

КОШ АЙРЫКЧА ИШТЕТКИЧТҮҮ БУРГУЛОО МАМЫЛУУ КБ-76 БУРГУЛОО КОМПЛЕКСИН ЖАРАТУУ ЖАНА СЫНООНОО ТАРЫХЫ

ИСТОРИЯ СОЗДАНИЯ И ИСПЫТАНИЙ БУРОВОГО КОМПЛЕКСА КБ-76 С ДВОЙНОЙ РАЗДЕЛЬНОПРИВОДНОЙ БУРОВОЙ КОЛОННОЙ

HISTORY OF CREATION AND TESTING OF THE KB-76 DRILLING COMPLEX WITH DOUBLE SEPARATE DRILL DRILLING COLUMN

А.В. Анохин

A.V. Anokhin

Бул макела тереңдиги 200 метрге чейинки жогорку тактыктагы горизонталдык куяаларды бургулоонун эң ылайыктуу технологиясын тандоого жана негиздөөгө арналган. Иштин бул түрүн аткарууда колдонулган ар кандай технологиялар жана жабдуулар каралат. Атап айтканда, келечектеги бургулоо жабдууларынын алгач түрү катары кабыл алынган тазалоочу каражаттын жана керндин гидравликалык унаа менен тескери циркуляциясы бар түтүктөрдүн кош мамыны колдонуусу каралууда. Эки мамылуу куралдын принципиалдуу жаны конструкциясы сунуш кылынды жана иштелип чыкты, мында ички мамы бургулоочу түтүк, ал эми октук жуктөн айрылган жай айлануучу тышкы түтүк коргоочу жана борборлоштуруучу болуп саналат. Талаа жана өндүрүштүк сыноолордон өткөн бургулоо комплекси иштелип чыкты жана жаратылды. Алынган сыноолордун натыйжаларынын жана шахта шарттарында машинанын андан кийинки иштешинин негизинде куралдын берилген багыттан эч кандай четтешиши иш жүзүндө жок экендиги, бургулоого энергияны сарптоо минималдуу экендиги аныкталды.

Данная работа посвящена выбору и обоснованию одной из возможных технологий бурения высокоточных горизонтальных скважин глубиной до 200 метров. Рассмотрены различные технологии и оборудование, используемое при выполнении подобного рода работ. В частности, рассмотрена возможность применения двойной колонны труб с обратной циркуляцией очистного агента и гидротранспортом керна, которые приняты в качестве прототипа будущего бурового оборудования. Предложена и разработана принципиально новая конструкция двухколонного снаряда, где внутренняя колонна является буровой, а

медленно вращающаяся наружная труба, разгруженная от осевой нагрузки на коронку, является защитной и центрирующей. Разработан и создан буровой комплекс, который прошел полигонные и промышленные испытания. На основании полученных результатов испытаний и последующей эксплуатации станка в условиях шахты выявлено, что отклонение снаряда от заданного направления практически отсутствует, а энергозатраты на бурение минимальные.

The work is devoted to the selection and justification of the most appropriate technology for drilling high-precision horizontal wells up to 200 meters deep. Various technologies and equipment used in performing this type of work are considered. In particular, the use of a double column of pipes with reverse circulation of the cleaning agent and hydraulic transport of core, which is accepted as a prototype of future drilling equipment, is considered. A fundamentally new design of a two-column projectile has been proposed and developed, where the inner column is the drilling pipe, and the slowly rotating outer pipe, unloaded from the axial load on the bit, is protective and centering. A drilling complex was developed and created, which passed field and industrial tests. Based on the test results obtained and the subsequent operation of the machine in mine conditions, it was revealed that there is practically no deviation of the projectile from the given direction, and energy consumption for drilling is minimal.

Түйүн сөздөр: бургулоо комплекси, багыттуу горизонталдык куялар, кош бургулоо тилкеси, тазалоочу каражаттын тескери циркуляциясы менен бургулоо технологиясы, подшипниктердин тирөөчтөрүндөгү бургулоо тилкеси, гидравликалуу талаа сыноолору, шахталык өндүрүштүк сыноолор, газсыздандыруу скважиналарын бургулоо.

Ключевые слова: буровой комплекс, направленные горизонтальные скважины, двойная буровая колонна, технология бурения с обратной циркуляцией очистного агента, буровая колонна на подшипниковых опорах, полигонные испытания с гидравлическим приводом, шахтные промышленные испытания, бурение дегазационных скважин.

Key words: drilling complex, directional horizontal wells, double drill string, drilling technology with reverse circulation of cleaning agent, drill string on bearing supports, hydraulically driven field tests, mine industrial tests, drilling of degassing wells.

В начале 80-х годов перед Отделом механики и горного машиноведения Института автоматики НАН КР и одной из кафедр Фрунзенского политехнического института была поставлена задача по созданию легкой буровой установки для бурения направленных горизонтальных скважин глубиной 100–200 мет-

ров с отклонением снаряда не более 1–2 метров. Согласно техническому заданию, бурение предполагалось вести в перемежающихся горных породах II–IV категорий буримости с применением механической очистки скважины от буровой мелочи. Для выполнения этой сложной комплексной задачи необходимо было решить три главные проблемы:

- выбрать наиболее эффективную технологию бурения горизонтальных скважин с разработкой технических средств по удалению продуктов разрушения в процессе бурения и обеспечением устойчивости ствола скважины после завершения бурения;
- разработать технические средства и методы, исключающие искривление скважин или позволяющие их искусственно искривлять в заданном направлении;
- разработать и изготовить легкую буровую установку и вспомогательное оборудование для бурения глубоких горизонтальных скважин по выбранной технологии.

Надо отметить, что в техническом задании были очень жесткие требования по ограниченности массы бурового оборудования и энерговооруженности приводов. Хотя на стадии проектирования рабочих макетов эти ограничения учитывались, но в случае отсутствия альтернативы не соблюдались. Главными показателями на этой стадии работ оставались требуемая глубина скважины и ее минимальное отклонение от заданного направления.

Первый рабочий макет бурового станка был выполнен по технологии шнекового бурения с одновременной обсадкой [1]. Привод обсадной колонны осуществлялся от общего высокомоментного гидравлического двигателя с отбором мощности через планетарный редуктор. Несмотря на достаточно эффективное шнековое бурение по плотным сухим глинам на глубину до 150 м, отклонение бурового снаряда на глубине 100 м составило около 2 м как по азимуту, так и по углу наклона, что не удовлетворяло требованиям технического задания. Кроме того, затраты мощности на бурение шнеком существенно возрастали с увеличением глубины скважины более 20 м. В связи с отмеченными недостатками эта технология бурения была признана не перспективной.

В середине 70-х годов в Советском Союзе в геологоразведке стал широко применяться метод бурения скважин с двойной колонной труб и обратной циркуляцией очистного агента, которым служила вода. Впервые этот способ был применен в США в 1960 г. [2]. Применяемая при этом способе двойная колонна состоит из наружной буровой трубы и внутренней, жестко и концентрично установленной относительно наружной и служащей для разделения потоков промывочной жидкости в межтрубном пространстве и каналом внутренней трубы. Вода или легкий глинистый раствор с помощью насоса подается в межтрубное пространство двойной колонны и через отверстия в переходнике попадает на забой скважины, огибая буровую коронку и подхватывая буровую мелочь и керн, поступает в полость внутренней керноприемной трубы и далее выносится на поверхность. В качестве породоразрушающего инструмента при этом способе используются стандартные коронки или колонковые долота, жестко соединенные с наружной буровой трубой.

Важными преимуществами этой технологии являются непрерывность процесса бурения и значительная экономия времени (до 40%) даже по сравнению с применением снаряда со съёмным керноприемником (ССК). При этом способе значительно уменьшается искривление ствола скважины ввиду повышенной жесткости двойной колонны труб, особенно при бурении скважин в поглощающих породах мягкой и средней крепости. Однако затраты мощности на вращение наружной буровой колонны с коронкой по мере углубления снаряда возрастают еще больше, чем при одноколонном снаряде за счет увеличения общей массы. Принимая технологию двухколонного способа бурения с гидротранспортом керна как наиболее эффективную, нами предложена и разработана принципиально новая конструкция двухколонного снаряда, в котором внутренняя колонна является буровой, а медленно вращающаяся наружная труба, разгруженная от осевой нагрузки на коронку, является защитной и центрирующей [3]. Кроме того, в качестве очистного агента мы применяли сжатый воздух, который в большей степени удовлетворяет и по условиям

эксплуатации и требованиям технического задания. Необходимо также отметить, что буровая колонна устанавливается на подшипниковых опорах в наружной трубе через определенные интервалы, обеспечивающие гарантированную продольную устойчивость при передаче максимальной осевой нагрузки на буровой инструмент. Вращательное движение буровой колонны обеспечивается от двигателя любого типа через зубчатую передачу со шлицевым соединением колеса и далее передается на выдвижной шпиндель механизма вращения бурильной колонны, соединяемой с породоразрушающим инструментом.

Установка буровой колонны в подшипниковых опорах с возможностью ее вращательного и поступательного перемещения относительно этих опор позволяет практически без потерь передавать крутящий момент и осевую нагрузку на забой скважины. Следует отметить, что наружная колонна труб, разгруженная от передачи осевой нагрузки на коронку, выполняет целый ряд важных функций:

- центрирует внутреннюю буровую колонну в скважине и обеспечивает ее высокую продольную и поперечную жесткость в пределах межопорного участка;
- защищает внутреннюю колонну от воздействия со стороны стенок скважины;
- образует с внутренней колонной труб межтрубный канал для подачи очистного агента к забою с минимальными потерями;
- обеспечивает сохранность стенок скважины от обрушения и снижает затраты мощности на продвижение буровой колонны в скважине за счет низкой частоты ее вращения (6–8 об/мин).

Разработанная конструкция двойной буровой колонны и выбранная технология бурения с обратной циркуляцией очистного агента позволяет существенно повысить эффективность проходки глубоких направленных скважин в осложненных условиях.

На рисунке 1 представлена конструктивная схема двойной раздельно приводной буровой колонны с обратной циркуляцией очистного агента.

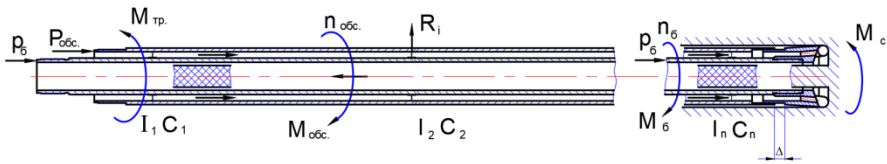


Рисунок 1 – Двойная раздельно приводная буровая колонна с обратной циркуляцией очистного агента

Полигонные испытания [2] подобной установки с гидравлическим приводом показали, что рост энергозатрат при бурении горизонтальных скважин по плотным сухим глинам III–IV категории буримости глубиной до 100 метров с увеличением глубины скважины практически не изменялся. Изменение крутящего момента на буровой колонне происходило не по мере углубления скважины, а при прохождении участков с закладкой в траншее различных по крепости горных пород (известняк, ракушечник, мрамор и бетон).

В процессе бурения горных пород, как на стенде, так и в реальных условиях, регистрировались основные параметры по крутящему моменту и усилию подачи, которые по мере увеличения глубины скважины отличались незначительно [2]. Этот фактор учитывался в дальнейших испытаниях при определении типа горных пород в процессе бурения закрытого участка скважины.

Необходимо учесть, что для эффективной работы предлагаемой конструкции двойной колонны необходимо наличие надежного и многофункционального головного снаряда, обеспечивающего ряд технологических условий, присущих данному способу бурения. Это в первую очередь обеспечение надежной передачи энергии от внутренней буровой колонны к буровому инструменту с возможностью его эффективного охлаждения и возможности регулирования компенсационного зазора от разницы в деформациях наружной и внутренней колонн по мере изменения длины двойной колонны. Обеспечение герметичности межтрубного пространства в процессе бурения, а также жесткого центрирования снаряда в скважине при минимальном его воздействии на стенки скважины и ряд других специфических требований.

Применение различных конструктивных компоновок головного снаряда для двойной колонны труб с использованием данной технологии бурения позволят проходить глубокие скважины в самых сложных геологических разрезах с минимальными затратами мощности, что позволяет утверждать о возможности непосредственного использования электрического привода в бурильной машине.

Промышленные испытания бурового комплекса КБ-76 [4], разработанного и изготовленного в Институте машиноведения НАН КР по заказу АО УД «Испат-Кармет», проводились на шахте им. В.И. Ленина в г. Шахтинске Карагандинской области с 1998 по 2005 г. Испытания показали, что для бурения дегазационных скважин по угольным пластам двойная буровая колонна является идеальным инструментом, обеспечивающим высокую производительность проходки скважин по углю, безопасность работ в условиях сверхкатегорийности пластов угля по газу (по нормативу более $15 \text{ м}^3/\text{т}$) и прямолинейность скважин протяженностью до 200 метров. Хотя этот показатель не регламентировался при дегазационных работах, но он оказался полезен при бурении направленных скважин для прокладки трубопроводов и кабелей с одной выработки на другую. Проектная длина первой опытной скважины составляла 70 метров с возможностью выхода бурового снаряда на откаточный штрек. Угол падения пласта составлял $9^0 \dots 14^0$. Очистка скважины осуществлялась сжатым воздухом как от шахтной сети, так и от передвижной компрессорной станции. Давление воздуха в сети составляло от 0,2 до 0,6 МПа. Верхний слой угля, по которому велось бурение в восточном крыле пласта Д6, характеризуется как крепкий, сухой, полублестящий. Марка угля – ГЖ, хорошо коксуемый, средняя мощность пласта составляла 3,85 м, относительная газообильность пласта – $36,3 \text{ м}^3/\text{т}$, сопротивляемость угля резанию 1100 – 1450 Н/см.

Вследствие высокой газообильности пластов угля и вероятности взрыва газопылевой смеси в скважине правилами безопасности было запрещено в процессе испытаний использовать легкосплавные буровые трубы, которые использовались на полигон-

дилось по завершении бурения с выходом инструмента в конвейерный штрек.

Последующие работы по бурению дегазационных скважин подтвердили работоспособность бурового комплекса и его технологические возможности при бурении разгрузочных скважин, которые заключаются в следующем:

- станок позволяет выполнять точное забуривание снаряда на заданное направление и поддержание этого направления (в допустимых пределах отклонения 1 м на 100 м длины) до проектной глубины скважины;
- минимальное воздействие буровой колонны на стенки скважины и практическое отсутствие в ней штыба дает возможность избежать или значительно снизить вероятность зажатия бурового снаряда в скважине;
- по количеству и качеству керна можно судить о характеристике физических свойств угольного пласта и степени его насыщенности газом;
- очистка скважины от буровой мелочи обратным потоком очистного агента, в частности воздухом, позволяет исключить взаимодействие воздушной струи со стенками скважины и значительно сократить по времени ее взаимодействие с забоем, что значительно снижает вероятность возгорания угольной пыли;
- возможность удаления буровой мелочи по кerno-отводящему рукаву в очистное устройство позволяет отводить газ непосредственно в шахтную газоотводящую сеть;
- наличие двойной колонны труб с внутренним буровым ставом позволяет практически без потерь передавать осевую нагрузку и крутящий момент от бурильной машины до породоразрушающего инструмента в забое.

На основании полученных результатов испытаний и последующей эксплуатации станка в условиях шахты им. В.И. Ленина буровой комплекс КБ-76 был рекомендован для бурения разгрузочных скважин в выбросоопасных пластах.

Основные результаты, полученные в процессе многочисленных испытаний и последующей эксплуатации станка в условиях шахты, показали, что отклонение снаряда от заданного направления до глубины 100 метров практически отсутствует, а энергозатраты на бурение минимальные, что позволяет надеяться на возможность прямого использования в конструкции станка регулируемого электропривода.

Литература

1. А.с. 875010 СССР, МКИ³ E21 C 1/00. Буровой станок / А.В. Анохин, Л.Т. Дворников, В.С. Донченко, Г.И. Яковлев; заявители: ФПИ Мин. образ. Кирг. ССР; заявл. 05.12.79; опубл. 23.10.81, Бюлл. № 39.
2. Анохин А.В. Разработка и исследование буровых станков с двойным раздельно-приводным буровым ставом для направленного бурения горизонтальных скважин: дис.... канд. техн. наук. – Иркутск, 1991. –237 с.
3. А.с. 270845 СССР, E21 B 3/00. Буровой станок. / А.В. Анохин, Л.Т. Дворников, В.С. Донченко, В.В. Касьянов; заявители: ФПИ Мин. образ. Кирг. ССР; заявл. 10.04.87.
4. Анохин А.В. Испытания бурового комплекса КБ-76 на шахте им. Ленина в г. Шахтинске // Т-77. Труды Кыргызского ин-та минерального сырья: сб. науч. тр. (КИМС). – Бишкек, 2000. – С. 200–206.