

УДК 622.24

И. А. Юшков, А. Е. Петраков

ГВУЗ «Донецкий национальный технический университет», Донецк, Украина

Разработка бурового снаряда для бурения дегазационных направленных скважин

Статья посвящена проблеме безопасного проведения подземных горных работ, которые напрямую зависят от эффективности дегазации угольных пластов. Одним из наиболее надежных способов выполнения дегазации является бурение протяженных скважин. В статье рассмотрена методика расчета профиля восстающей криволинейной скважины, пробуренной из подземной горной выработки. Описана конструкция и принцип действия бурового снаряда с гидромеханической системой распора. Снаряд оснащен встроенным гидравлическим ориентатором шарикового типа. Данный снаряд предназначен для бурения с регулируемым радиусом искривления профиля скважины. Представлены зависимости, позволяющие определить величину отклоняющей силы и предельные значения интенсивности искривления, достигаемой при работе бурового снаряда.

Ключевые слова: дегазационное бурение, восстающая скважина, профиль, радиус искривления, отклонитель непрерывного действия.

Одной из приоритетных задач развития угольной промышленности Украины является обеспечение безопасности условий труда шахтеров и увеличение производственных мощностей угольных шахт. Добиться положительных сдвигов в этом направлении позволяет эффективная работа системы шахтной дегазации. Совершенствованием методов и технических средств бурения дегазационных скважин продолжительный период времени занимается кафедра технологии и техники геологоразведочных работ ДонНТУ.

Для повышения эффективности выполнения дегазационных работ целесообразным может оказаться бурение направленных скважин по управляемой траектории из горных выработок разрабатываемого пласта. Особенность расположения бурового оборудования приводит к тому, что дегазационные скважины, как правило, включают криволинейную часть, пройденную в межпластовых породах до выхода в дегазационный пласт и прямолинейную, выполненную в сторону выработанного пространства и буримую по углю [1].

Известен положительный опыт бурения протяженных дегазационных скважин силами ОАО ГХК «Спецшахтобурение», выполненный на полях шахты «Белозерская» ГП «Добропольеуголь». Для проведения буровых работ использовался станок LHD-15A фирмы «Флетчер», оснащенный забойной компоновкой для направленного бурения скважин [2].

Осуществленные работы показали, что успешное проведение дегазационных скважин напрямую зависит от точности расчета траектории скважины и от технического средства, выполняющего бурение.

Проведенный анализ возможных схем проведения дегазации показывает, что в описываемой технической задаче возможны два варианта бурения скважин. В первом случае плоскость искривления дегазационной скважины вертикальна, азимут ее постоянен и зависит только от угла разворота скважины относительно оси штрека при ее забурировании.

Во втором случае плоскость искривления скважины наклонена таким образом, чтобы прямолинейная пластовая часть скважины располагалась параллельно штреку на заданном расстоянии от него. Проектирование и бурение скважин по такой схеме является более сложной, но и обеспечивает высокую эффективность процесса [3].

Рассмотрим ситуацию, связанную с проектированием пространственно-искривленной скважины при горизонтальном залегании дегазируемого пласта. На рис. 1 дана схема для расчета основных параметров профиля скважины.

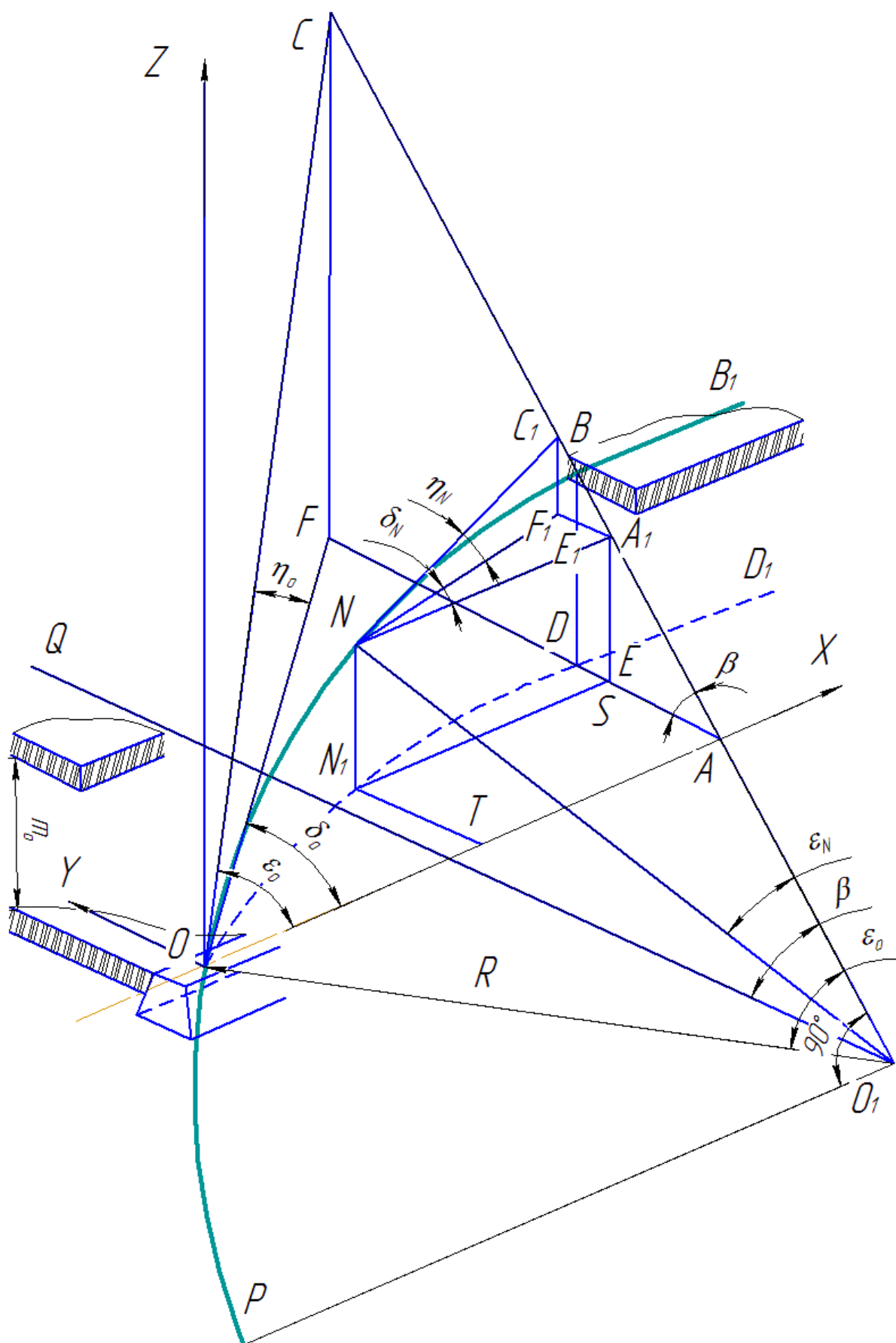


Рис. 1. Схема к расчету плоско-пространственного профиля скважины

Проектирование удобнее выполнять в прямоугольной системе координат XYZ . Координатная ось OX направлена по оси штрека, из которого производится дегазационное бурение скважины, ось OY – в поперечном направлении. Положительное направление оси OZ связано с направлением восстания скважины. Центр O системы координат выбран в точке забуривания.

Проектируемая скважина искривляется по дуге O_1B окружности заданного радиуса R , при этом точка забуривания скважины O находится на штреке на уровне кровли разрабатываемого пласта. В точке B входа в дегазируемый пласт скважина горизонтальна, а дальнейшее ее простиранье идет по прямолинейной траектории. Таким образом, прямолинейный участок скважины BB_1 , параллелен оси штрека OA .

Дуга PB является четвертью окружности, плоскость PO_1Q – горизонтальна, плоскость CO_1Q – вертикальна, а плоскость окружности наклонена к горизонтальной под углом β . Кривая ODD_1 является проекцией оси скважины на горизонтальную плоскость.

Проведенные геометрические преобразования позволили получить координаты текущего положения забоя (точка N на рис. 1) вплоть до точки входа скважины в пласт, которые определяются как [4]:

$$\begin{aligned} X_N &= R(\sin \varepsilon_0 - \sin \varepsilon_N) \\ Y_N &= S - R \cos \beta (1 - \cos \varepsilon_N) \\ Z_N &= [S - R \cos \beta (1 - \cos \varepsilon_N)] \operatorname{tg} \beta = m_0 - R \sin \beta (1 - \cos \varepsilon_N) \end{aligned}$$

где R – заданный радиус искривления скважины, м,

m_0 – межпластовая мощность, м,

S – расстояние AD от оси штрека OA до горизонтальной проекции DD_1 прямолинейного участка скважины, м,

β – угол наклона плоскости простиранья криволинейной части скважины к горизонту.

Определяется из выражения:

$$\beta = \operatorname{arctg} \left(\frac{m_0}{S} \right)$$

ε_0 – центральный угол дуги окружности радиуса R , описываемой скважиной на участке OB

$$\varepsilon_0 = \arccos \frac{R - \sqrt{m^2 + S^2}}{R}.$$

ε_N – центральный угол дуги NB участка криволинейного отрезка траектории скважины

$$\varepsilon_N = \varepsilon_0 - \left(\frac{57,3 l_N}{R} \right),$$

где l_N – длина скважины от устья до точки N .

Указанные выше математические выражения позволяют получить необходимые для проектирования скважины данные, на основе которых выполняется построение проекций направленной скважины.

При проведении бурения криволинейных участков дегазационных скважин целесообразно применять компоновки буровых снарядов с фиксированным значением обеспечиваемого радиуса кривизны R . Плоско-искривленный и пространственно-искривленный виды профиля могут быть образованы только отклонителями непрерывного действия. Поскольку для бурения восстающих скважин снаряды с механической системой распора не приемлемы, необходимо использовать отклонители с гидромеханическим принципом фиксации в скважине. Применение бурового снаряда с гидромеханическим распором позволяет повысить надежность работ по искривлению, так как устраняются такие причины отказов из-за дезориентации снаряда, как случайное или намеренное снятие осевой нагрузки, запуск снаряда в нагруженном состоянии и т.п.

Буровой снаряд, предназначенный для ориентирования и бурения восстающих дегазационных скважин плоско- и пространственно-искривленного типа, разрабатывается в

ДонНТУ. Он включает в себя ориентирующий и отклоняющий блок (рис. 2). В основе ориентирующего блока использована принципиальная система гидравлического шарикового ориентатора, обеспечивающая передачу гидравлического сигнала о выходе отклоняющих элементов снаряда на требуемый угол установки. Наличие шарикового ориентирующего узла позволяет исключить использование веса снаряда для разворота корпуса отклонителя под требуемым углом установки, а значит эффективно использовать разработанный снаряд для бурения как наклонных, так и горизонтальных и восстающих скважин.

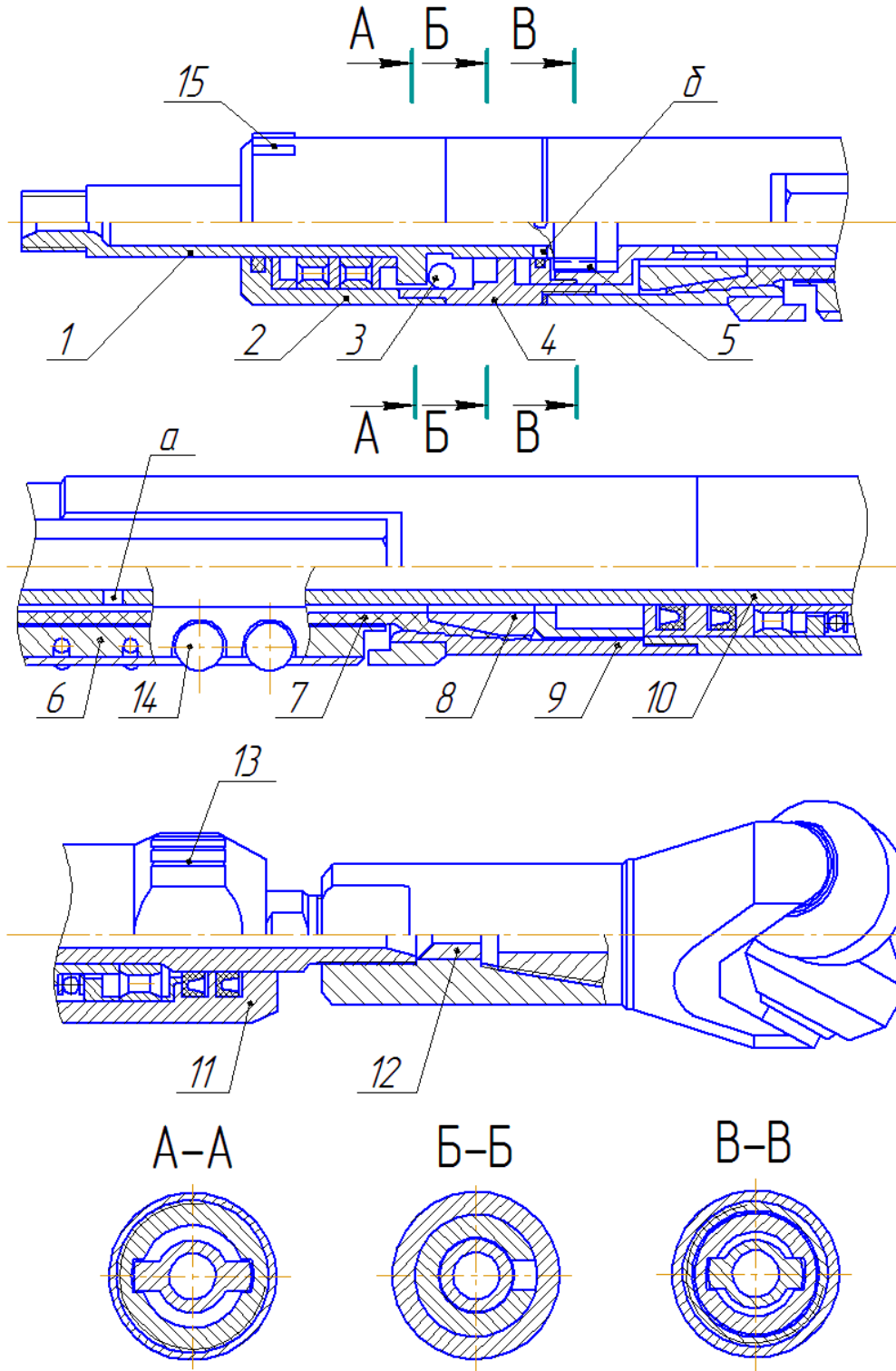


Рис. 2. Буровой снаряд направленного бурения

Отклоняющая система комплекса представляет собой усовершенствованный отклонитель с гидромеханическим распором спроектированный на основе отклонителя ОНДГ-93МР конструкции ДПИ и ПО «Укруглегеология» [5].

Распорный блок состоит из корпуса камеры 9 с ползуном 6, выходящим за габариты корпуса под действием расширяющейся резиновой камеры 7, охватывающей вал - трубу 10. В теле трубы выполнено отверстие «а», сообщающееся с внутренней полостью резиновой камеры. Концы резиновой камеры 7 закреплены в корпусе 9 с помощью конусов 8. Ползун 6 снабжен набором роликов 14, которые при выдвигении ползуна контактируют со стенкой, удерживая корпус отклонителя от поворота. Предельный выход ползуна ограничен упорами, закрепленными на корпусе камеры с помощью винтов и свободно расположенными в пазах ползуна.

К корпусу камеры присоединен корпус подшипников 11, с установленным в нем блоком упорных шарикоподшипников и радиальных роликоподшипников. Для предотвращения утечек промывочной жидкости в корпусе 11 установлены манжеты. Поверхность корпуса 11 выполнена в виде эксцентричной втулки. Наружная поверхность корпусов 2 и 11 армирована сменными твердосплавными вставками 13 и 15, выполняющими функцию опорных элементов и регулируемыми интенсивность искривления скважины.

К верхней части корпуса отклонителя на резьбе присоединен ориентирующий ниппель 4. К ниппелю 4 присоединен корпус 2, внутри которого размещены два радиальных шарикоподшипника, разделенных между собой распорным кольцом. Защита подшипников от воздействия промывочной жидкости и частиц шлама осуществляется уплотнительным резиновым кольцом. Внутренняя часть ориентирующего ниппеля имеет пазы для сопряжения с валом отклонителя. В нижней части ниппеля выполнен паз, предназначенный для размещения ориентирующего шара 3 при ориентировании корпуса отклонителя.

Через корпус 2 и ориентирующий ниппель 4 проходит верхний вал 1. На нем расположен блокировочный шпоночный узел, сопрягаемый с пазами ориентирующего ниппеля.

В нижней части верхнего вала размещен шпоночный разъем 5, предназначенный для компенсации смещения вала при ориентировании. Вал снабжен отверстиями «б» для прохода промывочной жидкости, которые предназначены для сигнализации об окончании процесса ориентирования.

В кольцевой полости, образованной внутренней поверхностью ниппеля 4 и расточкой верхнего вала 1 под шпоночным участком вала, размещен ориентирующий шар 3, свободно перекатывающийся в исходном положении под действием силы тяжести.

Разрабатываемый буровой комплекс работает следующим образом. Процесс ориентирования отклонителя заключается в следующем. Выполняют подтягивание вала за колонну бурильных труб. При этом верхний вал 1 получает возможность небольшого смещения вверх по шпоночному разъему ниппеля 4. Это освобождает шар 3, который перекатывается по кольцевой полости, занимая положение, соответствующее нижней образующей апсидальной плоскости скважины. Опускают (досылают) снаряд до забоя, включают подачу промывочной жидкости и начинают медленное проворачивание корпуса снаряда через колонну бурильных труб. При этом осуществляют периодическое подтягивание и опускание верхнего вала 1 (при ориентировании в горизонтальных и восстающих скважинах осуществляется периодическая досылка и извлечение верхнего вала). Корпус проворачивается благодаря шпоночному сопряжению с валом. В тот момент, когда положение паза совпадет с нижней образующей апсидальной плоскости скважины, ориентирующий шар 3 переместится в паз ниппеля 4. Благодаря этому вал 1 сместится вниз по корпусу отклонителя, разъединится шпоночное соединение вала и корпуса, сместится вниз нижний шпоночный разъем, тем самым открыв боковые отверстия «б» вала, и промывочная жидкость получит возможность выхода. Давление в подводящей линии резко снизится, что даст гидравлический сигнал о завершении ориентирования, отмечаемый по манометру.

Благодаря наличию дросселирующей втулки 12, во внутренней полости вала 10 создается повышенное давление, что приводит к расширению резиновой камеры 7 и выдвигению ползуна 6 до упора его роликов 14 в стенку скважины. Корпуса 2 и 11, упираясь в противоположную стенку скважины твердосплавными вставками 13 и 15 на эксцентричных выступах, обеспечивают заданный перекосяк оси снаряда.

Преимуществом гидромеханической системы распора по сравнению с механической является отсутствие осевых перемещений элементов корпуса снаряда, поскольку выдвижение ползуна осуществляется только за счет давления рабочей жидкости.

Размер твердосплавных вставок на эксцентричных выступах корпуса позволяет регулировать интенсивность искривления. Если расстояние от оси отклонителя до внешней поверхности накладке r_B (рис. 3) и радиус ствола скважины $R_{СКВ}$ имеют соотношение $r_B = R_{СКВ}$, то отклонитель обеспечивает набор кривизны путем фрезерования стенки скважины под действием отклоняющего усилия $P_{отк}$, возникающего благодаря выдвижению ползуна и его воздействию на стенку скважины с усилием P_p .

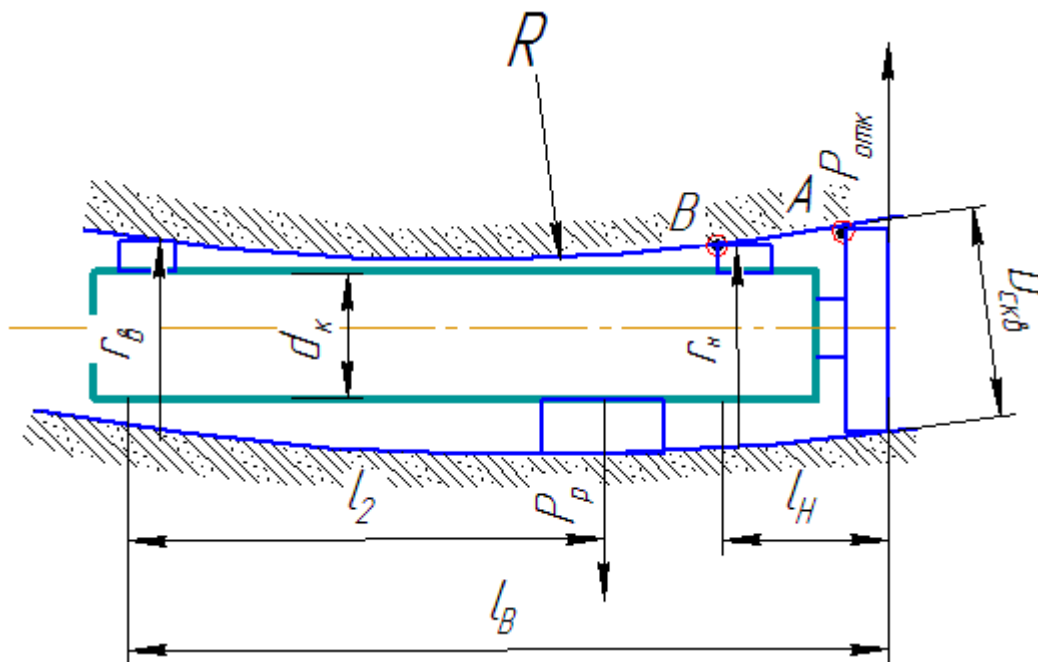


Рис 3. Схема распора отклонителя в скважине

Если обеспечивается соотношение $r_B < R_{СКВ}$, то отклоняющей частью бурового снаряда будет реализовано искривление за счет комбинированного фрезерования стенки и асимметричного разрушения забоя при разнонаправленности этих процессов. И, наконец, при $r_B > R_{СКВ}$ возможен набор кривизны путем фрезерования стенки и асимметричного разрушения забоя, совпадающих по направлению процесса разрушения.

В отличие от отклонителей с механической системой распора, в разрабатываемом снаряде отклоняющее усилие вызвано не деформацией внутреннего вала, а воздействием на стенку скважины выдвигаемого под давлением жидкости ползуна. Данное обстоятельство определяет меньшую вероятность поломок деталей отклонителя, в первую очередь вала, связанную с существенно меньшими механическими напряжениями.

Отклоняющее усилие, развиваемое отклонителем с гидромеханической системой распора определяется из выражения [6]:

$$P_{отк} = \frac{p_{жс} S_n l_2}{2l_B},$$

где $p_{жс}$ – давление рабочей жидкости в полости резиновой камеры, МПа,

S_n – площадь распорного ползуна, м²,

l_2 – расстояние от середины ползуна до верхней точки накладке, м,

l_B – расстояние от торца долота до твердосплавных вставок на верхней части корпуса бурового снаряда, м.

Предельное значение искривления ограничивается условием вписываемости отклонителя в искривленный ствол скважины. Исходя из этого условия минимальный радиус кривизны скважины должен составлять:

$$R = 0,5 \left(f + \frac{L_g^2}{4f} \right),$$

где f - радиальный зазор, определяемый как:

$$f = \frac{1}{2} (D_{скв} - d_k),$$

где $D_{скв}$ - диаметр скважины, м,

d_k - диаметр корпуса бурового снаряда, м.

Предельное значение интенсивности искривления скважины, определенное из условия вписываемости его в искривленный ствол скважины составляет:

$$i = 57,3 \frac{8f}{l_B^2}.$$

Для регулирования интенсивности искривления служит нижний блок твердосплавных вставок на корпусе бурового снаряда. Толщина накладки позволяет регулировать радиус r_B и устанавливать величину кривизны ствола. В этом случае касание долота и нижней вставки со стенкой скважины ограничивают предельное значение интенсивности. Расчетное значение интенсивности искривления отклонителем в этом случае определяется зависимостью:

$$i = \frac{57,3 \Delta f}{l_n^2},$$

где $\Delta f = R_{скв} - r_n$,

l_n - расстояние от торца долота до нижнего блока твердосплавных вставок на эксцентричном выступе корпуса, м.

Выводы:

1. Система гидравлического ориентирования бурового снаряда позволяет выполнять ориентирование снаряда в пологих, горизонтальных и восстающих скважинах.
2. Выполненные расчеты показывают, что снаряд с гидромеханической системой распора отклоняющих элементов можно применять для бурения криволинейных скважин с обеспечением постоянного радиуса кривизны.
3. Работа снаряда не зависит от изменений осевой нагрузки, передаваемой по колонне бурильных труб, а выдвигание ползуна узла распора происходит без перемещения корпусных элементов бурового снаряда.
4. Для достижения требуемой интенсивности искривления необходимо применять съемные накладки на корпусе отклонителя и обеспечивать постоянный перепад в полости приводной камеры ползуна.

Библиографический список

1. Юшков А. С. Проектирование криволинейных восстающих скважин сложного профиля: реф. карты / А. С. Юшков. - М.: ЦНИЭИуголь, 1979. - 18 с. - Вып.10 (118). - №835. - Деп. в ЦНИЭИуголь, № 1527.
2. Горелкин А. А. Технология направленного бурения горизонтальных скважин станком LHD-15A фирмы «Флетчер» / А. А. Горелкин, И. С. Таран // Краткая инструкция по эксплуатации станка LHD-15A - Донецк: Изд-во. Донбасс, 2008. - 34 с.
3. Разработка бурового инструмента и технологии направленного бурения скважин из подземных горных выработок: отчет по НИР (заключ.): X-74-161 / под рук. А. С. Юшков; исполн.: Н. С. Бабичев, В. Ф. Грязнов, Г. Б. Кабишер, А. Д. Корсаков, В. И. Удовиченко, Н. Т. Филимоненко / ДПИ. - Донецк, 1977. - 172 с.
4. Юшков И. А. Разработка методики профилирования и многофункционального комплекса для бурения подземных направленных скважин / И. А. Юшков, А. Е. Петраков // Породоразрушающий и

- металлообробляючий інструмент – техніка і технологія його виготовлення і застосування: збірник наукових праць. - 2012. - Вип.15. - С. 125-130.
5. Снаряд для направленного бурения: А. с. 744106 СССР, М. Кл². Е 21 В 7/08. / А. С. Юшков, Б. Ф. Головченко, А. Д. Корсаков, О. П. Приходько, В. Г. Рожков, Т. Н. Филимоненко; Донец. политехн. ин-т и Тематическая экспедиция Производственного объединения «Укруглеология» (СССР). - № 2582171/22-03; заявл. 20.02.1978; опубл. 30.06.1980, Бюл. № 24.
6. Нескоромных В. В. Направленное бурение: учебное пособие / В. В. Нескоромных, А. Г. Калинин. – М.: Изд. Центрметнефтегаз, 2008. – 384 с.

Надійшла до редакції 08.10.2012

I. A. Yushkov, A. E. Petrakov

ДВНЗ «Донецький національний технічний університет», Донецьк, Україна

Розробка бурового снаряду для буріння дегазаційних спрямованих свердловин

Стаття присвячена проблемі безпечного проведення підземних гірських робіт, які безпосередньо залежать від ефективності дегазації вугільних пластів. Одним з найбільш надійних способів виконання дегазації є буріння довгих свердловин. У статті розглянуто методику розрахунку профілю криволінійної свердловини, що повстає, пробуреної з підземної гірської виробки. Описана конструкція і принцип дії бурового снаряду з гідромеханічною системою розпору. Снаряд оснащений вбудованим гідравлічним орієнтатором кулькового типу. Даний снаряд призначений для буріння з регульованим радіусом викривлення профілю свердловини. Представлені залежності, що дозволяють визначити величину сили, що відхиляє, і граничні значення інтенсивності викривлення, яка досягається при роботі бурового снаряду.

Ключові слова: дегазаційне буріння, свердловина, що повстає, профіль, радіус викривлення, відхилювач безперервної дії.

I. Yushkov, A. Petrakov

Donetsk National Technical University, Donetsk, Ukraine

Development of a Drilling Tool for Underground Directional Borehole Drilling

The article is devoted to the problem of safety of underground mining works, which depends directly on the efficiency of coal seams degassing. One of the most reliable ways of degassing is long wells drilling. The paper considers the methods of calculating the profile of an upward curvilinear borehole drilled from an underground mining. We describe the design and the mode of functioning of a drilling tool with hydro-mechanical thrust system. The tool has a built-in ball-type hydraulic orientator. This tool is designed for drilling with adjustable radius of the well profile curvature. We present the dependences to find the value of deflecting force and limiting values of the degree of crookedness achieved with the drilling tool.

Key words: underground drilling, upward borehole, profile, curvature radius, continuous action deflector.