

УДК 621.1

НОВЫЕ ИННОВАЦИОННЫЕ КОНСТРУКЦИИ ШАРОШЕЧНЫХ И АЛМАЗНЫХ БУРОВЫХ ДОЛОТ СО СМЕННЫМИ ВЫСОКОСТОЙКИМИ ПРОМЫВОЧНЫМИ УЗЛАМИ

© 2016 Р.М. Богомолов, А.М. Гринев

Самарский государственный технический университет

Статья поступила в редакцию 20.09.2016

Приводятся результаты исследований и испытаний надежных инновационных конструкций шарошечных и алмазных буровых долот для глубокого бурения с быстросменными в полевых условиях промывочными узлами, стойкость которых, измеряемая сотнями часов, превышает стойкость остальных конструктивных параметров и исключает возможность размыва узлов насадок.

Ключевые слова: буровое шарошечное долото, буровое алмазное долото, промывка забоя, конструкция промывочного узла, твердосплавная износостойкая насадка, эластичные уплотнительные кольца.

Для жизни большого современного государства, особенно такого как Российская Федерация, огромное значение имеет добыча самых различных природных полезных ископаемых – нефти, газа, угля, всевозможных руд для черной и цветной металлургии, золота, алмазов, множества строительных и сырьевых материалов. Часть из них добывается с помощью бурения и обустройства глубоких нефтяных и газовых скважин. Другая часть – с помощью взрывных карьерных скважин, с помощью которых вначале разрушается взрывом и затем удаляется механизированным способом верхний пустой слой породы до поверхности рудного или сырьевого пласта. Затем со вскрытой поверхности также бурением целого ряда коротких скважин, закладкой и взрывом взрывчатки разрушается и удаляется механизированным способом уже сам рудный или сырьевой материал.

Ежегодные объемы бурения глубоких и мелких карьерных скважин исчисляются многими десятками миллионов метров.

Твердость и сопротивляемость разрушению буровыми долотами пород в этих скважинах весьма различна и в соответствии со стандартом РФ разделяется на 12 типов. Первый из них относится к особо мягким породам, которые легко разбуриваются. Этот тип породы обозначается буквой М; мягкие абразивные – буквами МЗ; мягкие, перемежающиеся со средними – МС, мягкие, перемежающиеся со средними абразивными – МСЗ, средние – С, средние абразивные – СЗ, средние, перемежающиеся с твердыми – СТ, твердые – Т, твердые абразивные – ТЗ, твердые, перемежающиеся с крепкими – ТК, твердые,

перемежающиеся с крепкими абразивные – ТКЗ, крепкие – К и очень крепкие – ОК.

Для каждого из этих типов пород разрабатываются и серийно выпускаются типы долот, применение которых эффективно только в одном из них. Поскольку в соответствии с современными технологическими требованиями для разных условий применения необходимы 125 размеров долот по диаметру для строительства самых различных видов и конструкций скважин, для всех упомянутых 12 типов пород освоено производство более 1100 типоразмеров буровых шарошечных долот. Механическая скорость бурения долотами различных по твердости пород, в зависимости от глубины залегания пластов, параметров технологии бурения и опыта бурильщика, колеблется в очень широких пределах – от 1 до 100 метров в час, поэтому и потребная скорость удаления разрушенной породы с забоя так же многократно различна.

При разрушении долотом породы любой твердости, на забое непрерывно образуется так называемая «шламовая подушка» из разрушенных частиц проходимой породы. Наличие такой «подушки» препятствует контакту породоразрушающих элементов долота с поверхностью забоя и препятствует его разрушению. Чем быстрее идет очистка промывочной жидкостью забоя от шлама, тем интенсивнее идет его разрушение долотом, тем выше механическая скорость бурения в любых по твердости породах.

При быстром разрушении легко буримых мягких пород необходима более высокая скорость удаления с забоя объема «подушки» разрушенного шлама, поскольку при его наличии зубья долота не доходят до монолита забоя, а вторично перемалывают уже разрушенный шлам. Темп очистки забоя постоянно должен соответствовать темпу разрушения породы.

При бурении крепких пород резко снижается необходимость скорости очистки забоя и, соответственно, снижаются энергетические и

Богомолов Родион Михайлович, доктор технических наук, профессор, заведующий базовой кафедрой «Инновационные технологии» ОАО «Волгабурмаш» при кафедре «Технология машиностроения» СамГТУ. Тел. 332-45-88. Гринев Алексей Михайлович, технический директор ОАО «Волгабурмаш» – начальник СКБ по долотам. Тел. 300-80-71.

денежные затраты. Так при бурении крепких пород, механическая скорость бурения относительно минимальна, темп шламообразования и удаления его с забоя тоже минимальны.

Для регулирования и оптимизации скорости очистки забоя, перед каждым новым долблением, непосредственно на буровой, делается гидравлический расчет для работы промывочной системы долота и работы буровых насосов, обеспечивающих циркуляцию промывочной жидкости в промывочной системе. Для очистки забоя от шлама, промывочная жидкость непрерывно подается насосами по внутреннему пространству бурильной колонны к долоту. В корпусе долота, независимо от его конструкции, имеются внутренние каналы для подачи на забой промывочной жидкости. На выходе из этих каналов устанавливаются сменные твердосплавные насадки, через отверстия в которых, диаметром от 8 до 22 мм., струи промывочной жидкости под большим давлением подаются на забой и очищают его от разбуренного шлама.

Для различных вариантов промывки, определенных гидравлическим расчетом, включающим давление, устанавливаются: для насосов давление промывочной жидкости, ее расход в литрах в секунду, перепад давления на долоте и др. Для выполнения расчетных параметров промывки необходим выбор и выходного диаметра отверстия в сменной промывочной насадке. Если в долоте уже установлены насадки с другим диаметром, их вынимают и заменяют на расчетные непосредственно на буровой. Замененная насадка должна иметь надежное закрепление, способное удержать ее при давлении промывочной жидкости в 100 и более атмосфер, высокую твердость, способную противостоять абразивному износу от струи промывочной жидкости при ее расходе до 50 и более литров в секунду. При этом замена насадок должна легко и быстро осуществляться персоналом буровой, часто в сложных погодных условиях.

Это очень сложная техническая задача, решаемая во всех странах, конструирующих и выпускающих буровые долота. Десятки вариантов решения этой задачи защищены патентами. Инновационному решению этой задачи посвящена настоящая статья.

Стандартный промывочный узел в шарошечных и алмазных долотах, применявшийся ведущими мировыми долотными фирмами долгое время, считался достаточно надежным [1]. Этот узел содержит гнездо под промывочную насадку, выполненное в конце промывочного канала, соединяющего внутреннюю полость долота с выходом на забой. На внутренней стенке такого гнезда выполняются канавки. Одна из них в верхней части гнезда для установки эластичного уплотнительного кольца круглого сечения между стенкой гнезда и насадкой.

Крепление насадки в нижней части гнезда обеспечивается установкой упругого разжимного

стопорного кольца под нижним торцем насадки в другой канавке. Предварительно сжатое пружинное кольцо после установки насадки в гнезде, вставляется и разжимается внутри канавки, замыкая насадку своей частью, выступающей внутрь габарита гнезда.

Если по условиям бурения в том или ином интервале по гидравлическому расчету буровиков требуется изменить расход и давление промывочного раствора для очистки забоя от выбуренной породы, размер насадки из твердого сплава по выходному промывочному диаметру может заменяться. Для этого достаточно сжать и вынуть из стопорной канавки стопорное кольцо, со стороны ниппеля выколоткой выдавить насадку из ее гнезда, в паз гнезда вставить новое уплотнение, вдвинуть сквозь него насадку с новым выбранным выходным промывочным диаметром и снова установить разжимное стопорное кольцо. При бурении, давлением от торца насадки такое кольцо изгибалось и выдавливалось из гнезда, освобождая насадку. Это приводило к заклинке и аварийному разрушению шарошек.

В 1980 году фирма «Дрессер» (США) продала ОАО «Волгабурмаш» лицензию на производство высокоэффективных 37 низкооборотных долот, технологию их производства, состав основных и вспомогательных материалов, а также полный состав технологического оборудования, необходимого для организации нового производства. В состав технической документации, прилагаемой к договору о лицензии, входил список передаваемых патентов, стоящих миллионы долларов и защищавших отдельные узлы лицензионных долот. Такие патенты были необходимы для защиты долот, производимых на экспорт.

В числе этих семи патентов был патент [2], защищавший промывочный узел долота, отличавшийся от вышеуказанного стандартного промывочного узла тем, что в стопорном узле вместо разжимного кольца использовался стопорный стержень в виде цилиндрического стержня со шляпкой, вводимого в торовидное кольцевое пространство, образованное наполовину в поверхности стенки самой насадки и наполовину в поверхности на стенке гнезда под насадку. Полученное при перемещении насадки торовидное пространство с помощью цилиндрического отверстия связывалось с наружной поверхностью на приливе промывочного узла корпуса лапы. При введении в это отверстие изгибающегося по торовидной форме гнезда мягкого стержня-гвоздя по всей длине кольцевого торовидного пространства, насадка надежно фиксировалась в своем гнезде. Вставленный в торовидное пространство стержень-гвоздь позволял многократно (до 20 раз) повысить надежность крепления насадки.

Однако такое решение не могло повысить стойкость от размыва стандартного герметизи-

рующего эластичного кольца круглого сечения, а значит всего промывочного узла.

В вышеуказанном патенте США [2] эта проблема была решена заменой эластичного кольца с круглым сечением на эластичное, более износостойкое кольцо с сечением, близким к прямоугольному. Такое уплотнительное кольцо со значительно большей контактной площадью с промывочной насадкой и стенкой гнезда, значительно надежнее уплотняло насадку даже при увеличенном давлении промывочной жидкости во время применения форсированных режимов бурения. Насадка могла, благодаря указанным изменениям крепления и уплотнения работать непрерывно уже многие десятки часов, при доступности ее замены в полевых условиях.

В начале 2000-х годов во всем мире быстрыми темпами начали успешно осваиваться долота с суперстойким алмазным вооружением (РДС). Стойкость этих долот стремительно росла и стала исчисляться уже не десятками, а сотнями часов. Ставшая недостаточно высокой стойкость герметизируемых промывочных узлов, о которых упоминалось выше, стала препятствием для внедрения новых алмазных долот. При длительном времени работы долот размывались не только сами промывочные узлы, но и окружающий их материал корпуса долота. Эта проблема дополнительно усугублялась тем, что каждая долотная фирма стремилась разработать собственный патентоспособный вариант промывочного узла, поскольку патент защищает собственное производство от действия других патентов и позволяет иногда продавать лицензии на право использования собственного патентованного решения. Суды карают нарушения патентных прав многомиллионными штрафами, рассматривая такие нарушения как прямое посягательство на основу государства – на частную собственность. Поэтому жестко конкурирующие между собой долотные фирмы предпочитают тратить до 25 % прибыли на исследование и решение технических проблем долот одновременно с их патентной защитой.

За последние годы ведущим долотным фирмам выданы более сотни патентов, в основном в США, на самые различные варианты промывочных узлов с попытками решения проблемы повышения их стойкости от размыва промывочной жидкостью. Эти варианты касались улучшения конструкций, технологии выполнения, материалов, напыления изнашиваемых поверхностей износостойкими покрытиями, применения герметизирующих сварки и наплавки. Однако, проведение исследований и выданные патенты на полученные решения не успевали за быстро растущей потребностью повышения стойкости промывочных узлов алмазных долот, средняя проходка у которых возросла уже до 20 и более километров.

Один из наиболее удачных вариантов промывочного узла предложен авторами Европатента [3] в 2008 году. Крепление твердосплавной промывочной насадки обеспечивается не отдельным стопорным элементом, как ранее, а наличием длинной наружной резьбы, выполненной на твердосплавной боковой поверхности самой насадки. Насадка с надетыми на нее в верхней части уплотнительными эластичными элементами, закручивается в своем резьбовом гнезде с помощью динамометрического ключа, торцевые выступы на котором конгруэнтны отверстиям на нижнем торце насадки. Для защиты входа промывочного канала, выходящего из корпуса долота, размываемого при длительном бурении, выше торца сменной промывочной насадки, устанавливалась промежуточная дополнительная ступенчатая защитная твердосплавная втулка, выступающая над дном отверстия в ниппельной части корпуса и имеющая на противоположном конце опоры концевой выступ, наружный диаметр которого больше диаметра верхнего входного канала.

Однако, и у этого патентованного решения имеются свои недостатки, сводящие на нет его преимущества. Нет защиты от промывки зазора на входе между промежуточной защитной дополнительной втулкой и корпусом, между торцами промежуточной защитной втулки и твердосплавной промывочной насадкой.

Не исключается также возможность отворота из резьбы и выпадения насадок из-за сильнейшей вибрации во время бурения от бурильной колонны. Недостаточно надежна боковая и торцевая герметизация дополнительной защитной втулки и насадки.

Для решения этих проблем в ОАО «Волгабурмаш» и на базовой кафедре «Инновационные технологии» факультета МиАТ СамГТУ проведены исследования и разработан новый промывочный узел долота, обладающий мировой новизной [4]. Он представлен на рис. 1-3

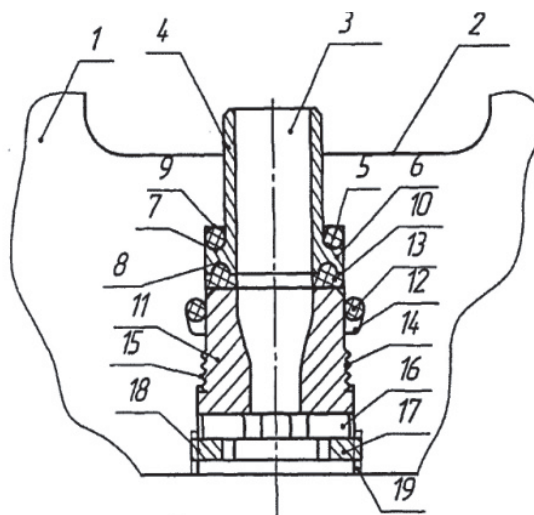


Рис. 1. Предлагаемый промывочный узел бурового долота

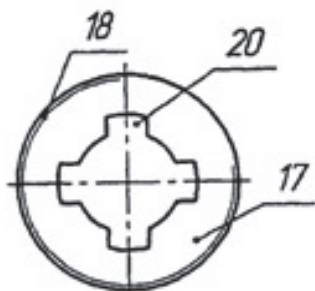


Рис. 2. Стопорная контргайка для промывочной насадки (вид снизу)

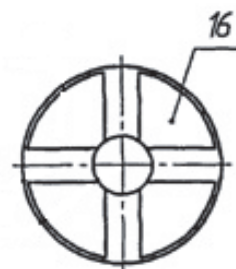


Рис. 3. Торец промывочной насадки (вид снизу)

В этом долоте инновационный вариант промывочного узла обеспечивает полную гарантию дополнительной работы уплотнения и фиксации насадки в течение всего времени работы долота, а также надежность и легкость замены насадки при возникновении такой необходимости в бурении.

На рис. 1-3 позициями обозначены: 1 – корпус бурового долота; 2 – дно отверстия ниппельной части долота; 3 – канал из ниппельной части долота в сторону забоя; 4 – промежуточная защитная втулка; 5 – первое уплотнительное защитное кольцо; 6 – кольцевой выступ защитной втулки; 7 – внутренний торец защитной втулки; 8 – наружный торец защитной втулки; 9 – ступенька для защитной втулки; 10 – второе уплотнительное защитное кольцо; 11 – насадка; 12 – кольцевой паз на стенке отверстия под насадку; 13 – третье уплотнительное кольцо; 14 – резьба на боковой поверхности насадки; 15 – резьба на боковой поверхности отверстия под насадку; 16 – выступы на дне насадки для ключа ее отворота; 17 – контргайка для стопорения установленной насадки; 18 – резьба на боковой поверхности контргайки; 19 – резьба на стенке отверстия под стопорную контргайку; 20 – пазы под торцевой ключ на стопорной контргайке.

Сборка узла промывки или замена насадки в полевых условиях производится следующим образом. Эластичное уплотнительное кольцо 5 надевается до упора в выступ 6 защитной втул-

ки 4. Затем втулка 4 с кольцом 5 вставляется в отверстие в корпусе долота 1, устанавливаются эластичные уплотнительные кольца 10 и 13. С помощью торцевого ключа насадка 11 заворачивается до упора, зажимая кольца 5 и 10. Надежность зажима может проверяться, например, с помощью динамометрического ключа до выбранного усилия, отмеченного на шкале ключа. Затем, торцевым ключом заворачивается стопорная гайка. Зажим одновременно пары резьб 14 и 18 делает их самотормозящимися и является гарантией от произвольного отворота насадки при бурении. При смене насадки операции осуществляются в обратном порядке.

Результаты стендовых и промысловых испытаний образцов предлагаемых буровых долот подтверждают их значительное преимущество по стойкости и упрощенной замене насадок в полевых условиях.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Богомолов Р.М., Носов Н.В., Крылов С.М., Кремлев В.И. Совершенствование технологии и сборки буровых шарошечных долот. М.: Машиностроение, 2014. 228 с.
2. Скарборух В.Е. Фирма «Дрессер». Насадка бурового долота. Патент США № 3084751C1 175-340. 1960.
3. Европатент WO2008/060561A1; E21B 10/61, 22.05.2008.
4. Богомолов Р.М., Крылов С.М., Гринев А.М., Серых К.С. Буровое долото с промывочными узлами. Патент РФ № 2509199C2 опублик. 10.03.2014. E21 10/61.

NEW INNOVATIVE DESIGNS THE SHAROSHECHNYKH AND DIAMOND BORING CHISELS WITH REPLACEABLE HIGH-RESISTANT FLUSHING KNOTS

© 2016 R.M. Bogomolov, A.M. Grinyov

Samara State Technical University

Results of researches and tests of reliable innovative designs the sharoshech-nykh and diamond boring chisels for deep drilling with quick-change flushing knots in field conditions which firmness measured by hundreds of hours exceeds firmness of other design data are given and excludes a possibility of washout of knots of nozzles.
 Keywords: boring sharoshechny chisel, boring diamond chisel, washing of a face, design of flushing knot, hard-alloy wearproof nozzle, elastic sealing rings.

Rodion Bogomolov, Doctor of Technics, Professor, Head at the Innovative Technology Basic Department of "VOLGABURMASH" at the of Mechanical Engineering department, SamSTU. Tel. 332-45-88.

Alexey Grinyov, Technical Director of JSC "VOLGABURMASH" - Head of the Specialized Design Bureau on the Bit. Tel. 300-80-71.