

УДК 622.233.05

РАЗВИТИЕ ТЕХНИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ПО СОВЕРШЕНСТВОВАНИЮ ПРОЦЕССОВ БУРЕНИЯ СКВАЖИН СТУПЕНЧАТЫМИ РАСШИРИТЕЛЯМИ ПРЯМОГО ХОДА

Маметьев Л.Е., д.т.н., профессор, Борисов А.Ю. к.т.н., доцент,
Алиткина О.А., аспирант, Нагорнов М.В., студент гр. ГЭС-211, V курс
Кузбасский государственный технический университет
имени Т.Ф. Горбачева, г. Кемерово

В областях горного дела и подземного строительства широко используются машины и технологии для бурения скважин, имеющих различное назначение, параметры, глубину простираения и направление с учетом огромного ассортимента конструктивных схем буровых машин и инструмента.

На кафедре горных машин и комплексов КузГТУ имеется большой потенциал в сфере научно-практического и производственного опыта, позволяющий бурить скважины с различными углами наклона к горизонту при использовании буровых станков и шнекобуровых машин с расширителями как прямого, так и обратного хода.

Следует отметить поэтапное проведение комплексных исследований с расширителями прямого хода.

На первом этапе разработана конструкция расширителя прямого хода с тремя ступенями разрушения пионерной скважины (рис. 1) [1, 2]. Первая ступень оформлена как опережающий забурник, вторая ступень – расширитель с режущим инструментом, а третья ступень – расширитель с дисковым инструментом. Такое конструктивное исполнение расширителя позволяет бурить восстающие скважины от 45° до 90° , обеспечивая свободное истечение разрушенной горной массы благодаря воздействию гравитационных сил.

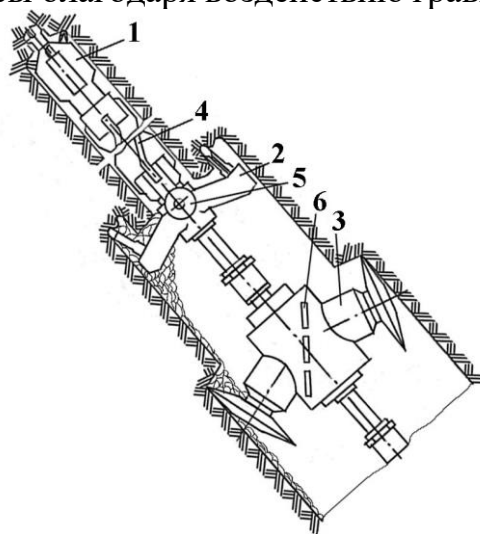


Рис. 1. Компоновка расширителя прямого хода с двумя ступенями

Конструкция расширителя (рис. 1) включает в себя забурник 1, а также двухлучевые ступени: первая резцовая 2 и вторая дисковая 3, обеспечивающие работу резанием, раздавливанием и сколом. Конструкция забурника 1 оформлена как четырехзаходный шнек 4, а резцовая ступень 2 включает роликовые скалыватели 5. При этом корпус дисковой ступени 3 выполнен в виде наружной цилиндрической поверхности с размещенными на ней двухзаходными лопастными спиралями 6 для обеспечения принудительного удаления разрушенного угля с породой из рабочей области дисков. В процессе работы резцовая ступень 2 формирует щелевую форму забоя скважины.

Проведенные лабораторные и шахтные исследования [2] позволили получить результаты с общей оценкой эффективности работы расширителя, учитывающие процессы по разрушению и гравитационному транспортированию продуктов разрушения из крутонаклонных скважин, а также конструктивные особенности резцовой и дисковой ступеней расширителя.

Расположение, а также сочетание режущих и дисковых инструментов на каждой из ступеней расширителя позволяет повысить выход крупных фракций разрушенного горного массива и снизить пылеобразование в процессе бурения скважин.

В исследованиях с одиночными дисковыми шарошками учитывалось условие по их вписываемости в пространство скважины, что определило следующие параметры: диаметр инструмента 0,2 м; угол заострения 35° ; угол установки 20° ; шаг резания 0,055 м. Дисковый инструмент имеет консольное закрепление, а его подшипниковый узел размещен за пределами ступицы, что позволяет получить минимальный угол его установки. К тому же проведенные исследования [3–14] дают возможность обосновать рабочие параметры для конструкций дискового инструмента и элементов его закрепления.

С целью расширения области применения конструкции расширителя (рис. 1) при бурении слабонаклонных и горизонтальных скважин, необходимо дополнительно использовать технические решения, обеспечивающие принудительное транспортирование разрушенного угля с породой в рабочей зоне между двухлучевыми резцовой и дисковой ступенями.

Определено, что в процессе бурения скважин с углами наклона к горизонтальной поверхности до 45° , могут усложняться процессы по гравитационному истечению разрушенной горной массы. Что приводит к частичной, либо полной заштыбовке рабочей зоны скважины с возможным прихватом расширителя. Данное обстоятельство позволяет использовать шнековые устройства, обеспечивающие принудительное транспортирование разрушенной горной массы в рабочей зоне скважин. Тем самым в процессе бурения скважин совмещается работа по разрушению забоя рабочим инструментом и транспортированию горной массы шнековыми устройствами различной конструкции. При этом большая часть мощности до 90 % может затрачиваться на перемещение продуктов бурения, включая трение поверхностей шнековых устройств со стенками буримой скважины.

Рассмотренная конструкция расширителя позволила выявить в нем

недостатки, связанные с заштыбкой как первой резцовой ступени, так и второй дисковой ступени, так как отсутствует принудительное удаление разрушенной горной массы из рабочей зоны бурового инструмента до шнековых устройств.

На втором этапе решаются вопросы, связанные с отмеченными выше недостатками, разработана конструкция бурового става (рис. 2), позволяющая повысить эффективность транспортирования разрушенной горной массы благодаря замещению пустых пространств в конструкции шнековой спирали на определенных участках бурового става, которые не перекрыты шнековыми лопастями [15].

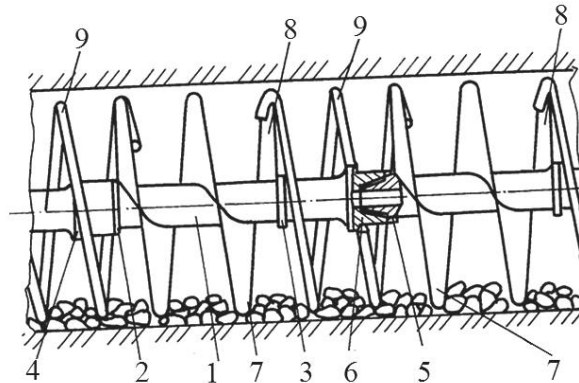


Рис. 2. Компоновка бурового става

Конструкция бурового става включает в себя буровые штанги 1, имеющие бурты 2, 3, 4, резьбовые хвостовики 5 и втулки 6, соединяющие штанги 1 друг с другом, а также шнековые лопасти 7 и 8. При этом шнековые лопасти 8 содержат свободные концы с нерабочими поверхностями, на которых жестко зафиксированы элементы в виде пружинных спиралей 9. Наружная поверхность пружинных спиралей 9 не выступает относительно диаметра по шнековым лопастям. Тем самым пружинные спирали 9 растянуты на участках между шнековыми лопастями.

В процессе бурения шнековые лопасти 7, а также пружинные спирали 9 транспортируют разрушенную горную массу, обеспечивая предотвращение пробкообразования и повышение транспортирующей способности шнекового устройства. При этом механизированная сборка и разборка конструкции бурового става с применением элементов в виде ключа и подхвата, не имеет препятствий при наличии пружинных спиралей 9.

На третьем этапе выявлены положительные стороны устройств (рис. 1, 2) для их генерации при разработке последующего технического решения, повышающего эффективность бурения как слабонаклонных, так и горизонтальных скважин (рис. 3) [16].

Данное техническое решение выполнено в виде расширителя прямого хода и включает в себя забурник 1, двухлучевой расширитель первой ступени 2 с резцами 3 и роликовыми скалывателями 4, шлицевую штангу-проставку 5. На луче ступени 2 имеется жесткое закрепление конца 6 спирали 7, имеющей пружинную винтовую цилиндрическую форму, свободный конец 8 которой

обращен в сторону корпуса 9 второй ступени расширителя. При этом конструкция второй ступени состоит из штанги 10, двухзаходных лопастей 11, а также радиально-наклонных трубчатых лучей 12, на которых размещены дисковые инструменты 13. С обратной стороны корпуса 9 штанга 10 закреплена с пружинно-шнековым буровым ставом 14, включающим пружинную винтовую цилиндрическую спираль 15.

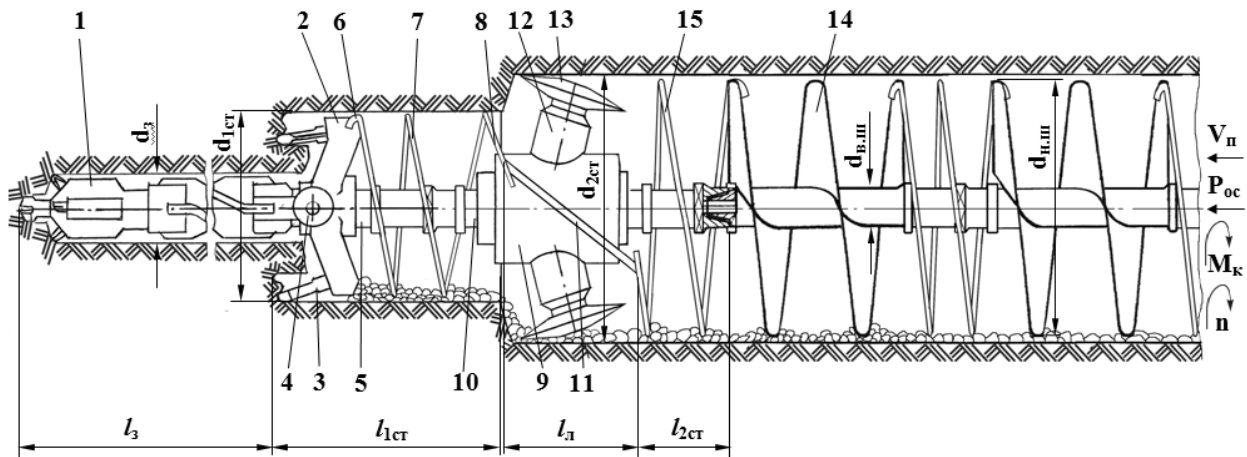


Рис. 3. Компоновка расширителя прямого хода с двумя ступенями и пружинными винтовыми цилиндрическими спиралями

При бурении можно выделить четыре рабочих участка скважины, обеспечивающие процессы транспортирования:

- первый, имеющий длину $l_з$ и диаметр $d_з$ с забурником 1;
- второй, имеющий длину $l_{1ст}$ и диаметр $d_{1ст}$, с пружинной винтовой цилиндрической спиралью 7;
- третий, имеющий длину $l_л$ и диаметр $d_{2ст}$ с лопастями 11;
- четвертый, имеющий длину $l_{2ст}$ и диаметр $d_{2ст}$ с пружинными винтовыми цилиндрическими спиралями 15.

Рассмотренные конструктивные особенности расширителя позволяют ликвидировать эффект с пробкообразованием в процессе транспортирования разрушенной горной массы из рабочих зон ступеней и прихват шнекобурового инструмента, а также обеспечить повышение скорости бурения.

На четвертом этапе определен ряд недостатков устройства (рис. 3):

- при работе первой и второй ступеней отмечена их неуравновешенность, так как их вращение имеет идентичное направление, что влияет на отклонение инструмента по отношению к оси скважины;
- появление эффекта заштыбовки разрушенной породой и углем на поверхности нижней стенки скважины, расположенной до рабочего инструмента каждой из ступеней.

Для решения вопросов, связанных с отмеченными выше недостатками, разработано последующее техническое решение (рис. 4) [17].

Данное техническое решение выполнено в виде расширителя, позиции 1–8 с описанием которого идентичны устройству, представленному на рис. 3. Отличительный признак внесен в конструкцию расширителя по отношению

ко второй ступени (рис. 4, б). Которая состоит из двухлучевого корпуса 9, первой дистанционной штанги 10, двух двухзаходных шнековых винтовых лопастей 11, ограниченные длиной l_n , закрепленные под углом α к продольной оси корпуса 9. При этом на поверхностях лопастей 11 жестко зафиксированы щетки-чистители 12. Конструкция двухлучевого корпуса 9 включает в себя радиально-наклонные лучи 13 (рис. 4, б), на которых размещаются многовенцовые зубчатые шарошки-двигатели 14. Штанга 10 имеет жесткое закрепление с секционным штанговым шнековым буровым ставом 15. В пространстве между конструкциями бурового става 15 и торцом корпуса 9 размещена пружинная винтовая спираль 16, которая жестко закреплена на первом витке 17 бурового става 15. Пружинная винтовая спираль 16 имеет свободный конец 18, между которым и торцами лопастей 11 формируется зазор Δ_2 . Щетки 12 позволяют очищать от разрушенной горной массы пространство скважины, расположенное перед шарошками 14, обеспечивая снижение сопротивления для их перекачивания с обеспечением полноценного контакта с поверхностью в забое скважины.

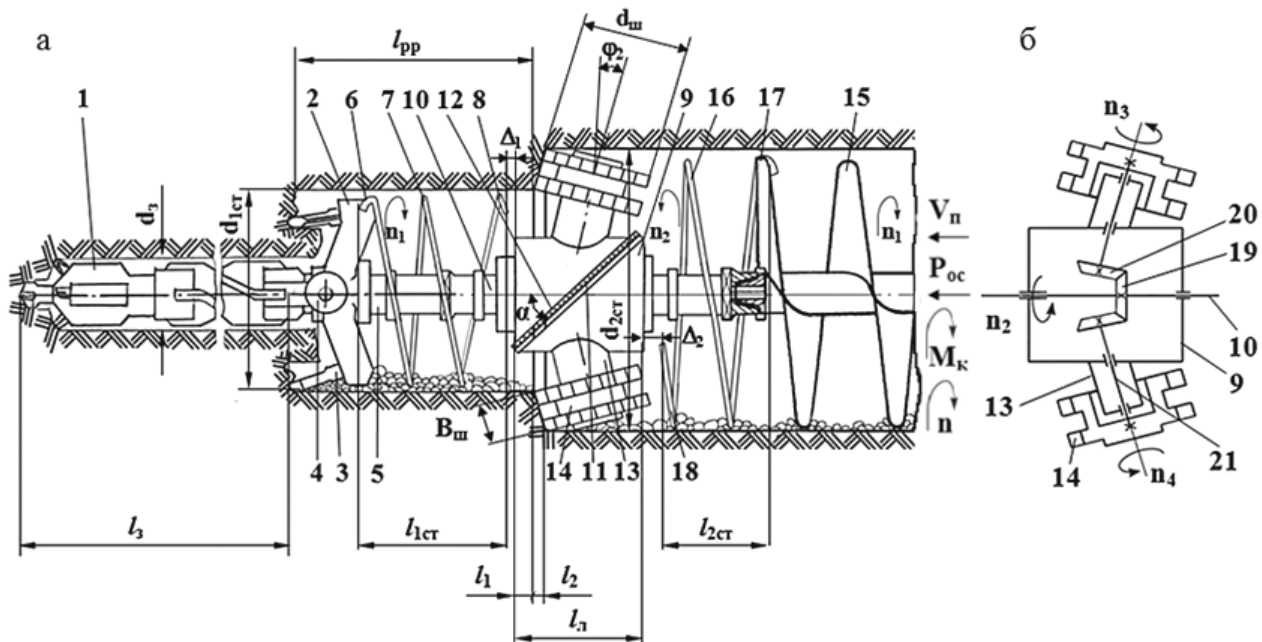


Рис. 4. Компонка расширителя прямого хода с двумя ступенями и шарошками: а – вид общий; б – кинематика второй ступени

Кинематическая схема (рис. 4, б) поясняет уравновешенность по встречному направлению вращения для каждой ступени расширителя при бурении. На конструкции штанги 10 имеется шлицевой участок, на котором обеспечивается жесткое закрепление конической солнечной шестерни 19, входящей в зацепление с коническими зубчатыми колесами-сателлитами 20, закрепленные на валах 21. Свободные торцы валов 21 позволяют размещать на них шарошки 14. При этом шестерня 19 и колеса 20 обеспечивают работу конического двухпоточного лучевого планетарного редуктора с принудительным приводом вращения шарошек 14. Формируются условия с равенством мощно-

стей, которые затрачиваются при вращении каждой из ступеней, для первой – частота вращения n_1 , для второй – частота вращения n_2 .

Шарошки 14 имеют одинаковое вращение с частотами n_3 , n_4 (рис. 4, б), что обеспечивает их перекачивание по поверхности уступа скважины в одном направлении. Что приводит к вращению двухлучевого корпуса 9, разрушается породный уступ с шириной $B_{ш}$, расширяется скважина с диаметра $d_{1ст}$ до диаметра $d_{2ст}$. При этом конструкция двухлучевого корпуса 2 первой ступени и пружинной винтовой спиралью 7 имеют встречное направление вращения по отношению к конструкции двухлучевого корпуса 9 второй ступени (рис. 4, а).

Таким образом, рассмотренная выше конструкция расширителя позволяет повысить направленность при бурении как слабонаклонных, так и горизонтальных скважин благодаря обеспечению условий по равенству мощности, которая затрачивается при встречном вращении каждого из двухлучевых корпусов расширителя: первая ступень вращается с частотой n_1 , а вторая ступень – с частотой n_2 . При этом улучшается процесс очистки от разрушенной породы и угля в призабойном пространстве с двухлучевым корпусом второй ступени расширителя.

Результаты оценки предложенных технических решений создают подходы к изучению механизмов процесса бурения скважин с различными породоразрушающими инструментами и способами удаления продуктов разрушения в рабочих зонах ступеней расширителей как прямого, так и обратного хода.

Список литературы:

1. Машины и инструмент для бурения скважин на угольных шахтах / М.С. Сафохин [и др.]. – М.: Недра, 1985. – 213 с.
2. Цехин, А.М. Исследование и выбор схем разрушения и режущего инструмента расширителей буро-сбоечных машин для бурения скважин в условиях шахт Кузбасса: дис. ...канд. техн. наук. – Кемерово, 1974. – 169 с.
3. Маметьев, Л.Е. Улучшение процессов монтажа и демонтажа узлов крепления дискового инструмента на коронках проходческих комбайнов / Л.Е. Маметьев, А.Ю. Борисов // Вестник Кузбасского государственного технического университета. – 2014. – № 4. – С. 23–26.
4. Хорешок, А.А. Адаптация узлов крепления дискового инструмента исполнительных органов проходческих комбайнов к монтажу и демонтажу / А.А. Хорешок, Л.Е. Маметьев, А.М. Цехин, А.Ю. Борисов // Горное оборудование и электромеханика. – 2014. – № 7. – С. 3–8.
5. Маметьев Л.Е. Совершенствование конструкций узлов крепления дискового инструмента на коронках проходческих комбайнов / Л.Е. Маметьев, А.А. Хорешок, А.Ю. Борисов, А.В. Воробьев // Вестник Кузбасского государственного технического университета. – 2014. – № 1. – С. 3–5.
6. Хорешок, А.А. Распределение напряжений в узлах крепления дискового инструмента на коронках проходческих комбайнов / А.А. Хорешок, Л.Е. Маметьев, В.В. Кузнецов, А.Ю. Борисов, А.В. Воробьев //

Вестник Кузбасского государственного технического университета. – 2012. – № 6. – С. 34–40.

7. Хорешок, А.А. Опыт эксплуатации рабочего инструмента исполнительных органов горных машин на шахтах Кузбасса / А.А. Хорешок, А.М. Цехин, В.В. Кузнецов, А.Ю. Борисов, П.Д. Крестовоздвиженский // Горное оборудование и электромеханика. – 2011. – № 4. – С. 8–11.

8. Маметьев, Л.Е. Направление повышения зарубежной способности исполнительных органов проходческих комбайнов с аксиальными коронками / Л.Е. Маметьев, А.А. Хорешок, А.Ю. Борисов // Вестник Кузбасского государственного технического университета. – 2014. – № 5. – С. 21–24.

9. Маметьев, Л.Е. Разработка устройства пылеподавления для реверсивных коронок проходческих комбайнов / Л.Е. Маметьев, А.А. Хорешок, А.М. Цехин, А.Ю. Борисов // Вестник Кузбасского государственного технического университета. – 2014. – № 3. – С. 17–21.

10. Хорешок А.А. Устройства для улучшения процессов зарубки исполнительных органов проходческих комбайнов избирательного действия / А.А. Хорешок, Л.Е. Маметьев, А.М. Цехин, А.Ю. Борисов // Горное оборудование и электромеханика. – 2014. – № 4. – С. 11–16.

11. Маметьев Л.Е. Тенденции формирования парка проходческих комбайнов на шахтах Кузбасса / Л.Е. Маметьев, А.М. Цехин, А.Ю. Борисов // Вестник Кузбасского государственного технического университета. – 2013. – № 2. – С. 14–16.

12. Хорешок А.А. Разработка реверсивных коронок для проходческих комбайнов с дисковым инструментом на сменных трехгранных призмах / А.А. Хорешок, Л.Е. Маметьев, А.Ю. Борисов, С.Г. Мухортиков, А.В. Воробьев // Горное оборудование и электромеханика. – 2013. – № 9. – С. 40–44.

13. Нестеров, В.И. Исполнительный орган проходческого комбайна для совмещения процессов разрушения забоя с дроблением негабаритов и погрузкой горной массы / В.И. Нестеров, Л.Е. Маметьев, А.А. Хорешок, А.Ю. Борисов // Вестник Кузбасского государственного технического университета. – 2012. – № 3. – С. 112–117.

14. Khoreshok A.A., Mametyev L.E., Borisov A.Yu., Vorobyev A.V. Influence of the rigid connection between discs in the tetrahedral prisms on equivalent stresses when cutting work faces. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2016. V. 127. p. 012039.

15 Буровой став для машин горизонтального и наклонного бурения : пат. 2026977 РФ : МПК(6) E21C 1/00 / Сафохин М.С., Маметьев Л.Е., Ившин В.А., Ерин О.И., Скорняков Н.М., Ананьев А.Н. ; заявитель Кузбас. политехн. ин-т. – № 5027428/03 ; заявл. 05.07.91 ; опубл. 20.01.95. – 3 с.

16. Инструмент для шнекового бурения горизонтальных и слабонаклонных скважин : пат. 182774 РФ на полезную модель: МПК E 21 B 7/04 (2006.01), E 21 B 7/28 (2006.01), E 21 B 7/30 (2006.01), E 02 F 5/18 (2006.01) / Маметьев Л.Е., Цехин А.М., Хорешок А.А., Борисов А.Ю. ; патентообладатель Федер. гос. бюджет. образоват. учреждение высш.

образования «Кузбас. гос. техн. ун-т им. Т. Ф. Горбачева» (КузГТУ). – № 2018117039 ; заявл. 07.05.2018 ; опубл. 31.08.2018, Бюл. № 25.

17. Инструмент для шнекового бурения горизонтальных и слабонаклонных скважин : пат. 188154 РФ на полезную модель: МПК Е 21 В 7/04 (2006.01), Е 21 В 7/28 (2006.01), Е 21 В 7/30 (2006.01), Е 02 F 5/18 (2006.01) / Маметьев Л.Е, Цехин А.М., Хорешок А.А., Борисов А.Ю. ; патентообладатель Федер. гос. бюджет. образоват. учреждение высш. образования «Кузбас. гос. техн. ун-т им. Т. Ф. Горбачева» (КузГТУ). – № 2019100391 ; заявл. 09.01.2019 ; опубл. 01.04.2019, Бюл. № 10.