

Рис. 2. Траекторія руху і характер взаємодії тіл, які дробляться, з ребристою футеровкою

шарів куль відносно один одного, а це призводить до зниження стиральної дії куль внутрішніх шарів на 6-12 %.

Ребристі футерівки є більш зносостійкими. Однак, для поліпшення ефективності роботи тіл, які дроблять, і підвищення продуктивності млинів при таких футерівках необхідно вибирати оптимальні параметри кроку й висоти ребер (виступів) залежно від галузі застосування.

Висновки. У результаті проведених теоретичних і експериментальних досліджень нами визначені оптимальні параметри ребристих футерівок для кульового млина МШР-3600×4000: крок ребер $T_{\text{опт}}=353$ мм; висота виступаючої частини ребра $H_{\text{опт}}=148$ мм; товщина ребра $b_{\text{опт}}=100$ мм; товщина футерувальної плити $h_{\text{опт}}=80$ мм. Термін служби таких футерівок збільшується в 1,3 рази, що дає економічний ефект 14030 грн. на рік на один млин.

Список літератури

1. Несвижский О.Л., Хорин Я.Ф. Выбор материала для футеровочных плит шаровых мельниц//Горный журнал. - 1993. - № 8. - С. 34-36.
2. Парасюк П.Ф. Усовершенствование деталей из стали 110Г13Л//Горный журнал. - 1995. - № 8. - С. 44-46.
3. Крюков Д.К. Футеровки шаровых мельниц. - М.: Машиностроение, 1986. - 365 с.
4. Крюков Д.К. Усовершенствование рудоразмольного оборудования. - М.: Машиностроение, 1996. - 425 с.

Рукопис подано до редакції 14.02.07

УДК 624.24.05

А.А. ХРУЦКИЙ, ассистент

Криворожский технический университет

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ГЕОМЕТРИИ ШТЫРЕВОЙ КОРОНКИ ДЛЯ БУРЕНИЯ СКВАЖИН НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ВЫНОСА ШЛАМА

В ходе лабораторных исследований изучено влияние расположения промывочных каналов в корпусе коронки, формы и расположения пазов для выноса шлама и дополнительных пазов на рабочей поверхности коронки на эффективность выноса шлама. Получены математические зависимости, позволяющие определить рациональные геометрические параметры корпуса коронки, обеспечивающие повышенную эффективность выноса шлама.

При разработке методики проектирования штыревых коронок для бурения скважин одним из важных изученных вопросов является влияние геометрии корпуса коронки на процесс удаления разрушенной породы из скважины, поскольку существующие методы расчета параметров очистки скважины основаны на обеспечении способности потока промывочного агента транспортирование шлама без учета степени эффективности очистки забоя.

С целью определения влияния расположения промывочных каналов в корпусе, общей площади и формы пазов, их взаимного расположения с промывочными каналами и дополни-

тельных пазов на эффективность выноса шлама, а также проверки результатов теоретических исследований [1] были проведены экспериментальные исследования.

Под эффективностью выноса шлама понимается отношение массы вынесенного шлама из зоны забоя к общей массе шлама

$$\mathcal{E}_в = \frac{m_{вын}}{m_{\Sigma}} = 1 - \frac{m_{ост}}{m_{\Sigma}},$$

где $m_{вын}$ - масса вынесенного шлама, г; $m_{ост}$ - масса оставшегося на забое бурового шлама, г; m_{Σ} - общая масса бурового шлама, г.

Для изучения влияния геометрии коронки на процесс выноса шлама была разработана и изготовлена специальная экспериментальная установка, состоящая из стэнда, компрессора, источника постоянного и переменного тока и контрольно-измерительной аппаратуры.

Стэнд (рис. 1) состоит из трех труб, вложенных одна в другую - «скважины» 1 внутренним диаметром 105 мм, «пневмоударника» 2, наружным диаметром 96 мм и патрубка 3, имитирующего выхлопное отверстие на поршне-ударнике.

На конце трубы имеется съемный стакан 4, присоединяющийся к трубе 1 пружинными зажимами 5. На противоположном конце трубы 1 смонтирован приемный бункер 6, в котором собирается шлам, удаленный с забоя.

К патрубку 3 присоединяются исследуемые макеты коронок с помощью соединительной пластины 7.

Макет коронки состоит из следующих частей: корпуса 8, кольца 9 с пазами, соединительной пластины 7, резиновой прокладки и стягивающих винтов.

Сжатый воздух подается на стэнд от компрессора по гибким шлангам 11 через электроклапаны 10 и тройник 12 в патрубок 3.

Для имитации отскока коронки после удара установлены два электромагнита 13.

С помощью тяги 14 они присоединены к патрубку 3. Все элементы конструкции стэнда смонтированы на раме 15.

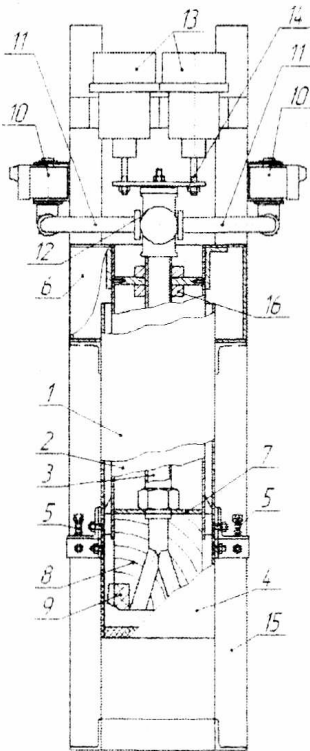


Рис. 1. Стэнд

Стэнд дает возможность варьировать следующие параметры: расположение промывочных каналов; форму, количество и расположение пазов для выноса шлама; площадь как единичного паза, так и общую площадь всех пазов; величину отскока коронки; величину дополнительных пазов на рабочей поверхности коронки

Стэнд работает следующим образом. В соответствии с планом эксперимента на макете коронки устанавливаются заданные параметры. В стакан 4 засыпается порция бурового шлама. От компрессора сжатый воздух подается на стэнд при закрытых электроклапанах 10. Реле времени подает сигнал на электроклапаны 10 и электромагниты 13. Сжатый воздух по патрубку 3 попадает в макет коронки и по промывочным каналам в стакан 4 со шламом и далее в затрубное пространство, образованное трубами 1 и 2, при этом выдувая со дна стакана 4 часть бурового шлама. Вынесенный буровой шлам попадает в приемный бункер 6, где и оседает. После истечения установленного промежутка времени электроклапаны 10 перекрываются, а электромагниты 13 опускают патрубок 3 и макет коронки.

Гранулометрический состав шлама подбирался, исходя из результатов исследований [2] таким образом, чтобы обеспечить присутствие всех фракций (табл. 1). Масса порции бурового шлама, загружаемого для проведения одного опыта - 10 г.

Таблица 1

Гранулометрический состав шлама для экспериментов

Фракция, мм	0÷0,355	0,355÷0,9	0,9÷2	2÷3,57	3,57÷4,37
Содержание, %	20	18,57	32,85	15,3	13,28

В реальных условиях при бурении погружными пневмоударниками применяется водовоздушная смесь для пылеподавления и, как установлено исследованиями, снижает эффектив-

ность выноса шлама. Это происходит в результате налипания частиц бурового шлама пылевидных фракций, смоченных водой, на стенки скважины. Эффективность выноса шлама снижается на 5-25 %. Однако это не изменяет характера влияния конструктивных параметров коронки на процесс выноса шлама.

Исследовались 3 типа расположения промывочных каналов в корпусе (рис. 2): *а* - два осевых канала; *б* - один осевой канал; *в* - один осевой один радиальный каналы и три формы пазов (рис 3): *а* - цилиндрические пазы; *б* - треугольные пазы; *в* - трапецеидальные пазы.

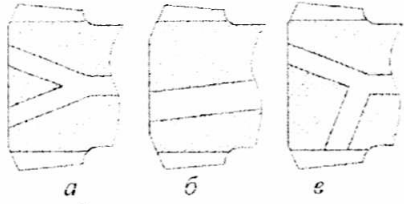


Рис. 2. Расположение промывочных каналов

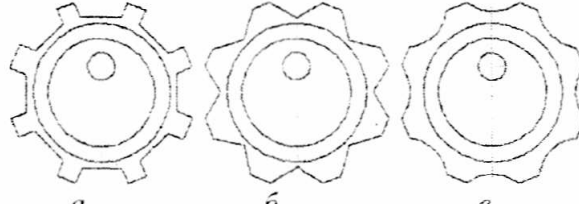


Рис. 3. Формы пазов для выноса шлама

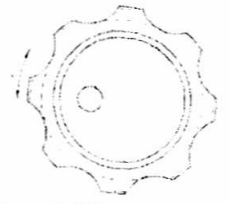


Рис. 4. Угол между пазами и каналами

Величина отскока коронки h_0 принималась в интервале от 0 до 15 мм. Исследовались породы с плотностями γ от 1,96336 до 3,36134 г/см³. Угол между пазами и промывочными каналами α (рис. 4) принимался от 0 до 22,5 град.

Значения величины площади пазов F_{Σ} определялись экспериментально.

Для каждой схемы опытным путем при максимальных и минимальных значениях остальных варьируемых факторов находилась максимум функции отклика.

В ходе исследований было проведено исследование влияния расположения пазов по периметру коронки на эффективность выноса шлама.

Рассмотрены три схемы расположения пазов (рис. 5) - схема с 8 пазами (рис. 5,а), схема с 4 пазами (рис. 5,б), схема с 2 пазами(рис. 5,в).

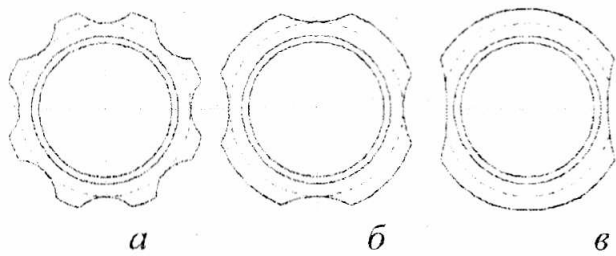


Рис. 5. Расположение пазов

Установлено, что уменьшение количества пазов по периметру коронки с сохранением их суммарной площади способствует снижению эффективности выноса шлама при любых значениях остальных варьируемых факторов.

Эффективность выноса шлама для схемы с четырьмя пазами снижается на 6-35%, а для схемы с двумя пазами на 17-30% по сравнению со схемой с 8 пазами.

Результаты исследований влияния общей площади и взаимного расположения пазов для выноса шлама и промывочных каналов на эффективность выноса шлама представлены в табл. 2 и на рис. 6,7.

Из графика, представленного на рис. 6, видно, что наибольшая эффективность выноса шлама достигается при применении схемы корпуса коронки с одним осевым каналом, а наименьшая при схеме с одним осевым и одним радиальным промывочными каналами.

Из графика, представленного на рис. 7, видно, что наибольшая эффективность выноса шлама достигается при применении пазов цилиндрической формы, а наименьшая при трапецеидальной форме пазов.

Таблица 2

Результаты исследований влияния геометрии корпуса коронки на эффективности выноса шлама

Типы пазов	Цилиндрические пазы	Треугольные пазы	Трапецеидальные пазы
Корпус с одним осевым и одним радиальным каналами			
Площадь пазов	$F_{\Sigma} = 664,259 - 9,882 \cdot \gamma$	$F_{\Sigma} = 1068,675 - 87,763 \cdot \gamma$	$F_{\Sigma} = 701,81 + 192,94 \cdot \gamma$
Корпус с двумя осевыми каналами			
Площадь пазов	$F_{\Sigma} = 469,875 + 38,68 \cdot \gamma + 0,15 \cdot h_0$	$F_{\Sigma} = 328 + 202,43 \cdot \gamma - 0,286 \cdot h_0$	$F_{\Sigma} = 1304,48$
Угол поворота пазов и каналов	$\alpha = 2,68 + 2,365 \cdot \gamma + 0,00916 \cdot h_0$	$\alpha = 50,392 - 19,875 \cdot \gamma + 0,0247 \cdot h_0$	не влияет на эффективность выноса шлама
Корпус с одним осевым каналом			
Площадь пазов	$F_{\Sigma} = 556,548 + 34,919 \cdot \gamma$	$F_{\Sigma} = 774,993 + 23,866 \cdot \gamma$	$F_{\Sigma} = 1636,0389 - 58,117 \cdot \gamma$
Угол поворота пазов и каналов	$\alpha = -31,615 + 16,0287 \cdot \gamma$	$\alpha = -19,753 + 10,653 \cdot \gamma$	$\alpha = 15,65 - 1,54 \cdot \gamma$

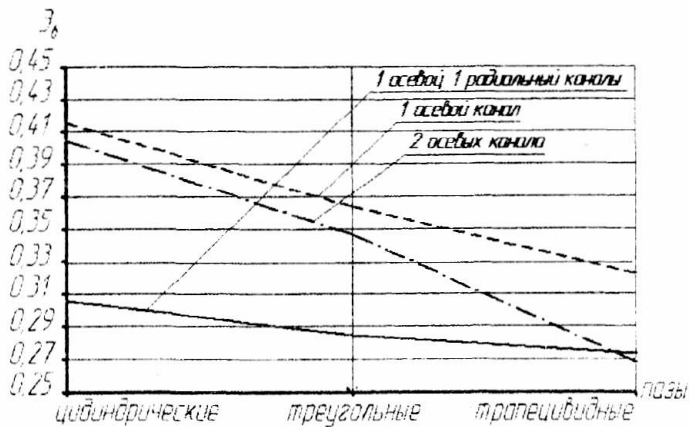


Рис. 6. Сравнительный анализ схем расположения промывочных каналов в корпусе коронки

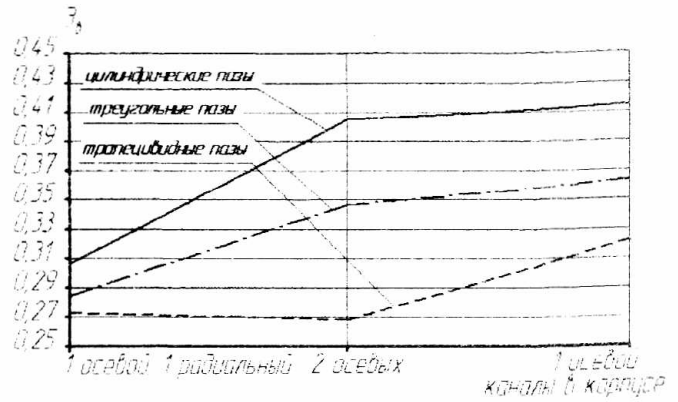


Рис. 7. Сравнительный анализ различных форм пазов для выноса шлама

Установлено, что наиболее эффективна с точки зрения выноса шлама схема с одним осевым каналом и цилиндрическими пазами $\mathcal{E}_{в \max} = 0,404$. Наименее эффективна - схема с двумя осевыми каналами и трапецеидальными пазами $\mathcal{E}_{в \max} = 0,269$.

Характер влияния общей площади пазов F_{Σ} , отскока коронки h_0 , плотности породы γ на эффективность выноса шлама показан на рис. 8.

Величина площади пазов влияет на эффективность выноса шлама следующим образом. При уменьшении площади пазов эффективность выноса увеличивается до тех пор, пока площадь единичного паза будет больше, чем размер частиц шлама.

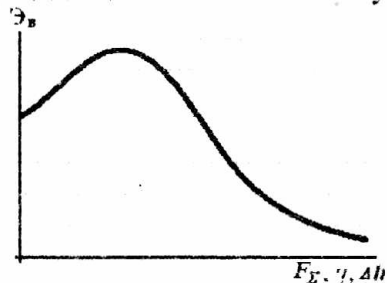


Рис. 8. Характер влияния параметров на эффективность выноса шлама

При дальнейшем уменьшении площади пазов эффективность выноса шлама также начинает уменьшаться вследствие того, что площадь единичного паза становится меньше размеров частиц самых крупных фракций бурового шлама, а также затрудняется вынос частиц более мелких фракций. С уменьшением площади пазов все больше фракций по габаритам не могут пройти через пазы, затрудняя также вынос мелочи. Это ведет к дальнейшему снижению эффективности выноса шлама, несмотря на увеличение скорости потока промывочного агента. Поэтому эффективность выноса шлама сначала увеличивается, а затем постепенно убывает.

Влияние угла между каналами и пазами объясняется перенаправлением потока промывочного агента и зависит от схемы расположения каналов в корпусе коронки и формы пазов.

Влияние удельной массы бурового шлама на эффективность выноса шлама аналогично влиянию суммарной площади пазов. Это объясняется тем, что при одинаковой массе порций бурового шлама, загружаемых в стенд для испытаний, объем этих порций возрастает с убыванием удельной массы. При уменьшении удельной массы бурового шлама эффективность выноса увеличивается до тех пор, пока поток промывочного агента успеет вынести загруженный объем бурового шлама. При дальнейшем уменьшении удельной массы объем порции возрастает настолько, что буровой шлам не успевает выйти из призабойной зоны. Таким образом, со снижением удельной массы бурового шлама эффективность выноса шлама сначала увеличивается, а затем постепенно убывает.

Влияние величины отскока коронки объясняется тем, что при малых значениях величины отскока буровой шлам оказывается прижатым коронкой к забою. С увеличением отскока частицы шлама имеют возможность перемещаться под действием потока промывочного агента. Дальнейшее увеличение величины отскока ведет к увеличению объема призабойного пространства, что в свою очередь снижает скорость потока и соответственно уменьшается эффективность выноса шлама.

В ходе лабораторных экспериментов подтверждены результаты теоретических исследований [1] области с минимальной скоростью потока промывочного агента и направление линий тока, полученные в результате математического моделирования, совпадают с данными об областях скопления шлама без его выноса, полученными в результате проведения опытов.

Согласно проведенным исследованиям, рекомендуется в качестве формы пазов принимать правильные геометрические фигуры. Было проведено исследование влияния на эффективность выноса шлама дополнительных пазов на рабочей поверхности коронки. Исследовалось влияние пазов, приведенных в табл. 2. Значения площади дополнительных пазов S и глубины увеличения пазов для выноса шлама Δh (табл. 3) определялись конструктивно для каждой исследуемой схемы.

В результате проведенного исследования установлено, что все рассмотренные дополнительные проточки увеличивают эффективность выноса бурового шлама, кроме схемы с двумя осевыми каналами. В этом случае дополнительные проточки несколько увеличивают зону с низкой скоростью по центру коронки, что ведет к снижению эффективности выноса шлама.

Таблица 3

Рекомендуемые дополнительные пазы

Эскиз			
Область применения	Увеличенные пазы для выноса шлама используется для всех схем коронок	Этот тип дополнительных пазов используется для схемы с одним осевым каналом	Этот тип дополнительных пазов используется для схемы с одним радиальным и одним осевым каналами

Из графика, представленного на рис. 9, видно, что наибольшая эффективность выноса шлама достигается при применении пазов для схемы корпуса коронки с одним осевым каналом, а наименьшая - для схемы с двумя осевыми промывочными каналами. Из графика представленного на рис. 10, следует, что наибольшая эффективность выноса шлама достигается при применении цилиндрической формы пазов, а наименьшая - при трапециевидальной форме пазов.

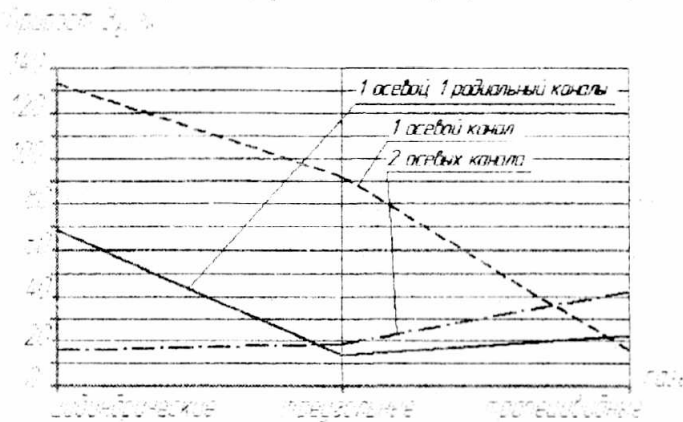


Рис. 9. Сравнительный анализ схем расположения промывочных каналов в корпусе коронки с дополнительными пазами

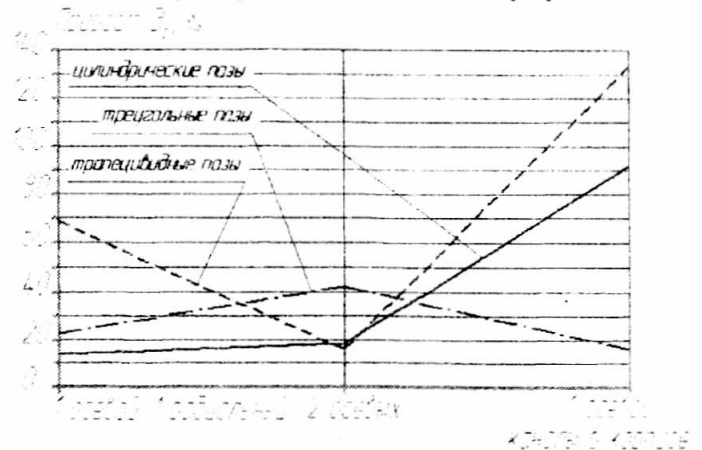


Рис. 10. Сравнительный анализ различных форм пазов для выноса шлама с дополнительными пазами

Установлено, что наиболее эффективны дополнительные пазы для схемы с одним осевым каналом и цилиндрическими пазами, дающими прирост эффективности выноса шлама 133,3 %. Наименее эффективны для схемы с одним осевым и одним радиальным промывочными каналами с треугольными пазами, дающие прирост эффективности выноса шлама 13,5 %. Рекомендуется принимать размеры дополнительных пазов в соответствии с размерами промывочных каналов.

Таким образом, в ходе проведенных лабораторных исследований установлено влияние на эффективность выноса шлама расположения промывочных каналов в корпусе, общей площади и формы пазов, их взаимного расположения с промывочными каналами и дополнительных пазов, а также подтверждены результаты теоретических исследований.

Полученные зависимости использованы для разработки методики расчета и проектирования штыревых коронок с повышенной эффективностью выноса бурового шлама.

Список литературы

1. Горбачев Ю.Г., Хруцкий А.А. Влияние геометрии штыревой коронки на процесс очистки скважины // Разраб. рудных месторожд. - Вып.87. -Кривой Рог: КТУ. -2004. - С.135-139.
2. Хруцкий А.А. Закономерности распределения бурового шлама по крупности при бурении скважин штыревыми коронками // Разраб. рудных месторожд. - Вып.88. -Кривой Рог: КТУ, 2005. - С.175-178.

Рукопись поступила в редакцию 15.02.07