающему и сдвиговому действию. Однако плоский клиновой зубок более склонен к боковому износу, что сказывается на изменении скорости бурения в процессе работы долота, особенно в крепких и перемежающихся по крепости породах.

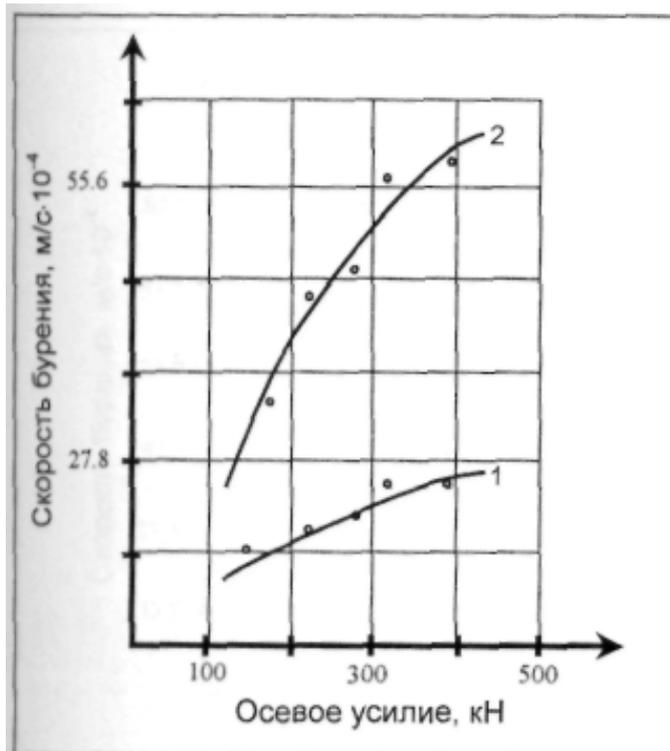


Рис. 2.3.4. Зависимость скорости бурения от осевого усилия для долот К-11-ТК (1) и ОМ-29-11-ОК (2)

В этом случае наиболее эффективно взаимодействует с породой параболический клиновидный зубок, поскольку при равной нагрузке он создает наиболее интенсивное напряженное состояние, а при разгрузке образует вертикальную трещину длиной около 0,2 см. Параболический клиновидный зубок вызывает растягивающее напряжение в точке максимальных сдвиговых напряжений на 40% выше, чем сферический, что, в конечном итоге, может повысить эффективность бурения в среднем на 18-20%.

Так, американские фирмы выпускают станки с числом оборотов не более $1,7 - 2,0 \text{ с}^{-1}$. При бурении по крепким породам применяют скорости вращения до $1,0 - 1,3 \text{ с}^{-1}$, а в средних по крепости породах - до $1,7 - 2,0 \text{ с}^{-1}$, но при значительных осевых нагрузках - до 450 - 550 кН. В отечественной практике при проектировании буровых станков существовало два мнения: первое - бурение на больших оборотах бурового става (до $8,3 - 16,7 \text{ с}^{-1}$),

второе, которого придерживается большинство авторов, это скорости вращения бурового става в пределах $1,3 - 2,5 \text{ с}^{-1}$.

Одной из первых работ в этой области являются теоретические исследования П.В. Балицкого и В.С. Владиславлева, в которых на основе методов теории колебаний упругих систем было изучено поведение бурового става при различной частоте его вращения; установлены причины, вызывающие поперечные и продольные колебания, что позволило определить условия работы долота при наличии над ним длинного упругого звена в виде бурового става, а также получить представление об источниках вынужденных колебаний.

Для долот диаметром 190 и 214 мм при бурении по крепким породам В.Д. Буткин рекомендует использовать силовые режимы со скоростью вращения бурового става $0,5-0,8 \text{ с}$, а в средних по крепости породам скорость вращения бурового става доводить до $3,3 - 5,0 \text{ с}^{-1}$. Эти рекомендации получены на основе промышленных экспериментов по выявлению времени контакта зубьев долот с породой, в течение, которого происходит наиболее эффективный процесс разрушения. Фактор влияния длительности времени контакта каждого зубка шарошки с разрушаемой породой на эффективность процесса бурения отмечают многие авторы, поскольку предполагается, что с ростом частоты вращения долота происходит сначала увеличение, а затем уменьшение механической скорости бурения из-за сокращения времени контакта зубков с породой за одно нагружение.

3.3. Методика проведения учета работоспособности и испытаний бурового инструмента

Методика проведения учета работоспособности и испытаний бурового инструмента включает в себя две составляющих:

- учет работоспособности всего используемого бурового инструмента;
- комиссионное проведение испытаний бурового инструмента.

Учет работоспособности используемого бурового инструмента

1. Учет работоспособности бурового инструмента проводится в процессе производства всех буровых работ.

2. Специалисты рудоуправления в процессе эксплуатации бурового инструмента накапливают результаты его работы и оформляют их документально по предлагаемой форме. Форма учета может корректироваться в соответствии с разработанной в каждом подразделении «Инструкцией по проведению испытаний бурового инструмента, применяемого на открытых горных работах».

3. Один раз в полугодие по результатам отработки делается анализ работоспособности бурового инструмента и удельных затрат на бурение 1 метра скважины, который направляются главному инженеру НГМК.

Комиссионное проведение испытаний бурового инструмента.

1. Комиссионным испытаниям в процессе производства буровых работ рекомендуется подвергать не менее 20 шт. шарошечных долот, 10 буровых штанг, 20 буровых коронок, 10 пневмоударников из всей вновь поступившей партии бурового инструмента, ранее не применявшейся при производстве буровых работ.

Испытания бурового инструмента должны проводиться в соответствии с «Инструкцией по проведению испытаний бурового инструмента,

применяемого на открытых горных работах», составленной в каждом рудоуправлении применительно к существующим горно-геологическим условиям, рекомендациям завода-производителя и применяемому буровому оборудованию. В Инструкции необходимо изложить требования к буровой установке и бригаде, технологию бурения и обслуживания бурового инструмента, режимы бурения, учет показателей бурения, критерии снятия бурового инструмента с работы. Инструкция утверждается главным инженером рудоуправления и вводится в действие приказом.

2. Для проведения комиссионных испытаний приказом по рудоуправлению создается комиссия и назначаются ответственные за организацию и проведение испытаний. К проведению испытаний привлекаются (по возможности) представители завода-производителя и сотрудники горного бюро ЦНИЛ НГМК.

3. При испытаниях бурового инструмента бурение должно проводиться в режимах, рекомендуемых заводом-изготовителем, паспортами на буровой инструмент или таблицей 3.

4. Лица, ответственные за проведение испытаний бурового инструмента, систематизируют и оформляют полученные результаты испытаний по установленной инструкцией форме. Рекомендуемая форма учета может корректироваться.

5. По результатам проведенных испытаний делается анализ работоспособности бурового инструмента и удельных затрат на бурение 1 метра скважины и составляется акт, который утверждается главным инженером рудоуправления.

6. Полученные результаты и акт по проведению испытаний бурового инструмента направляются главному инженеру НГМК.

Глава 4. Оптимизация параметров буровых работ и технико-экономические показатели

4.1. Повышение эффективности бурения взрывных скважин станками СБШ-250МНА

В настоящее время парк буровых станков СБШ - 250МН на карьере **Мурунтау** составляет 24 единицы. Отсутствие запчастей, сверхнормативная эксплуатация станков, приводит к значительным простоям, тенденция увеличения которых для карьера **Мурунтау** прослеживается в течение последних лет. По сравнению с 2000 годом в 2001 году простои увеличились на 11,9% и составили 4240,8 час. Большинство простоев вызвано отказами вращательно-подающего механизма (двигателя и редуктора), а также компрессорной установки. Отказы двигателя вращателя происходят в основном из - за его перегрузок при работе на форсированных режимах. Недостаточный отвод тепла, особенно в период высоких дневных температур воздуха, приводит к перегреву двигателя и выходу его из строя.

Следует отметить, что АО «Рудгормаш» ведет работы по усовершенствованию станка СБШ - 250МНА. Увеличена мощность двигателя вращателя постоянного тока до 90 квт, внесены конструктивные изменения в редуктор вращателя, буровой головки. Учитывая, что станок СБШ - 250МНА высокопроизводителен и надежен в эксплуатации, дальнейшая модернизация позволит поднять его до уровня станков зарубежных фирм.

Длительный опыт эксплуатации в карьере **Мурунтау** буровых станков типа СБШ позволил определить основные пути повышения эффективности их работы. Технические мероприятия по их совершенствованию были направлены на:

- повышение надежности станка, в частности: замену контактора включения электродвигателя компрессора и пускателей управления электродвигателей хода бурового станка на бесконтактные тиристорные

схемы управления; устройство дополнительного освещения для обеспечения нормальной работы в ночное время; исключение из схемы электрооборудования электроцепей подогрева масла, не используемых в климатических условиях карьера; изменение конструкции обдува электродвигателя - вращателя и т.п.;

- повышение безопасности работ и скорости их выполнения путем оснащения станка дополнительными площадками обслуживания и ограждением рабочих зон;

- уменьшение времени выполнения основных и вспомогательных операций путем изменения конструкций и узлов бурового станка.

Первые два направления лишь косвенно оказывают влияние на производительность бурового станка, увеличивая надежность его работы, обеспечивая удобство обслуживания и необходимый уровень безопасности. Поэтому основные усилия были направлены на работы, связанные с интенсивностью выполнения вспомогательных операций и временем бурения скважины.

Высота обрабатываемых уступов в карьере **Мурунтау** составляет 10 и 15 м. Начата отработка 30 метровых уступов. Находящиеся в эксплуатации буровые станки СБШ - 250 МНА -32 в силу своих конструктивных особенностей не обеспечивают бурение скважин глубиной более 8 м без наращивания штанг. В тоже время анализ опыта изготовления буровых машин ведущими фирмами показывает, что по требованию заказчика базовая модель может комплектоваться мачтами и буровыми штангами различной длины в зависимости от требуемой глубины бурения. Например, станки фирм "Ингерсолл-Рэнд", "Бюсайрус-Эри" и др. оснащаются мачтами и штангами, позволяющими бурить скважины глубиной до 20 м без наращивания бурового става. Бурильная машина Д400 фирмы "Дрилтех" (США) - общепризнанного лидера в производстве бурового оборудования, позволяет за один проход бурить скважины диаметром от 152 до 254 мм и

глубиной 12,2; 15,2; 18,3; 19,8 м [75]. Эффект в данном случае достигается за счет сокращения времени на вспомогательные операции (наращивание и разборка бурового става, а также увеличение стойкости долота в результате непрерывной продувки каналов и опор шарошек и, как следствие, исключение их шламывывания при технологических остановках). При этом наибольший эффект достигается на легкобуримых породах, где удельный вес вспомогательного времени может достигать до 150 % от времени бурения.

С целью интенсификации процесса бурения на карьере Мурунтау осуществлена модернизация мачты серийного станка СБШ - 250 МНА - 32 для бурения скважин глубиной 12,5 м без наращивания штанг. Станок, оснащенный модернизированной удлиненной мачтой, был введен в эксплуатацию в августе 1995 г. За истекший период станком на уступах 10 и 15 м в породах с категорией XI-XIV пробурено более 197 тыс. м скважин. Анализ показал, что применение модернизированных станков обеспечивает увеличение производительности и, как следствие, объема бурения в среднем на 20%. Прирост объемов бурения в основном достигается за счет сокращения времени на вспомогательные операции. Результаты хронометражных наблюдений при бурении скважин глубиной 16 м приведены в табл. 2.5.1. Техническая характеристика серийного и модернизированного станков приведена в табл. 2.5.2.

Таблица 2.5.1 Затраты времени на вспомогательные операции при бурении скважин модернизированными и серийными буровыми станками

| Наименование операции | Станки | | | |
|--------------------------|--------------|-------|---------------|-------|
| | СБШ-250МНА-У | | СБШ-250МНА-32 | |
| | мин | мин/м | мин | мин/м |
| Горизонтирование | 0,73 | 0,046 | 0,53 | 0,033 |
| Нарращивание става | 2,12 | 0,133 | 3,53 | 0,22 |
| Разборка става | 3,94 | 0,246 | 5,01 | 0,313 |
| Переезд | 0,55 | 0,034 | 0,58 | 0,036 |
| Итого: | 7,34 | 0,459 | 9,65 | 0,603 |

В карьере **Мурунтау** независимо от высоты рудного уступа, типа пород и других технологических факторов сетка скважин в рудной и рудно-породной зонах равна 5,6x5,6 м. Необходимость сохранения постоянной сети скважин обусловлена принятой в карьере технологией эксплуатационного опробования и оконтуривания рудных зон. В целях равномерного размещения ВВ в массиве, позволяющего снизить коэффициент разрыхления массива и перемешивания в нем руды и породы, было предложено частично перейти на бурение скважин долотами диаметром 215,9 мм. Испытания подтвердили целесообразность бурения рудных уступов долотами уменьшенного диаметра при снижении удельных затрат на буровзрывные работы в среднем на 0,045 \$США/м³ по сравнению с зарядами диаметром 244,5 мм. В настоящее время на карьере **Мурунтау** переоборудованы и находятся в эксплуатации шесть станков СБШ -250МН, осуществляющих бурение скважин долотами диаметром 215,9 мм с использованием буровых штанг диаметром 180 мм.

Таким образом, внедрение бурового станка СБШ-250МНУ с удлиненной мачтой на карьере **Мурунтау** позволило увеличить производительность бурения на 20 %. Переход на частичное бурение скважин долотами диаметром 215,9 мм позволил снизить потери и разубоживание руды и затраты на буровзрывные работы.

4.2. Результаты хронометража процесса бурения на руднике «Кара-Кутан»

Хронометражные наблюдения для определения скорости бурения проводились при бурении скважин с интервалами по глубине от 3 до 7, от 7 до 15, от 15 до 18 м (рис. 2.3.2). Наименьшие скорости бурения получены при оборотах 1,3 с". В то же время механическая скорость возрастает пропорционально росту осевой нагрузки. При этом установлено, что одновременно наблюдается уменьшение скорости бурения с глубиной, которая составляет: $125 \text{ м/с} \cdot 10^{-4}$ при глубине от 3 до 7 м; $94,4 \text{ м/с} \cdot 10^{-4}$ при глубине от 7 до 15 м и $61,1 \text{ м/с} \cdot 10^{-4}$ при глубине от 15 до 18 м. Повышение частоты вращения бурового става приводит к значительному росту скорости бурения (от 8,3 до $41,7 \text{ м/с} \cdot 10^{-4}$). При этом также установлено, что чем выше частота вращения бурового става, тем при меньших значениях осевой нагрузки достигается область максимальных значений механической скорости бурения: в среднем $166,7\text{-}180,6 \text{ м/с} \cdot 10^{-4}$.

Темп прироста скорости бурения снижается, начиная с 100 кН. Столь раннее начало снижения темпа прироста скорости в слабых по крепости породах объясняется как недостаточным количеством подаваемого на продувку воздуха, так и самой конструкцией вооружения шарошек долота с вылетом зубов твердого сплава на периферийных венцах шарошек 5,5 - 6,5 мм, что приводит при нагрузках 200 - 220 кН к полному их внедрению в породу. При дальнейшем повышении нагрузки свыше 200 - 220 кН происходит заклинивание долота и бурового става. Увеличение частоты вращения свыше $1,3 \text{ с}^{-1}$ при глубине бурения от 3 до 15 м обуславливает повышение скорости бурения, а при глубине более 15 м интенсивность увеличения скорости бурения значительно снижается.

Это объясняется недостаточным количеством сжатого воздуха, подаваемого на продувку, особенно в глубинной части скважины при

бурении слабых и средних по крепости пород. Поэтому основным направлением повышения скорости бурения в этих породах является использование долот с повышенным вылетом зубков твердого сплава при достаточных объемах подаваемого на продувку воздуха.

При бурении скважин шарошечными долотами в породах различной крепости возникает вопрос выбора рациональной формы породоразрушающих элементов. На карьерах применяются долота типов Т, ТК, ТЗ, ТКЗ, К и ОК, которые отличаются формой элементов вооружения, значительно влияющей на механическую скорость бурения горных пород и стойкость шарошечных долот.

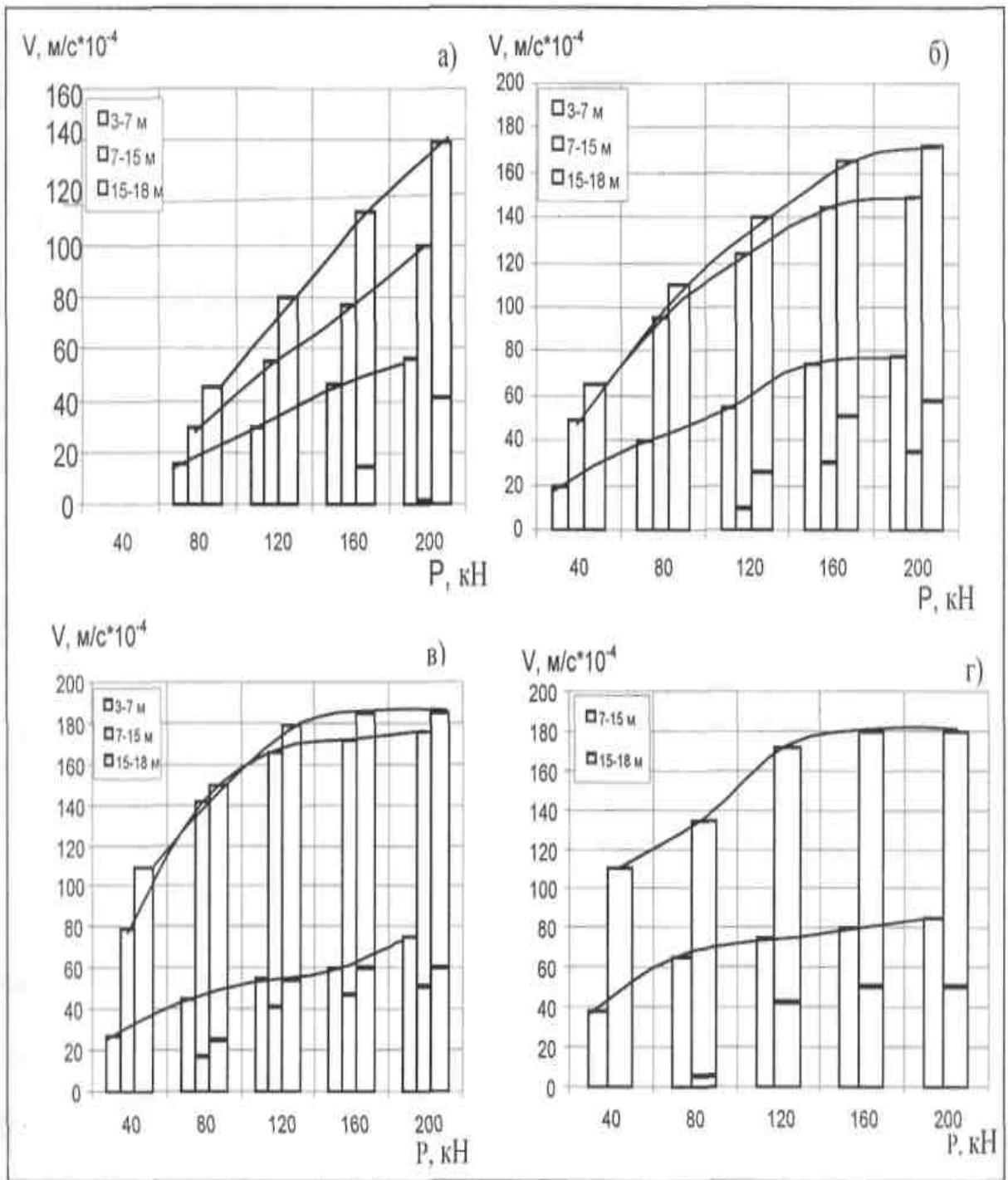


Рис. 2.3.2. Зависимость механической скорости бурения долотами типа 1В-243-ОКП от осевого усилия при частоте вращения бурового става $1,33 \text{ c}^{-1}$ (а), $1,67 \text{ c}^{-1}$ (б), $2,0 \text{ c}^{-1}$ (в) и $2,33 \text{ c}^{-1}$ (г) породах с $R_k=600-900 \text{ МПа}$, $f=6-7$

4.3. Разработка технического регламента по установлению оптимальных режимных параметров шарошечными долотами и технико-экономические показатели

В процессе экспериментальных работ, которые проводились с долотами малого диаметра (до 214 мм), эти предположения нашли свое подтверждение. В частности, было установлено, что с повышением частоты вращения до $4,2 \text{ с}^{-1}$ механическая скорость непрерывно возрастает вследствие увеличения числа поражений забоя скважины зубками шарошек.

На **рис. 2.3.5** приведены зависимости скорости бурения от частоты вращения става при различных осевых нагрузках, характер которых практически не зависит от диаметра долот, крепости пород и величины нагрузок. Скорость бурения возрастает при увеличении частоты вращения до $1,3-2,0 \text{ с}^{-1}$, при дальнейшем увеличении частоты вращения до $2,5-2,7 \text{ с}^{-1}$ скорость изменяется незначительно. Помимо этого, установлено, что при высоких частотах вращения бурового става возникают сильные вибрации, вызывающие поломки узлов станка и, в конечном счете, снижающие его производительность.

Поэтому превышение частоты вращения более чем на $3,3 \text{ с}^{-1}$ для станков СБШ-250МН нецелесообразно. Интенсивность вибраций на станке непосредственно зависит от крепости и трещиноватости пород. В монолитных породах крепостью $f = 8 - 14$ ($P_k = 1300 - 2200 \text{ МПа}$) сильные вибрации наступают при скорости вращения бурового става $n = 3,0 - 3,3 \text{ с}^{-1}$, а в более крепких породах $f = 14 - 16$ ($P_k = 2200 - 3000 \text{ МПа}$) при $n = 2,5 - 2,8 \text{ с}^{-1}$. В сильно нарушенных и трещиноватых породах крепостью $f = 12 - 16$ ($P_k = 1800 - 3000 \text{ МПа}$) вибрации возникают уже при $n = 1,7-2,0 \text{ с}^{-1}$.

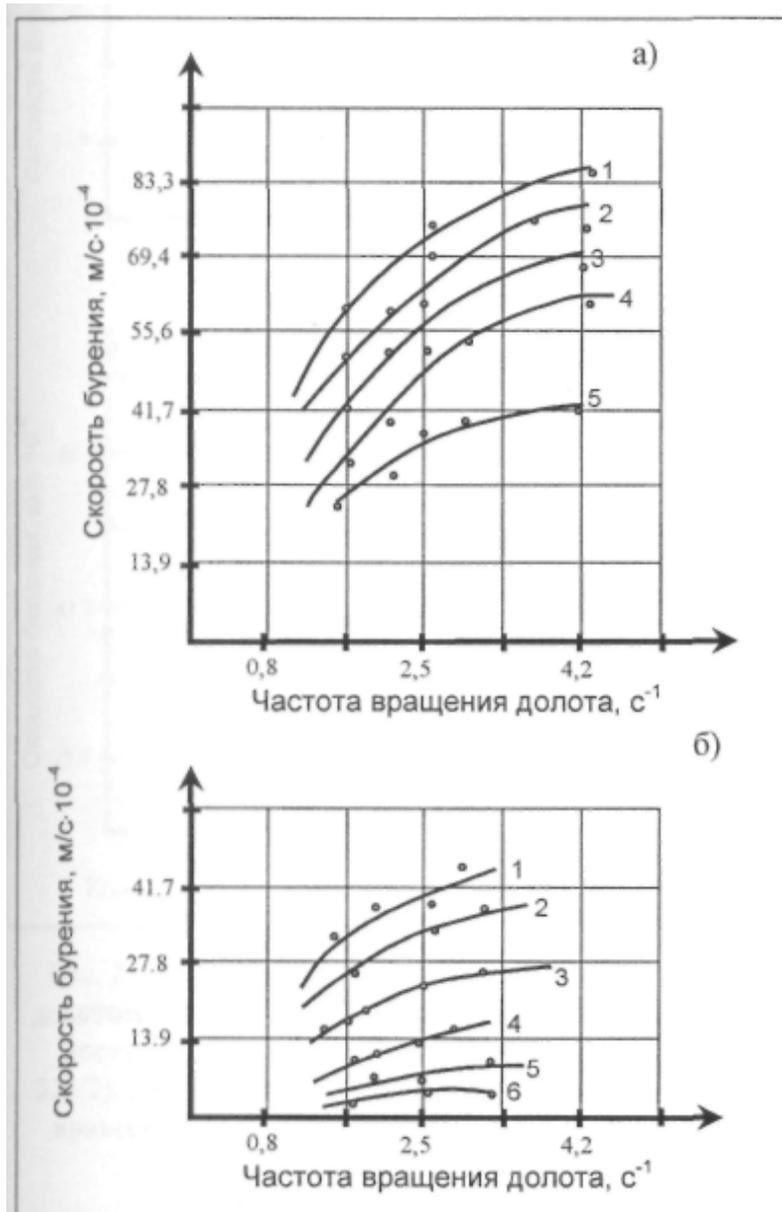


Рис. 2.3.5. Зависимость скорости бурения от частоты вращения долота в породах крепостью $f=8-10$ (а) и $f=16$ (б) при осевом усилии $P=360$ (1), 320 (2), 260 (3), 220 (4) и 75 кН (6)

Исследованиями режимных параметров бурения для станков СБШ-250МН с

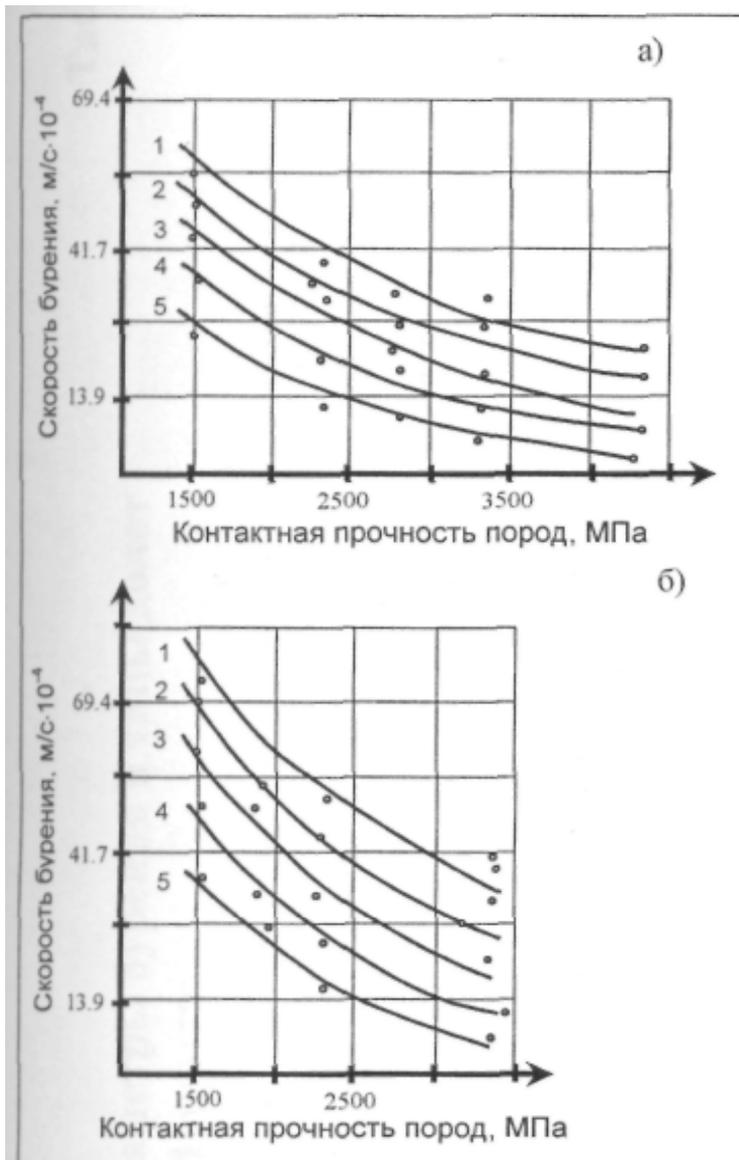


Рис. 2.3.6. Зависимость скорости бурения долотом ОМ-29-11-ОК от контактной прочности пород при осевом усилии 360 (1), 320(2), 270 (3), 220 (4) и 170 кН (5) и частоте вращения бурового става $n=1.67\text{ с}^{-1}$ (а) и $n=2.33\text{ с}^{-1}$ (б)

диаметром долота 243 мм установлено: для монолитных и трещиноватых пород небольшой крепости ($R_k = 400 - 500\text{ МПа}$) рациональными являются соответственно $n = 2,0 - 2,3\text{ с}^{-1}$ и $n = 1,7 - 2,0\text{ с}^{-1}$; для крепких монолитных и трещиноватых пород ($R_k = 1500 - 2800\text{ МПа}$) - соответственно $n = 1,7 - 2,0\text{ с}^{-1}$ и $n = 1,0 - 1,7\text{ с}^{-1}$.

Взаимосвязь скорости бурения с физико-механическими свойствами пород прослеживается во всех экспериментах и в обобщенном виде приведена на рис. 2.3.6 [80]. Анализ полученных результатов показывает, что характер

указанной взаимосвязи в целом не зависит от других режимных параметров бурения.

Скорость бурения взрывных скважин шарошечными долотами зависит не только от величины осевого давления, скорости вращения, физико-

механических свойств пород, но и от количества сжатого воздуха для продувки скважин и конструкции долот. Экспериментальные исследования позволили установить такую взаимосвязь (рис. 2.3.7), анализ которой показывает, что при бурении скважин глубиной до 25 м количество воздуха для продувки скважины более $Q > 0,5$ м³/с практически не влияет на скорость бурения [80].

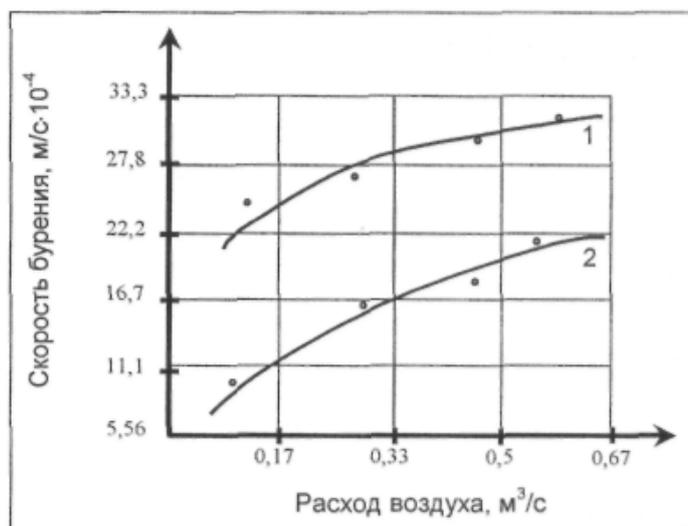


Рис. 2.3.7. Зависимость скорости бурения ($P=320$ кН, $n=1,67 \div 1,83 \text{ с}^{-1}$) от расхода воздуха на продувку скважин при бурении габбро ($f = 14 \div 16$, $P_k = 2600 \div 3000$ МПа) долотами OM-29-11-OK (1) и 295-OKП (2)

На основании комплекса исследований и промышленных работ по бурению скважин различными типами долот в широком спектре пород для каждой группы пород карьера Мурунтау рекомендованы режимные параметры бурения, представленные в табл. 2.3.1.

Таблица 2.3.1 Рекомендуемые рациональные параметры бурения и типы долот для карьера **Мурунтау**

| Цитологические разности пород | Коэффициент крепости | Группа пород по буримости | Категория пород по классификации | Контактная прочность пород, | Осевое усилие, кН | Частота вращения, | Скорость бурения, | Тип долота |
|---|----------------------|---------------------------|----------------------------------|-----------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|------------|
| Породы зон разлома. Сланцы углисто-сланцевые, кварц-сланцевые, окисленные. Сланцы кварц-сланцевые, метасоматически измененные Алевриты. Сланцы кварц-сланцевые, метасоматически измененные до кварцитов. Жилы моно- | 6-8 | легко буримые | УШ-Х | 650-800 | 150-220 | 130-100 | 32-40 | ТКЗ |
| Метасоматиты кварцево-полевошпатовые, окварцованные. Бречии. Кварциты, Метасоматиты кварцевые. | 8-10 | Средне буримые | XI-XII | 800-1500 | 210-230 | 130-100 | 25-32 | ТКЗ, К |
| Метасоматиты кварцево-полевошпатовые, окварцованные. Бречии. Кварциты, Метасоматиты кварцевые. | 10 и более | Трудно буримые | XIII-XIV | 1500-2000 | 230-270 | 120-90 | 18-25 | К, ОК |

4.4. Техничко-экономические показатели и эффективность бурения

Обобщение результатов применения пневмо и гидроударников в большом числе производственных организаций и анализ нормативов механической скорости для различных способов свидетельствуют, что многие технико-экономические показатели ударно-поворотного и ударно-вращательного бурения этими типами машин в определенных горно-геологических условиях превосходят соответствующие показатели других способов. Благодаря этому применение при разведочном бурении пневмо- и гидроударников во многих случаях позволяет увеличить скорость бурения и обеспечивает снижение себестоимости 1 м скважин. Экономический эффект от пневмоударного бурения составил свыше 1,2 млн. руб., а от применения высокочастотных гидроударников – свыше 1,6 млн. руб в ценах 1991г.

С целью всесторонней оценки ударного бурения нами рассчитывались доверительные пределы (при $P=0,9$) его производительности и значения удельных (отнесенных к 1 м скважин) приведенных затрат ($C_{пр}$) для различных градаций, характеризующихся однородными геолого-техническими условиями. Дифференцирование общего диапазона геолого-технических условий, в которых применяется ударное бурение, на отдельные градации осуществлялось в соответствии с категориями пород по буримости (в диапазоне VI–X), диаметрами (59, 76 и 93 мм) и глубинами (0–100, 0–300, 0–500, 0–700 м) скважин. В качестве примера показаны пределы изменения показателей ударного и некоторых других способов бурения в скважинах диаметром 59 мм и глубиной 500 м для пород от VI до X категории по буримости. Обобщенные данные о пределах изменения производительности бурения (различными способами) для всех рассматриваемых категорий пород по буримости и интервалов глубин даны (для» скважин диаметром 59 и 76 мм).

В результате этой вариации сравниваемые показатели различных способов бурения в значительной мере перекрываются, в соответствии с чем

единственным методом оценки эффективности (значимости) исследуемого способа может быть установление его оптимальных долей в общем объеме бурения в рассматриваемых условиях.

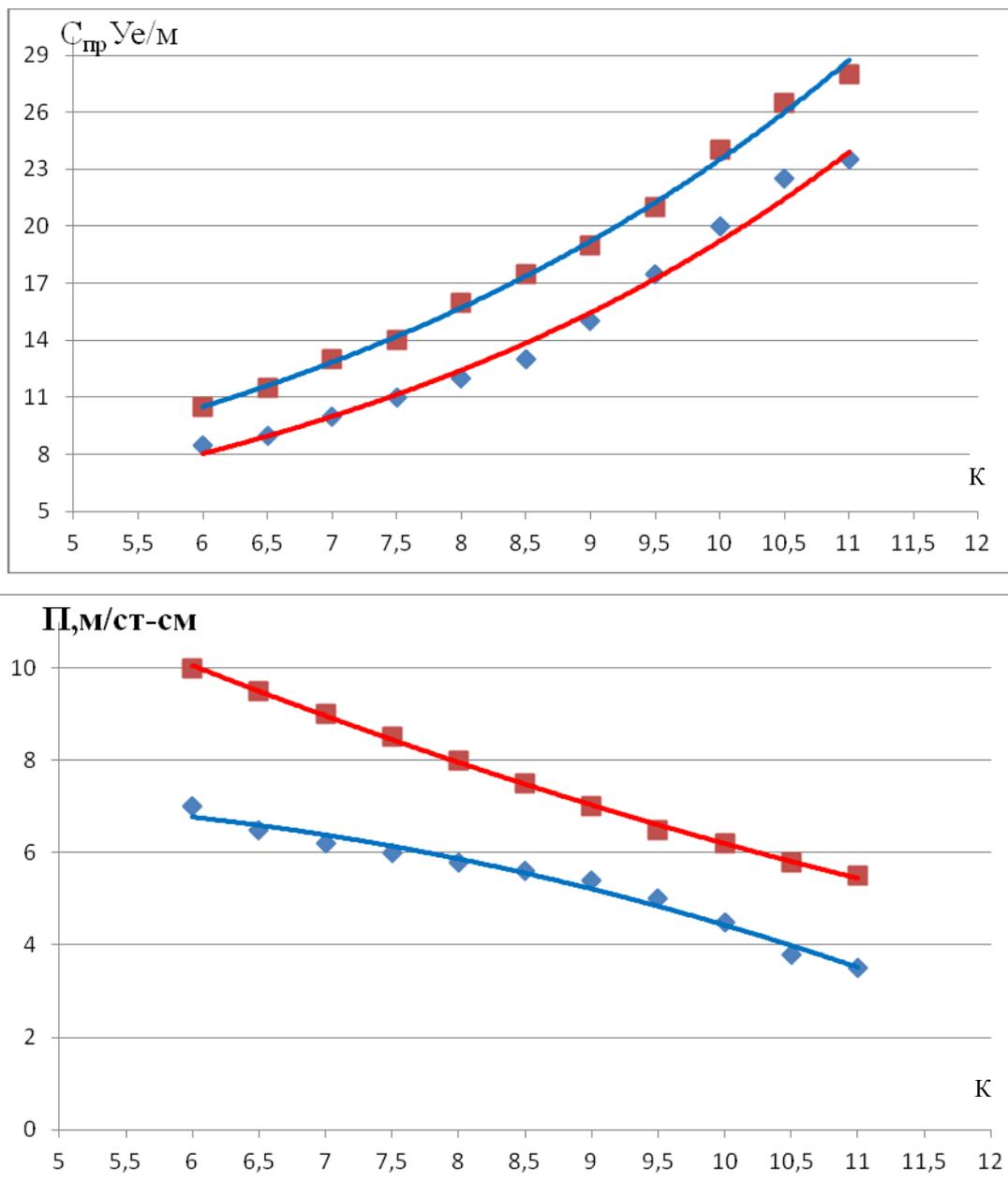


Рис. 4.1. Пределы изменения технико-экономических показателей основных способов и технических средств бурения (в скважинах диаметром 46 мм и глубиной до 5 м) в зависимости от категории пород по буримости (K).

Решение вопроса о целесообразности применения при бурении скважин забойных ударных машин, а также выбор рационального типа технических

средств и параметров режима бурения (частоты вращения бурового снаряда, осевой нагрузки, расхода промывочной жидкости или воздуха) для определенных условий проведения работ являются важными элементами процесса организации бурения шпуров и скважин.

В настоящее время при решении этих задач используются различные критерии, основными из которых являются производительность (скорость) бурения и расчетные стоимостные показатели (себестоимость, стоимость, приведенные затраты).

Предлагаемая схема расчета может быть применена при сравнительном анализе эффективности (рациональности) использования практически всех известных в настоящее время технических средств бурения, за исключением тех, основное назначение которых заключается в повышении качества буровых работ (уменьшение искривления скважин, увеличение выхода керна и др.) и улучшении санитарно-гигиенических условий труда и его безопасности.

Установление рационального состава технических средств (или рационального сочетания режимных параметров) бурения на основании расчета его технико-экономических показателей правомерно лишь для определенного диапазона геолого-технических условий.

Установление технико-экономических показателей может осуществляться как на основании непосредственного обобщения соответствующих результатов бурения (расчет средних значений механической скорости, длины рейса, затрат времени на вспомогательные операции, расхода различных материалов и т.п.), так и путем их прогнозирования (методом экстраполяции, методом экспертных оценок и др.).

В качестве критериев оптимальности используют 4 показателя, из которых два основных и два дополнительных. Основные критерии определяются как величины приведенного экономического эффекта.

Первый основной критерий оптимальности ($\mathcal{E}_{оп1}$, руб./ст.-см.) рассчитывается по формуле

$$\mathcal{E}_{оп1} = \Pi \mathcal{E}_{y1}, \quad (4.6)$$

где Π – производительность, м/ст.-см.; \mathcal{E}_{y1} – удельный экономический эффект, руб./м, определяемый для каждого рассматриваемого варианта относительно условной базы сравнения, \mathcal{E}_y – рассчитывается по формуле

$$(4.7)$$

где $C_{пр.мах}$ – максимальные из всех рассматриваемых вариантов затраты на 1 м бурения; $C_{пр.ср}$ – среднеарифметическое значение приведенных затрат на 1 м бурения по всем рассматриваемым вариантам; $C_{пр}$ – приведенные затраты на 1 м бурения рассматриваемого варианта.

Для всех рассмотренных случаев приведенные затраты на 1 м бурения ($C_{пр}$) рассчитываются по формуле $C_{пр} = C_c + EK$, где C_c – себестоимость 1 м бурения, руб.; K – удельные капитальные вложения в производственные фонды, руб.; E – нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений ($E=0,15$).

$\mathcal{E}_{оп1}$ характеризует условный экономический эффект, получаемый от применения того или иного технического средства (или от определенного сочетания основных параметров режима бурения) в конкретных геолого-технических условиях в единицу времени.

Второй основной критерий оптимальности ($\mathcal{E}_{оп2}$) рассчитывается также умножением удельного экономического эффекта (руб./м) на значение производительности (м/ст.-см.). Но в этом случае удельный экономический эффект (\mathcal{E}_{y2}) определяется по формуле

$$\mathcal{E}_{y2} = (C_{пр.мах} - C_{пр.ср})(C_{пр.ср}/C_{пр}) \quad (4.8)$$

$\mathcal{E}_{оп2}$ также характеризует экономический эффект, получаемый в

единицу времени (ст.-см.) в конкретных геологических условиях, а интервал $\mathcal{E}_{on1} - \mathcal{E}_{on2}$ – диапазон возможных (для данного варианта) значений экономического эффекта, определяемого относительно практически любой из фактически существующих баз сравнения.

В случае, когда основные критерии не однозначны, определяются дополнительные критерии оптимальности – $\mathcal{E}_{оп3}$ и $\mathcal{E}_{оп4}$, м/ст.-см. Их расчет осуществляется по формулам:

$$\begin{aligned}\mathcal{E}_{оп3} &= (C_{пр.маx}/C_{пр})П; \\ \mathcal{E}_{оп4} &= (C_{пр.мин}/C_{пр})П,\end{aligned}\tag{4.9}$$

где $C_{пр\ min}$ – минимальные из всех рассматриваемых вариантов приведенные затраты на бурение 1 м скважины, руб./м.

Расчет технико-экономических показателей производится по следующим формулам.

1. Производительность $П$ ($П[1]$), м/ст.-см.,

$$(4.10)$$

где $T(T)$ – продолжительность смены, ч; $v(V[1])$ – механическая скорость бурения, м/ч; $T_{сно}(TC) = T_{сн} + T_{нз} + Z_1 T_{зк} + Z_2 T_{пр} + Z_3 T_{СК} + Z_4(T_{снк} + T_{со} + T_{нк})$ – время на вспомогательные операции, связанные со спуском и подъемом бурового инструмента (или отдельных его элементов), отнесенное к одному рейсу, ч; $T_{сн}$ – время на спуск и подъем бурового снаряда; $T_{нз}$ – время на подготовительно-заключительные операции, связанные со спуском и подъемом бурового снаряда; $T_{зк}$ – время на обмер и замену породоразрушающего инструмента; $T_{пр}$, – время на чистку и промывку (продувку) скважин и другие работы, связанные с необходимостью периодической (не менее одного раза за рейс) промывки и продувки (например, при свободном спуске извлекаемых элементов бурового

снаряда); $T_{ск}$ – время на срыв керна; $T_{снк}$ – время на подготовительно-заключительные операции, связанные со спуском и подъемом извлекаемых элементов бурового снаряда; $T_{со}$ – время на спуск в скважину технических устройств, обеспечивающих возможность подъема извлекаемых элементов бурового снаряда; $T_{нк}$ – время на подъем керна; $Z_1 - Z_4$ – коэффициенты, учитывающие периодичность (повторяемость) выполнения соответствующих операций в течение одного рейса; P ($P[1]$) – проходка за рейс, м; $T_{пн}$ (ТП) – время на перекрепление шпинделя и наращивание бурильной колонны, отнесенное к 1 м бурения, ч; K_1 (К1) – коэффициент, учитывающий затраты времени на техническое обслуживание (профилактический ремонт) бурового оборудования; $T_{вс}$ (ТВС[1]) – время на вспомогательные операции и специальные работы, связанные со спецификой технологии бурения определенными техническими средствами [взятие бороздовых и других проб (например, при бескерновом бурении), наладка гидроударников, тампонирование, крепление стенок скважины, геофизические исследования, простои и ликвидация аварий (если они связаны со спецификой применяемой техники и технологии) и т. д.), отнесенное к 1 м бурения, ч.

2. Годовой объем бурения на одну установку (A), м,

$$A = GK_u P / (1 + MP), \quad (4.11)$$

где G (G) – годовой календарный фонд времени, ст. см.; K_u (КУ) – коэффициент использования парка буровых установок; M (M) – время на монтаж, демонтаж и перевозку установок, ст.-см./м.

3. Затраты по статье «Истирающие материалы» (Z_i), руб./ст.-см.,

$$Z_i = P[(C_k T_1 - C_{к0})/L_1 + (C_p T_1 - C_{ро})/L_2] \quad (4.12)$$

где C_k (СК[1]), C_p (СП[1]) – стоимость коронки (долота) и расширителя, руб.; $C_{к0}$ (СКО[1]), $C_{ро}$ (СРО[1]) – остаточная стоимость [после окончания отработки коронки (долота) и расширителя], руб.; L_1 (L1[1]), L_2 (L2[1]) – стойкость коронки (долота) и расширителя, м; T_1 (Т1) – коэффициент транспортно-заготовительных расходов к материалам.

4. Амортизация (ЗА), руб./ст.-см.,

$$Z_a = ST_2 \{K_{a1} + K_{a2}K_cK_{yc}\} / \Gamma, \quad (4.13)$$

где S (S[Q]) – стоимость буровой установки, руб.; T_2 (T_2) – коэффициент транспортно-заготовительных расходов к оборудованию; K_{a1} (K_{A1}), K_{a2} (K_{A2}) – нормы амортизационных отчислений на реновацию и капитальный ремонт; K_c (K_C) – коэффициент сезонности работ (отношение календарного рабочего времени, необходимого для выполнения работ, к годовому календарному фонду времени); K_{yc} (K_{YC}) – коэффициент сменности работ.

5. Коэффициент, учитывающий рост производительности, (K_9)

$$K_9 = (\Pi / \Pi_{\min} - 1) / 2 + 1, \quad (4.14)$$

где Π_{\min} (Π_{\min}) – минимальная производительность (для всех вариантов), м/ст.-см.

6. Условная себестоимость бурения 1 м скважины (C_y), руб./м,

$$C_y = \{ [C_1 (1 + K_3 + K_5) + C_2 (1 + K_4 + K_5) + C_9] K_2 + T_1 K_9 (C_3 + C_6 + C_8 + C_{10}) + Z_{и} + Z_a + C_4 + C_5 + N [T_1 (C_{11} - C_{12}) + C_{12} K_2] \} / K_8 + C_1 K_6 + (C_2 + C_9 + N C_{12}) / K_7 > / \Pi, \quad (4.15)$$

где C_1 (C_1), C_2 (C_2) – затраты по статьям «Основная зарплата ИТР и рабочих», руб./ст.-см.; C_3 (C_3) – затраты по статье «Материалы – колонковые и шламовые трубы», руб./ст.-см.; C_4 ($C_4[1]$) – дополнительные затраты по статьям «Материалы» и «Износ», связанные с особенностями применения определенных технических средств или режимов бурения, руб./ст.-см.; C_5 (C_5) – затраты по статье «Материалы – электроэнергия», руб./ст.-см.; C_6 (C_6) – затраты по статье «Материалы – прочие» (материалы без затрат на колонковые трубы, шламовые трубы и электроэнергию), руб./ст.-см.; C_8 (C_8) – затраты по статье «Износ», руб./ст.-см.; C_9 (C_9) – затраты по статье «Услуги – выплаты» (зарплата, дополнительная зарплата, отчисления на соцстрах), руб./ст.-см.; C_{10} (C_{10}) – затраты по статье «Услуги – материальные затраты», руб./ст.-см.; C_{11} (C_{11}) – затраты по статье

«Транспорт», руб./маш.-см.; C_{12} (C_{12})—затраты по статье «Транспорт – выплаты», руб./маш.-см.; $N(N)$ – норма транспорта, маш.-см./ст.-см.; K_2 (K_2) – районный коэффициент к зарплате; K_3 (K_3), K_4 (K_4) – коэффициенты, учитывающие дополнительную зарплату ИТР и рабочих; K_5 (K_5)– коэффициент, учитывающий отчисления на соцстрах; K_6 (K_6), K_7 (K_7) – коэффициенты, учитывающие начисление полевого довольствия ИТР и рабочим; K_8 (K_8) – коэффициент накладных расходов.

7. Удельные капитальные вложения (активная часть основных фондов) (K_y), руб./м,

$$K_y = S T_2/A. \quad (4.16)$$

8. Приведенные затраты на 1 м бурения (СПР[1]), руб./м,

$$C_{пр} = C_y + EK_y \quad (4.17)$$

где E (E) – нормативный коэффициент сравнительной экономической эффективности.

9. Условный удельный экономический эффект (ЭУ1), руб./м,

$$(4.18)$$

где n (n) –число вариантов.

В результате применение к эксплуатации буровых кареток с строго параллельно работающими с двумя и более бурильными машинами производительность увеличивается 2 и более раза пропорционально количеству бурильных машин, обеспечивается качества отделения блоков и снижается вредные влияния на работающего шума и вибрации, при незначительных затрат на создание буровых кареток.

Заключение:

Список использованной литературы.

1. Каримов И.А. «По пути безопасности и стабильности развития», Узбекистан, 1998г.
2. Каримов И.А. «На пороге XI века », Узбекистан
3. *Анощенко ЯН.* Геометрический анализ трещиноватости и блочности месторождений облицовочного камня. - М.: МГИ, 1983.
4. *Анощенко. И Н, КарасевЮ.Г.* Отраслевая инструкция по определению трещиноватости и блочности и выбору технологии горных работ на разрабатываемых месторождениях облицовочного камня. - М.: МГИ, 1989.
5. *Бакка Н-Т.* Рациональные комплексы оборудования для добычи гранитных блоков // Экспресс-информация. Серия "Промышленность нерудных и неметаллорудных материалов". - М. ВНИИЭСМ. 1988. - Вып.
6. *Бакка Н.Т., Журба Н Г* Комбинированный способ отделения от массива крупных блоков камня // Экспресс-информация. Серия "Промышленность нерудных и неметаллорудных материалов". - М.: ВНИИЭСМ, 1990. - Вып.3.
7. *Бакка Н-Т., Журба Н. Г.* Добыча крупных блоков для монументального строительства // Экспресс-информация. Серия "Промышленность нерудных и неметаллорудных материалов". - М.: ВНИИЭСМ, 1991. - Вып.1
8. *Бакка Н-Т., Редчиц ВС.* Раскалывание высоких монолитов облицовочного камня // Экспресс-информация. Серия "Промышленность нерудных и неметаллорудных материалов". - М.: ВНИИЭСМ, 1990. - Вып.2.
9. *Гайдуков. Э Э.* Гидроклиновые устройства для разработки горных пород и пути их усовершенствования // Экспресс-информация. Серия "Промышленность нерудных и неметаллорудных материалов". - М.: ВНИИЭСМ, 1985. - Вып.1.
10. *Григорович М.Б.* Оценка месторождений облицовочного камня при поисках и разведке. - М.: Недра, 1976.

11. *Дивель В. В.* Влияние анизотропии физико-механических свойств массива на эффективность добычи гранитных блоков // Экспресс-информация. Серия "Промышленность нерудных и неметаллорудных материалов". - М.: ВНИИЭСМ, 1988.-Вып.7
12. Добыча и обработка природного камня: Справочник / А.Г.Смирнов. Н.Т.Бакка. И.С.Биржискис и др. - М : Недра, 1990.
13. *Казарян Ж.А., Амбарцумян Н В., Карасев ЮГ.* Проектирование камнеобрабатывающих предприятий.- М*.: МГИ, 1990.
14. *Карасев Ю.Г.* Формирование технологии горных работ по структурно-технологическим зонам на карьерах облицовочного камня высокой прочности Дис. докт. техн. наук. - М., 1993.
15. *Карасев ЮГ.* Совершенствование технологии горных работ на карьерах облицовочного камня высокой прочности // Горный журнал. -1994. - № 2.
16. *Карасев ЮГ., Конкин ВВ.* Выбор направления развития горных работ на карьерах природного камня // Строительные материалы. - 1989.-№ 2.
17. *Куркин-Н. П., Ананьев А.А.* Разрушение горных пород посредством комплекта гидроимпульсного оборудования // Экспресс-информация. Серия "Промышленность нерудных и неметаллорудных материалов". - М: ВНИИЭСМ, 1988,-Вып.3.
18. *Нагорный В.П., Плужник В.И.* Добыча известнякового блочного камня с помощью пластичных ВВ // Экспресс-информация. Серия "Промышленность нерудных и неметаллорудных материалов". - М.: ВНИИЭСМ, 1986. - Вып.10.
19. *Назаров ПИ.* Перспективные схемы добычи блоков мрамора на сложно-структурных месторождениях // Экспресс-информация. Серия "Промышленность нерудных и неметаллорудных материалов". - М.: ВНИИЭСМ, 1986. - Вып.8.
20. Облицовочные камни/Под ред. Петрова. М.: Наука, 1974.

21. *Першин Г.Д.* Повышение эффективности работы канатно-алмазных пил при добыче природного камня // Горный журнал. - 1994. - № 8, с.29-33.
22. *Рахимов В.Р. Шифрин. Е И., Фазылов С. С* Совершенствование технологии добычи блоков облицовочного камня - Ташкент: Узбекистан, 1983
23. Ошибка! Недопустимый объект гиперссылки. *menu-info.asp* – Научная электронная библиотека
24. www.rusmet.ru – Горный журнал
25. Ошибка! Недопустимый объект гиперссылки. *jour-main.asp* – Электронные научные журналы горного направление

РАСЧЕТ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ БУРОВЫХ СТАНКОВ

Сменная производительность $\Pi_{см}$ (м/смену) бурового станка определяется по формуле

$$\Pi_{см} = 60K_u T_{см} v$$

или

где K_u – коэффициент использования бурового станка по бурению в течение смены (с учетом его простоев), определяется как частное от деления чистого времени бурения на продолжительность смены $T_{см}$ (ч), обычно $K_u = 0,4-0,5$;

v – теоретическая скорость чистого бурения, м/мин;

$t_б$ – удельные затраты времени на чистое бурение, мин/м;

– сумма удельных затрат времени на выполнение вспомогательных операций (переезд от скважины к скважине с учетом снятия станка с домкратов, замена долота, наращивание бурового става и т.д.) мин/м.

Месячная $\Pi_{мес}$ (м/мес) и годовая $\Pi_{год}$ (м/год) производительность:

$\Pi_{мес} = \Pi_{см}n$; $\Pi_{год} = \Pi_{мес}N$ или $\Pi_{год} = \Pi_{см}Nn$, где n и N – соответственно среднее число рабочих смен в календарном месяце и число

рабочих месяцев в году.

Сменная производительность бурового станка по обуренной горной массе $\Pi_{0.см}$ ($\text{м}^3/\text{смену}$) определяется с учетом среднего выхода горной массы с 1 м скважины B ($\text{м}^3/\text{м}$)

$$\Pi_{0.см} = \Pi_{см} B$$

где $B = W/L$; W – объем взорванной горной массы, м^3 ;

L – суммарное число метров скважин, пробуренных, заряженных и взорванных, м.

Соответственно определяется месячная и годовая производительность.

Теоретическая скорость чистого бурения v (м/мин) определяется:

для станков шарошечного бурения по формуле (1.2) или из эмпирического выражения:

(1.5)

для станков вращательного бурения из формулы (1.3) или по выражению

(1.6)

для станков ударно-вращательного бурения по формуле (1.4) или по выражению

$$v = \frac{6N \Pi}{10^3 \Pi_6 D_1^2 K_\phi} \quad (1.7)$$

где P_{oc} – осевое усилие подачи, кН;

$n_{вр}$ – частота вращения бурового става, c^{-1} ;

N_n – ударная мощность пневмоударника, кВт;

D_1 – диаметр долота, м;

K_ϕ – коэффициент, учитывающий форму коронки (для трехперых коронок

$K_\phi=1$; для крестовых $K_\phi=1,1$; для штыревых $K_\phi=1,15$);

Π_6 – по формуле (1.1).

РАСЧЕТ НОРМ ВЫРАБОТКИ И СЕБЕСТОИМОСТИ БУРОВЫХ РАБОТ

Сменная норма выработки (м/смену) при бурении скважин

(1.8)

где $T_{см}$ – установленная продолжительность смены, мин/смену;

$T_{ПЗ}$ – время для выполнения подготовительно-заключительных операций на смену, мин/смену;

$T_{л.н}$ – время на личные надобности персонала, мин/смену;

t_0 и t_B – время, потребное для выполнения соответственно основных и вспомогательных операций, приходящееся на 1 м скважины, мин/м.

Себестоимость (руб/м) бурения 1 м скважины

$$C = C_{\text{см}}/П_{\text{см}} + C_{\text{д}}/L_{\text{д}} \quad (1.9)$$

где $C_{\text{см}}$ – затраты на бурение в течение смены (зарплата рабочих, амортизационные отчисления, материалы, электроэнергия и др.) без затрат на долота, руб/смену;

$П_{\text{см}}$ – среднемесячная производительность бурового станка в смену, м/смену;

$C_{\text{д}}$ – оптовая цена долота, руб.;

$L_{\text{д}}$ – проходка на долото, м.