

На правах рукописи

ОПОЛЬСКИЙ ВИКТОР ИВАНОВИЧ

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ БУРОВЫХ КОРОНОК ИЗ СИНТЕТИЧЕСКИХ АЛМАЗОВ
НА ОСНОВЕ ИЗУЧЕНИЯ ИХ КОНТАКТНОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ С ГОРНОЙ ПОРОДОЙ

Специальность 05.15.14 - "Технология и техника геолого-
разведочных работ"

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Днепропетровск 1994 г.



Диссертация являе
 Работа выполнена в Институте с
 академии наук Украины

Научный руководитель - кандидат технических наук, заведующий
 отделом проблем сверхтвердых
 материалов в бурении Богданов
 Роберт Константинович

Официальные оппоненты - доктор технических наук, профессор
 Горшков Лев Капитонович
 кандидат технических наук, доцент
 Пахомов Игорь Николаевич

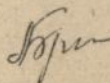
Ведущее предприятие - ГП "Севукргеология"

Защита состоится 28 декабря 1994 г. в час. на
 заседании специализированного совета К 068. 08. 02 при
 Государственной горной академии Украины по адресу:
 320027 г. Днепропетровск - 27, пр. К.Маркса 19.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке академии

Автореферат разслан " " 1994 г.

Ученый секретарь специали-
 зированого совета, доцент

 А.М. Вражененко

7B - 31.383

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы. Основной задачей геологоразведочных организаций является увеличение запасов месторождений полезных ископаемых и сокращение сроков их разведки. Решение этой задачи возможно при использовании новых эффективных конструкций породоразрушающего инструмента с высокопрочными монокристаллическими синтетическими алмазами (СА) и сверхтвердыми композиционными алмазосодержащими материалами (СКМ).

В Институте сверхтвердых материалов (ИСМ) Национальной академии наук Украины (НАНУ) ведутся работы по совершенствованию конструкции коронок, оснащенных СА и вставками СКМ, с целью повышения их износостойкости и механической скорости бурения.

Работа инструмента, в объемном слое которого используются мелкие фракции СА, происходит при малых зазорах между поверхностями матрицы коронки и забоя. Поэтому, на работоспособность и износостойкость такого инструмента существенное влияние оказывает концентрация в межконтактном пространстве частиц шлама горной породы. При концентрации, превышающей критическое значение, начинается процесс избыточного накопления шлама под рабочей поверхностью коронки. Это затрудняет разрушение породы и увеличивает интенсивность абразивного износа частицами шлама материала матрицы буровой коронки. Явление зашламования межконтактного пространства появляется при повышении нагрузки и стремлении добиться при этом более высокой механической скорости бурения. Избежать зашламования рабочей поверхности коронки возможно или путем уменьшения осевой нагрузки, что однако не является оптимальным решением, так как снижает эффективность процесса бурения, или путем создания новой конструкции коронки, которая не вызывая повышенного абразивного износа матрицы инструмента позволяла бы интенсифицировать процесс разрушения породы.

Цель работы. Целью настоящей диссертационной работы является определение параметров контактной зоны бурового инструмента с горной породой, установление степени их влияния на концентрацию шлама в межконтактном пространстве и разработка на этой основе конструкции инструмента, обладающего повышенной производительностью и износостойкостью.

Основные задачи исследований. Для достижения поставленной цели необходимо было решить следующие основные задачи:

- теоретически установить функциональную связь концентрации шлама горной породы в межконтактном пространстве в зависимости от макропараметров конструкции инструмента, параметров его рабочей поверхности, режимов бурения и физико - механических свойств горной породы;
- определить количественное значение концентрации шлама в межламном пространстве контактной зоны бурового инструмента, при котором

начинается критический режим бурения;

- определить допустимые значения осевого усилия и механической скорости бурения в зависимости от прочности используемых алмазов и критической концентрации шлама в межконтактном пространстве;

- экспериментально исследовать влияние конструктивных параметров коронок на показатели процесса бурения и определить для каждой конструкции коронки оптимальные значения параметров режима бурения;

- разработать оптимальную конструкцию буровой коронки и определить ее работоспособность в зависимости от концентрации, зернистости и прочности используемых алмазов;

- в промышленных условиях провести испытания буровых коронок оптимальной конструкции и определить показатели их эффективности.

Методика исследований. Для решения поставленных задач была разработана методика, включающая в себя:

- анализ и обобщение литературных источников по изучаемому вопросу;

- определение минимальной углубки, после достижения которой регистрируемая информация о процессе бурения является наиболее объективной;

- теоретические и экспериментальные исследования по установлению зависимости между концентрацией шлама в межконтактном пространстве и износостойкостью инструмента с использованием натуральных образцов алмазного бурового инструмента;

- экспериментальные исследования с целью разработки оптимальной конструкции инструмента по выбранным критериям оценки эффективности процесса алмазного бурения.

Научная новизна заключается в том, что автором впервые:

- аналитически установлена зависимость концентрации шлама в межконтактном пространстве алмазной буровой коронки от конструктивных параметров инструмента, параметров его рабочей поверхности, технологических режимов бурения и физико-механических свойств горной породы;

- аналитически установлена зависимость оптимально-допустимого значения механической скорости бурения от конструктивных параметров инструмента, физико-механических свойств горной породы и критической концентрации шлама в межконтактном пространстве;

- установлена зависимость интенсивности изнашивания матрицы коронки от соотношения длин линий резания алмазами, расположенными по наружному и внутреннему диаметрам. Для обеспечения одинаковой износостойкости по всей поверхности торца инструмента это отношение должно приближаться к единице;

- с учетом гиперболического характера зависимости концентрации шлама в межконтактном пространстве импрегнированной коронки от количества секторов, аналитической оценки коэффициента запаса их прочности

на изгиб и геометрических размеров подрезных элементов предложена методика определения оптимального количества секторов в буровом инструменте, оснащённом мелкими фракциями синтетических алмазов;

- предложена методика определения динамического равновесия между поверхностями коронки и забоя, при котором имеют место нормируемые во времени процессы разрушения горной породы и изнашивания инструмента.

Достоверность научных положений подтверждается удовлетворительной сходимостью теоретических и экспериментальных исследований и положительными результатами внедрения разработанной буровой коронки в производственных условиях.

Практическая ценность проведенных исследований состоит в том, что в результате теоретических и экспериментальных исследований разработаны многосекторные буровые коронки диаметром 59 мм типа ВС 20 и определены для них оптимальные режимы бурения.

Личный вклад автора состоит в общей постановке задачи и выборе подхода к ее решению; в установлении аналитической зависимости для концентрации шлама в межконтактном пространстве и создании программы оценки влияния на ее значение параметров конструкции бурового инструмента; в разработке критерия оценки работоспособности инструмента и выборе путей повышения его эффективности; в разработке методики и проведении комплекса экспериментальных исследований определения работоспособности бурового инструмента; в разработке оптимальной конструкции инструмента, обладающего наибольшей износостойкостью.

Реализация работы. Разработан технологический процесс изготовления и освоено серийное производство указанных коронок на Опытном заводе ИСМ НАНУ. Производственные испытания, связанные с реализацией разработок и рекомендаций автора и проведенные на протяжении 1987-1993 г.г. в организациях ПГУ "Укрчерметгеология", ПГО "Севукргеология", ПГО "Севаалгеология", ПГО "Красноярскгеология", Иртышского полиметаллического комбината (Казахстан), НПО Восточный ГОК (г. Желтые Воды) и АП "Кварцсамоцветы" показали перспективность эффективного использования коронок типа ВС 20 при бурении скважин в горных породах X-XII категорий буримости.

Апробация работы. Основные положения диссертационной работы докладывались и обсуждались на:

- научной конференции профессорско - преподавательского состава, научных работников и аспирантов МГРИ, Москва, 1988 г.;
- научных семинарах отдела проблем сверхтвердых материалов в бурении, Киев, ИСМ НАНУ, 1990 - 1993 г.г.;
- заседании кафедры техники разведки МТИ Государственной горной академии Украины, Днепрпетровск, 1993 г.;
- заседании секции "Сверхтвердые материалы и композиты в породообра-

рушающем инструменте и узлах трения" ученого совета ИСМ НАНУ, Киев, 1994г.

Публикации. Основные положения диссертации опубликованы в 11 печатных работах и защищены авторским свидетельством.

Объем и структура работы. Диссертационная работа состоит из введения, пяти глав, общих выводов и рекомендаций, списка использованной литературы, включающего 77 наименований и 16 приложений; изложена на 152 страницах машинописного текста, содержащих 15 таблиц и 50 рисунков.

В первой главе дается обобщение, систематизация и анализ литературных источников по изучаемой проблеме. На основе проведенного анализа обосновываются основные задачи и направления дальнейших исследований.

Во второй главе изложены методики и техника экспериментальных исследований и представлен комплекс показателей процесса бурения.

Третья глава посвящена аналитическим исследованиям контактного взаимодействия коронки с поверхностью горной породы. В данной главе:

- установлена зависимость концентрации шлама горной породы в межконтактном пространстве от макропараметров конструкции инструмента, параметров его рабочей поверхности, режимов бурения и физико-механических свойств горной породы;

- определена степень влияния конструктивных параметров бурового инструмента на концентрацию шлама в межконтактном пространстве;

- определено значение концентрации шлама в межконтактном пространстве инструмента при котором начинается критический режим бурения;

- установлены оптимальные значения осевого усилия и механической скорости бурения в зависимости от прочности используемых алмазов и критической концентрации шлама в межконтактном пространстве;

- проведена оценка напряжений изгиба в секторах буровых коронок;

- предложена конструкция промывочного канала, обеспечивающая равноизносостойкость секторов алмазных буровых коронок.

В четвертой главе приводятся сведения о работоспособности буровых коронок с различным количеством секторов и их технические характеристики. Установлено влияние на работоспособность инструмента режимов бурения и определены их оптимальные значения. Приведены результаты исследований влияния концентрации, прочности и зернистости алмазов на показатели процесса бурения.

Пятая глава посвящена результатам промышленных испытаний буровых коронок типа БС 20 в сравнении с серийными коронками типа ОЗИЗГ.

В заключении приведены основные выводы по работе.

Приложения содержат данные экспериментальных исследований, чертеж буровой коронки БС 20, расчеты экономической эффективности, акт о государственных приемочных испытаниях и описание алгоритма программы для

оценки влияния конструктивных параметров коронок на концентрацию шлама горной породы в межконтактном пространстве.

Работа выполнялась по постановлению ГКНТ от 30.10.85 г. N 555 и от 31.12.86 г. N 535 по программе 050.04.01.02.И. "Создать и освоить производство буровых коронок, оснащенных новыми синтетическими монокристаллическими алмазами, для бурения крепких пород IX - XII категорий по буримости" и в соответствии с тематическим планом ИСМ НАНУ.

Автор выражает искреннюю благодарность научному руководителю, кандидату технических наук Р.К. Богданову за постоянное научное и методическое руководство в процессе выполнения работы.

Автор глубоко признателен преподавательскому составу кафедры техники разведки МПИ Государственной горной академии Украины за критические замечания и полезные советы, а также благодарен сотрудникам отдела N 8 ИСМ НАНУ за благожелательное отношение и всестороннюю помощь в процессе выполнения и оформления диссертационной работы.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Краткие сведения по изучаемому вопросу.

Исследованиями работоспособности и износа алмазных буровых коронок занимались: В. И. Воздвиженский, Е. А. Коаловский, Л. К. Горшков, Ф. А. Шамшев, С. А. Волков, С. С. Сулакшин, Д. Н. Башкатов, В. П. Онишин, А. В. Сахаров, Н. И. Корнилов, Г. А. Влинов, Р. К. Богданов, А. А. Вугаев, В. Н. Литвиц и другие авторы.

Анализ процесса бурения и механизма изнашивания, изложенный в этих работах и выполненный с учетом современных представлений о характере контактного взаимодействия буровых коронок с горной породой, показал, что преобладающим видом износа для алмазного бурового инструмента является абразивный.

Интенсивность этого износа существенно зависит от физико-механических свойств горной породы, абразивности частиц шлама, их размеров и формы, а также концентрации частиц горной породы в пространстве между рабочей поверхностью инструмента и забоем скважины.

Важным моментом контактного взаимодействия бурового инструмента из синтетических алмазов является то, что износ алмазов и материала матрицы, который рассматривается как взаимосвязанный процесс, протекает при весьма малых зазорах между поверхностью матрицы коронки и забоем. Поэтому, чрезмерное скопление шлама в межконтактном пространстве отрицательно сказывается на работоспособности буровой коронки, так как способствует прекращению циркуляции жидкости под ее рабочей поверхностью и интенсификации теплофизических процессов, приводящих к терморазуплотнению матрицы и алмазов и значительному повышению их износа.

В алмазном геологоразведочном бурении изучению процесса зашламования забоя скважины посвящены работы П. Н. Курочкина, В. И. Спириза, Ю. Е. Бу-

дукова и др. Они оценивали влияние на этот процесс величины выпуска алмазов, формы промывочных каналов и концентрации алмазов в объеме матрицы. При этом делают акцент на том, что для достижения высоких механических скоростей бурения необходимо увеличивать выступание алмазов из материала матрицы; работы Ю. А. Пешалова, Н. В. Цыпина, И. П. Ганина включают в себя разработку теоретических основ зашламования забоя скважины; работы Н. В. Соловьева, В. П. Липатникова посвящены исследованиям режиму промывки и его влияния на эффективность алмазного бурения. Однако, в настоящее время четких рекомендаций по разработке принципов конструирования и эксплуатации бурового инструмента, объемный слой которого оснащается синтетическими монокристаллическими алмазами, не установлено.

В работах В. Г. Кардыша, В. И. Васильева, В. Н. Зорина приводятся результаты исследований по выбору величины углубки за один оборот. В этих работах даны рекомендации по поддержанию постоянного значения величины углубки за один оборот с помощью осевой нагрузки. Однако, данные технологические рекомендации не учитывают различные факторы имеющие место в зоне контакта бурового инструмента с горной породой. Так, в процессе бурения происходит изменение состояния рабочей поверхности коронки, которое включает в себя изменение не только величины выпуска алмазов, но и количество алмазов участвующих в разрушении горной породы.

Различие в рекомендациях по повышению эффективности алмазного бурового инструмента и их в основном технологическая направленность, обуславливает необходимость дальнейших исследований по изучению механизма контактного взаимодействия пары "буровая коронка-горная порода" с целью установления основных параметров этого взаимодействия и определения степени их влияния на величину концентрации шлама горной породы в межконтактном пространстве.

ОСНОВНЫЕ ЗАЩИЩАЕМЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ.

1. Износ матрицы алмазной импрегнированной коронки в значительной мере зависит от концентрации в межконтактном пространстве дезинтегрированных в процессе бурения частиц шлама горной породы, которая определяется конструкцией инструмента, параметрами его рабочей поверхности, режимами бурения и физико-механическими свойствами горной породы.

На основании многочисленных аналитических и экспериментальных исследований установлено, что, для обеспечения процесса нормального взаимодействия алмазной коронки с горной породой концентрация продуктов разрушения горной породы под рабочей поверхностью алмазной коронки не должна превышать критического значения.

В процессе бурения частицы шлама распределяются в межконтактном пространстве, объем которого, при вероятностном характере распределения алмазов на поверхности коронки, может быть представлен в виде выражения:

$$V_D = S_K (h_B - h^C) \left[1 - \frac{K \beta P(t_i)}{800} \right] \quad (1)$$

где S_K - площадь поверхности коронки; h_B - среднее значение выпуска алмазов; h^C - среднее значение толщины срезаемого слоя горной породы; K - относительная концентрация алмазов в объеме матрицы; β - коэффициент, определяющий содержание работоспособных алмазов на поверхности инструмента; $P(t_i)$ - вероятность появления алмазов в интервале их выпуска, определяемом внедрением алмазов в породу.

Считаем, что все частицы шлама горной породы, попадающие из-под секторов в промывочные каналы, число которых равно числу секторов, эффективно и своевременно удаляются промывочной жидкостью. Это обеспечивает расход промывочной жидкости, определяемый из выражения:

$$Q > \frac{1,57 \cdot 10^{-3} m D (D - d) l_k h n K_1}{l_k + (D - d) \sin(\gamma/2)}, \text{ дм}^3/\text{мин} \quad (2)$$

где m - количество секторов (промывочных каналов); D, d - соответственно наружный и внутренний диаметры коронки, см; l_k - ширина промывочного канала по внутреннему диаметру, см; h - высота сектора, см; n - частота вращения, мин^{-1} ; γ - угол между соседними секторами в коронке; K_1 - коэффициент, учитывающий гидродинамическое сопротивление движению частицы шлама в потоке жидкости ($K_1=0,4-0,6$).

При таком расходе промывочной жидкости, количество шлама в межконтактном пространстве постоянное во времени и практически равняется объему горной породы, разрушаемому одним сектором за один оборот.

$$V_{\text{ш}}^{\text{м}} = H K_p S_C \quad (3)$$

где H - углубка коронки за один оборот; K_p - коэффициент разрыхления шлама; S_C - площадь поверхности сектора.

Концентрация шлама в межконтактном пространстве представим как отношение объемов шлама и межконтактного пространства. Полученное отношение не учитывает физико-механические свойства горной породы. Для устранения этого недостатка воспользуемся формулой Н. И. Корнилова для механической скорости бурения и проделав преобразования получим окончательное выражение для определения концентрации шлама:

$$Q_{\text{ш}} = \frac{100 V_{\text{ш}}^{\text{м}}}{V_D} = \frac{31850 P R_p K_p}{m (h_B - h^C) \left[1 - \frac{K \beta P(t_i)}{800} \right] P_{\text{шт}} e d_{\text{с.п.}}}, \quad \lambda \quad (4)$$

где P - осевая нагрузка; R_p - коэффициент разрушения горной породы, зависящий от упруго-пластичных свойств горной породы; e - количество контактных зерен алмазов; $d_{\text{с.п.}}$ - средневзвешенный кубический размер алмаза; $P_{\text{шт}}$ - твердость породы по Шрейнеру.

Предложенная зависимость (4) послужила основой для создания прог-

рамы аналитической оценки на ЭВМ степени влияния конструктивных параметров буровой коронки на концентрацию шлама в межконтактном пространстве, результаты которой представлены на рис. 1.

Анализ полученных аналитических зависимостей показывает, что из конструктивных параметров коронки наибольшее влияние на уменьшение концентрации шлама в объеме межконтактного пространства оказывает количество промывочных каналов (количество секторов). Поэтому, при оптимизации конструкции буровых коронок из синтетических алмазов, с целью повышения их эффективности, необходимо стремиться к созданию коронок, содержащих повышенное количество промывочных каналов.

Проведенные экспериментальные исследования позволили установить корреляционную связь между количеством секторов в инструменте, концентрацией шлама и интенсивностью изнашивания матрицы (рис. 2).

Условия отработки коронок при экспериментальных исследованиях определялись методом акустической эмиссии по соотношению амплитуд акустических сигналов на характерных для коронок из синтетических алмазов частотах 13,2 и 14,8 кГц и дополнительно контролировались по характеру изменения в процессе бурения забойной мощности.

В результате экспериментальных исследований было установлено, что при концентрации шлама горной породы в межконтактном пространстве, превышающей значение 70 %, начинается критический режим бурения, который характеризуется резким повышением интенсивности изнашивания.

Таким образом, снижение абразивного воздействия частиц шлама горной породы, за счет использования в инструменте большого количества промывочных каналов, приводит к повышению износостойкости буровых коронок, в объемном слое которых используются мелкие синтетические алмазы.

2. Величина оптимального количества породоразрушающих секторов в импрегнированной коронке ограничена критической концентрацией шлама в межконтактном пространстве и геометрическими размерами подрезных вставок из сверхтвердого композиционного материала твесап.

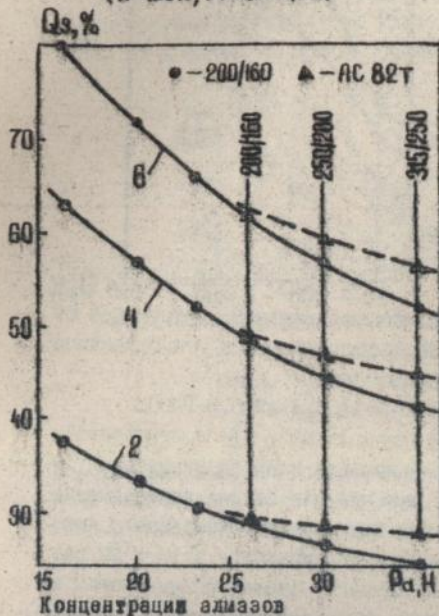
Эффективность буровых коронок из мелких синтетических алмазов повышается при увеличении количества секторов. Поэтому, в таких коронках сектора должны иметь достаточное значение коэффициента запаса прочности на изгиб, т. е. с учетом данного коэффициента напряжения изгиба в секторах буровых коронок должны удовлетворять условию:

$$\sigma_p = \frac{12 P f_{TP} h \delta}{m l^2 (D - d)} \leq \sigma_{\text{э}} \quad (5)$$

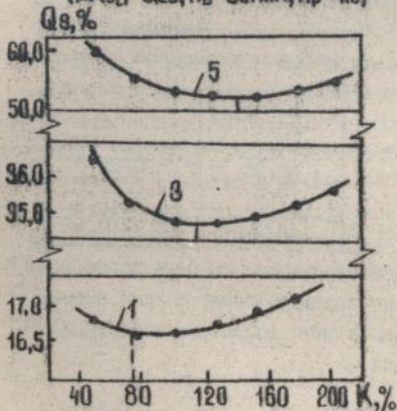
где P - осевая нагрузка; f_{TP} - коэффициент трения коронки; h - высота сектора; l - длина сектора; $\sigma_{\text{э}}$ - экспериментальное значение предела прочности матрицы на изгиб.

Прочности и зернистости алмазов

($K=125\%$, $AP(t_i)=0,20$)



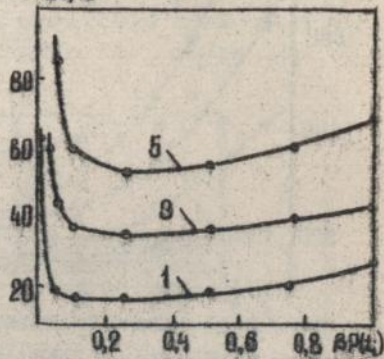
($AP(t_i)=0,25$, $h_b=30$ мм, $K_p=1,5$)



Коэффициенте использования алмазов

($K=125\%$, $h_b=30$ мм, $K_p=1,5$, AC 80 315/250)

Q₃, %



Количества секторов и их размеров

($K=125\%$, $h_b=35$ мм, $AP(t_i)=0,20$,
AC 80 250/200, $h=70$ мм)

Q₃, %

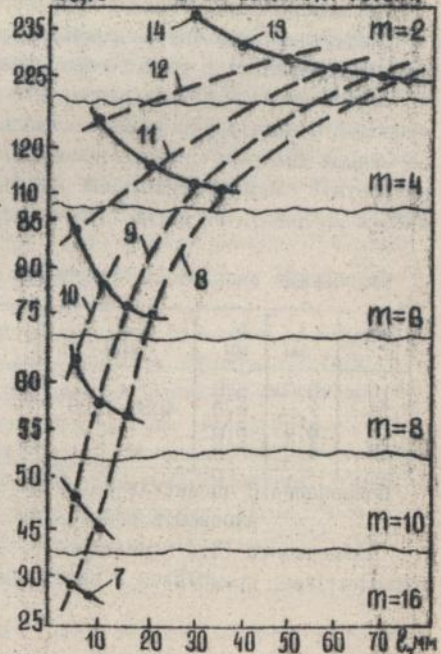


Рис.1. Влияние конструктивных параметров коронки на концентрацию алмаза. Углубка за оборот, мм: 1-30; 2-50; 3-60; 4-80; 5-90; 6-100. Длина circumferential канала, мм: 7-3; 8-5; 9-10; 10-15; 11-20; 12-30; 13-40; 14-50.

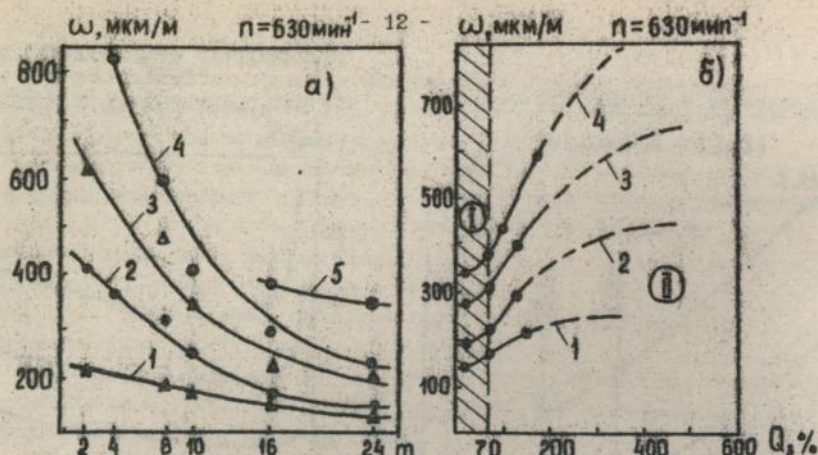


Рис. 2. Зависимость интенсивности изнашивания матрицы инструмента от количества секторов (а) и концентрации шлама в межконтактном пространстве (б).

Осевая нагрузка, даН: 1-800, 2-1100, 3-1400, 4-1700, 5-2000.

Горная порода-гранит. Режимы бурения: ①-"нормальный", ②-"критический"

Расчетные значения напряжений при изгибе, для коронок диаметром 59 мм; представленные в табл. 1, показывают, что они, для случая учитывающего прочность алмазов на разрушение в 3 - 8, а для случая учитывающего критическую концентрацию шлама в межконтактном пространстве в 10 - 22 раза меньше значения предела прочности на изгиб матрицы, полученного в результате экспериментальных измерений, и свидетельствуют о большом запасе прочности на изгиб секторов буровых коронок.

Таблица 1

Игибающие напряжения в секторах буровых коронок диаметром 59 мм

m	l, мм	h, мм	P, даН	σ_a , МПа	σ_p (расчет), МПа	η
10	10,0	6,0	4030/1450	550	68/25	8,0/22,0
16	7,5	6,0			76/27	7,2/20,0
16	5,5	6,0			141/51	3,9/10,8
24	4,0	5,0			146/53	3,7/10,3

Примечание: В числителе-значения показателей, определяемых прочностью алмазов, в знаменателе-концентрацией шлама горной породы

Зависимость (4), определяющую концентрацию шлама в межконтактном пространстве, представим в виде выражения:

$$Q_a = \frac{P}{m} K_2 \quad (6)$$

где K_2 - коэффициент, учитывающий конструктивные параметры коронки и физико-механические свойства горной породы ($K_2 = 0,7-0,9$)

Данное выражение отражает гиперболический характер распределения в межконтактном пространстве концентрации шлама горной породы в зависимости от количества используемых в инструменте секторов (рис.3).

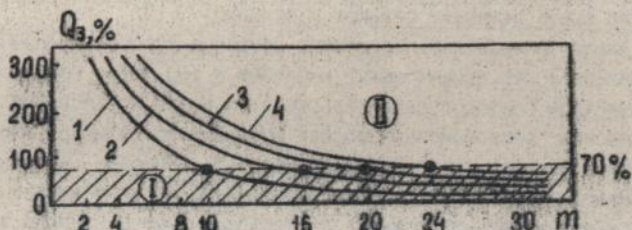


Рис.3 Зависимость концентрации шлама от количества секторов

Осевая нагрузка, дан: 1-1100, 2-1400, 3-1700, 4-2000.

Режимы бурения: I - "нормальный", II - "критический"

Горная порода - гранит ($K_2 = 0,8$).

Исходя из реальных значений осевых нагрузок, используемых в производственных условиях, а также размеров подрезных вставок из сверхтвёрдого композиционного материала твесал формы 0128 (диаметр 5 мм, высота 3,6 мм), критерия перехода нормального режима бурения в критический ($Q_3 > 70\%$), значения коэффициента запаса прочности секторов на изгиб, а также гиперболического характера зависимости концентрации шлама от количества секторов (небольшое снижение Q_3 при значительном увеличении m) было определено оптимальное количество секторов в инструменте в зависимости от его диаметра. Так, при длине сектора равного 5,5 мм, оптимальное количество секторов в коронках диаметром 59, 76 и 93 мм должно соответственно равняться 16, 20 и 24.

Использование большого количества секторов позволяет интенсифицировать процесс разрушения горной породы, повысить механическую скорость бурения и избежать в процессе бурения явления зашламования межконтактного пространства. Интенсификация процесса бурения коронками с оптимальным количеством секторов ограничивается не прочностью используемых алмазов, а критической концентрацией шлама. При интенсификации процесса бурения, т.е. повышении осевой нагрузки, механическая скорость бурения должна ограничиваться значением определяемым из выражения:

$$V_M^3 < \frac{Q_3 n (h_B - h^C) m}{100 K_D} \quad (7)$$

где n - частота вращения; $(h_B - h^C)$ - величина межконтактного зазора.

В табл.2 представлены, рассчитанные по формуле (7), допустимые значения механической скорости бурения для коронок с различным количеством

вом секторов. Стендовые испытания показали их удовлетворительное совпадение с экспериментальными данными.

3. Равномерность износа рабочей поверхности буровой коронки, обеспечивается путем выполнения промывочных каналов расширяющихся в направлении к скважинообразующей поверхности. При этом отношение длин линий резания соответственно на наружном и внутреннем диаметрах коронки должно иметь значение близкое к единице.

Анализ результатов обработки алмазных коронок с прямыми в радиальном направлении промывочными каналами, в том числе коронок с повышенным количеством секторов, свидетельствует о более интенсивном износе матрицы коронки, расположенной вблизи внутреннего диаметра. Это вызвано различным значением давления на поверхности коронки в результате чего возникает неравномерность выпуска алмазов из тела матрицы. Это согласуется с результатами исследований выполненными В.С. Владиславлевым и получившим гиперболический характер распределения осевой нагрузки на рабочей поверхности инструмента, который был экспериментально подтвержден

Таблица 2
Значения критической механической скорости бурения (м/ч)

Кол-во секторов	Частота вращения, мин ⁻¹								
	400			600			800		
	Зернистость алмазов, мкм								
	200	250	315	200	250	315	200	250	315
	160	200	250	160	200	250	160	200	250
10	1,4	$\frac{1,5}{1,52}$	1,6	2,1	$\frac{2,2}{2,46}$	2,4	2,8	$\frac{3,0}{2,82}$	3,2
16	2,2	$\frac{2,4}{2,17}$	2,5	3,3	$\frac{3,6}{3,75}$	3,7	4,4	$\frac{4,8}{4,30}$	5,0
24	3,4	$\frac{3,6}{3,14}$	3,8	5,1	$\frac{5,4}{4,72}$	5,7	6,8	$\frac{7,2}{5,48}$	7,6

Примечание: В знаменателе - экспериментальные данные

И.В. Вовчановским при бурении алмазными кольцевыми коронками с различной шириной кольца и различным диаметром. Им же был получен закон распределения удельных нагрузок на площадке контакта заключающийся в том, что величина удельной нагрузки на элементарном кольце нагружения обратно пропорциональна среднему радиусу данного кольца. В связи с этим алмазы вблизи внутренней поверхности коронок обнажаются и внедряются в горную породу больше, при этом они чаще скалываются и выкрашиваются в

процессе бурения. Степень воздействия частиц шлама на данном участке матрицы повышается. Это приводит к опережающему износу матрицы коронки по внутреннему диаметру. В этом случае критерием оценки условий работы алмазов на поверхности коронки может быть отношение L_D/L_d , представляющее собой частное от деления значений длин линий резания соответственно на наружном и внутреннем диаметрах и показывающее во сколько раз алмазы, находящиеся на внутреннем диаметре нагружены или внедрены в горную породу больше, чем алмазы, расположенные на наружном диаметре.

Значение отношения L_D/L_d зависит от диаметра инструмента. Так, с увеличением диаметра инструмента, например, с 36 до 151 мм значение данного показателя уменьшается с 3,0 до 1,15.

Экспериментальные исследования коронок с различными значениями отношения L_D/L_d показали, что коронки диаметром 59 мм имели заметный опережающий износ алмазоносного слоя расположенного вблизи внутреннего диаметра при количестве секторов равным 10. Это объясняется максимальным значением показателя L_D/L_d , указывающего на различные условия работы алмазных зерен в зависимости от диаметра линии резания на котором они расположены. Так, для коронки с данным количеством секторов, этот показатель равняется 1,74. Это значит, что алмазы, которые расположены в линии резания у внутреннего диаметра углубляются в горную породу в 1,74 раза больше, чем алмазы, которые расположены в линии резания у наружного диаметра. Поэтому, при разработке алмазного бурового инструмента необходимо стремиться, чтобы отношение L_D/L_d имело значение близкое к единице. Это возможно в том случае, если угол между соседними секторами в коронке будет соответствовать значению определяемому из выражения:

$$\gamma = 2 \operatorname{arc} \operatorname{tg} \left[\frac{D \sin \left(\frac{\pi D - \pi d + m l_k}{m D} \right) - l_k}{D - d} \right] \quad (8)$$

где l_k - длина промывочного канала по внутреннему диаметру коронки.

При выполнении промывочных каналов с углом расширения равном γ , площадь элементарных колец нагружения не будет зависеть от их радиуса. Это обеспечит постоянство давлений на всей поверхности торца коронки, одинаковую глубину внедрения алмазов в горную породу и интенсивность изнашивания элементарных колец на инструменте, независимо от их радиуса на его рабочей поверхности.

* Наиболее удовлетворяющими этим требованиям оказались коронки с 16-ю секторами, у которых отношение L_D/L_d имеет минимальное значение ($L_D/L_d = 1,29$). Данные коронки в процессе экспериментальных исследований практически изнашивались равномерно.

В табл. 3 приведены значения конструктивных параметров коронок, рассчитанных с использованием выражения (8).

Таблица 3

Конструктивные параметры буровых коронок

D, мм	m	l _к , мм	γ°	L _D /L _d
46	12	2	29	1,0
59	16	2	22	
76	20	3	18	
93	24	3	15	

Буровые коронки, созданные согласно приведенным в табл. 3 данным, характеризуются одинаковой по торцу интенсивностью изнашивания и обеспечивают полную отработку алмазосодержащей матрицы бурового инструмента.

Результаты теоретических и экспериментальных исследований послужили основой для разработки конструкции многосекторной буровой коронки с равнонасосистой матрицей типа БС 20 диаметром 59 мм. Коронка БС 20 содержит 16 секторов, угол у нее между соседними секторами примерно соответствует углу γ , а отношение L_D/L_d имеет значение близкое к единице. В качестве подрезных элементов в коронке используются вставки формы 0128 из сверхтвердого композиционного материала твесал.

Коронки БС 20 прошли промышленные и государственные приемочные испытания, результаты которых представлены в табл. 4.

Таблица 4

Результаты промышленных испытаний коронок типа БС 20 диаметром 59 мм

Район испытаний. Категория горных пород по буримости.	Кол-во, шт	Ресурс, м	V _м , м/ч	Удельный расход алмазов, кар/м
Центрально - Криворожская ГРП (ШУ "Укрчерметгеология")	3015	13,27	2,40	1,22
Средневзвешенная категория-10,6 Лововерская ГРП	2500	6,50	1,60	1,80
(ШО "Севзапгеология")	20	14,9	2,91	1,02
Средневзвешенная категория для БС 20- -10,6, для ОЗИЗГ-9,9	26	8,7	2,18	1,32
Саянская ГРП	20	10,8	2,14	1,49
(ШО "Красноярскгеология") Средневзвешенная категория-11,5	20	7,0	1,31	1,96

Примечания: В числителе - данные по коронкам БС 20, в знаменателе по ОЗИЗГ

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основные выводы диссертационной работы сводятся к следующему.

1. В процессе алмазного бурения происходит непрерывное изнашивание материала матрицы буровой коронки. Преобладающим видом износа является абразивный, интенсивность которого определяется концентрацией шлама горной породы в межконтактном пространстве.

2. На основании проведенных теоретических исследований установлена

зависимость концентрации шлама горной породы в межконтактном пространстве алмазного бурового инструмента от параметров конструкции инструмента, параметров его рабочей поверхности, режимов бурения и физико-механических свойств горной породы.

3. Получено математическое выражение для определения концентрации шлама горной породы в межконтактном пространстве и установлена степень влияния на ее значение различных конструктивных параметров инструмента.

4. Получено выражение для оптимальной механической скорости бурения, учитывающее критическую концентрацию шлама горной породы в межконтактном пространстве.

5. Определены изгибающие напряжения в секторах буровых коронок из синтетических алмазов, которые при нагрузках на инструмент соответствующих критическому режиму бурения меньше от 10 до 22 раз предела прочности на изгиб матричного материала. Количество секторов в таких коронках ограничивается только геометрическими размерами вставок из сверхтвердого композиционного материала твесал, используемых в конструкции инструмента в качестве подрезных элементов.

6. Установлено, что форма сектора оказывает существенное влияние на величину внедрения алмазов в горную породу. Так, в буровых коронках с прямыми промывочными каналами внедрение в горную породу алмазов, расположенных в линии резания ближе к внутреннему диаметру, в зависимости от размера инструмента, может превышать до 3 раз глубину внедрения алмазов расположенных в линии резания ближе к наружному диаметру. Поэтому, для обеспечения одинаковой по торцу интенсивности изнашивания, промывочные каналы в коронках необходимо выполнять расширяющимися в направлении к скважинообразующей поверхности таким образом, чтобы отношения длин линий резания соответственно на наружном и внутреннем диаметрах имело значение близкое к единице.

7. Предложена методика определения состояния динамического равновесия между поверхностью коронки и поверхностью забоя, при котором имеют место нормируемые во времени процессы разрушения как горной породы так и износа инструмента. Суть методики заключается в определении по стабилизации уровня акустического сигнала минимальной углубки, после достижения которой регистрируемая о процессе бурения информация является наиболее объективной и может быть использована не только для изучения контактного взаимодействия коронки с горной породой, но и для сравнительной оценки эффективности бурения коронками различных типов.

8. Научно обоснована и разработана конструкция буровых коронок типа ВС 20 для бурения монолитных и слаботрещиноватых горных пород X-XII категорий по буримости, которые прошли государственные приемочные испытания и рекомендованы приемочной комиссией к серийному производству.

Основные положения диссертации опубликованы в следующих работах:

1. Бугаев А. А., Опольский В. И., Кацай М. Я. Применение высокопрочных термостойких синтетических алмазов в буровых коронках. // Сверхтвердые материалы, 1984, № 6. с. 50-53.
2. Опольский В. И., Бугаев А. А. Параметры контактной зоны импрегнированного слоя бурового инструмента с горной породой. // Создание и совершенствование съемного инструмента для геологоразведочного бурения. Л., ВИТР, 1986. с. 90-98.
3. Опольский В. И., Бугаев А. А. Определение усилий резания на импрегнированные коронки в зависимости от параметров их рабочей поверхности. // Совершенствование технических средств ССК и повышение эффективности их внедрения. Л., ВИТР, 1987. с. 86-93.
4. Исонкин А. М., Опольский В. И., Богданов Р. К. и др. Алмазная буровая коронка. Авторское свидетельство СССР, № 1441056, В. И., 1988, № 44.
5. Богданов Р. К., Девин Л. Н., Опольский В. И. и др. Контроль за процессом бурения скважин алмазными импрегнированными коронками с помощью метода акустической эмиссии. // Передовой науч.-произв. опыт, рекомендуемый для внедрения в геол.-развед. отрасли; научн. техн. информ. сб. М., ВИСМС, 1989, вып. 2. с. 55-60.
6. Опольский В. И., Богданов Р. К. Расчет предельных нагрузок на импрегнированные буровые коронки с вольфрамсодержащей матрицей. // Породоразрушающий инструмент, армированный природными алмазами. Л., ВИТР, 1989. с. 97-108.
7. Опольский В. И., Богданов Р. К., Бугаев А. А. Принципы разработки и результаты испытаний алмазных коронок типа ВС 20 и ВС 36. // Разведка и охрана недр, 1992, № 4. с. 29-30.
8. Опольский В. И. Разработка и результаты испытаний алмазных коронок с одинаковой в радиальном направлении интенсивностью износа. // Новый породоразрушающий инструмент из сверхтвердых материалов. Киев, ИСМ АН Украины им. В. Н. Бакуля, 1992. с. 52-56.
9. Опольский В. И., Богданов Р. К. Исследования по оптимизации конструкции буровой коронки, оснащенной синтетическими монокристаллическими алмазами. // Совершенствование техники и технологии бурения скважин на твердые полезные ископаемые. Екатеринбург, 1992. с. 8-16.
10. Осецкий А. И., Опольский В. И. Буровые коронки ВС 20 оснащенные высокопрочными и термостойкими синтетическими алмазами. // Применение синтетических алмазов в бурении. Санкт-Петербург, ВИТР, 1992. с. 73-75.
11. Опольский В. И., Богданов Р. К. Определение напряжений изгиба в секторах буровых коронок, оснащенных синтетическими алмазами. // Научн.-техн. достижения и передов. опыт в обл. геол. и разведки недр. МГП "Геонформмак". М., вып. 11, 1992. с. 49-52.

12. Опольский В.И., Загора А.П. Влияние количества секторов в алмазных: коронках на показатели процесса бурения. // Совершенствование техники и технологии бурения скважин. Киев, ИСМ АН Украины им. В.Н.Бакуля, 1993. с. 27-34.

Опольский В.И. Повышение эффективности буровых коронок из синтетических алмазов на основе изучения их контактного взаимодействия с горной породой.

Диссертация претендента на ученую степень кандидата технических наук по специальности 05.15.14. Технология и техника геологоразведочных работ, Государственная горная академия Украины, Днепропетровск, 1994.

Защищаются исследования работоспособности алмазного бурового инструмента в зависимости от концентрации шлама горной породы в межконтактном пространстве. Определена степень влияния конструкции бурового инструмента на величину концентрации шлама. Установлено, что из всех параметров конструкции инструмента наибольшее влияние на уменьшение концентрации шлама в межконтактном пространстве оказывает количество секторов. Разработаны многосекторные алмазные буровые коронки типа БС20. Осуществлено внедрение данных коронок в промышленности, приводятся данные об их эффективности в процессе эксплуатации.

Opolskiy V.I. The increase of efficiency drill bits from synthetic diamonds on the basis of study of their contact interaction with rocks.

The dissertation of claimant on scientist degree of candidate of technical sciences on specialities of 05.15.14. Technologies and engineering geological exploration of work, The state mining academy of Ukraine, Dnepropetrovsk, 1994.

The researches durability of diamond drill tools in dependence on concentration of sludge rocks in intercontact space are protected. Installed the degree of influence of design of drill tools on size of concentration of sludge. Is installed, that from all parameters of design of tool the heaviest influence on reduction of concentration of sludge in intercontact space renders the quantity of sectors. Are developed many-sectors diamond drill bits of type BS20. The introduction given bits in industry is carried out, present given about their efficiency while in service.

Ключові слова: бурові коронки з синтетичних алмазів, гірська порода, концентрація шламу в міжконтактному просторі, інтенсивність зношування.

Подл. в печ. 21.11.94. Формат 60x90/16. Бум. писч. # 1. Печ. офс. Усл. печ. л. 1,0. Усл. кр.-отт. 1,0. Уч.-изд. л. 0,9. Тираж 100 экз. Заказ № 854. Бесплатно.

Информационно-издательский отдел с полиграфическим участком ИСМ им. В.Н.Бакуля АН Украины

254153 Киев-153, ул. Автозаводская, 2

AB 31.383