

## Научная статья

УДК 622.232.83.054.52 + 622.233.05

DOI: 10.26730/1999-4125-2022-6-84-95

## СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ И ТЕХНИКИ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПОДЗЕМНЫХ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК И БУРЕНИЯ СКВАЖИН

Хорешок Алексей Алексеевич, Маметьев Леонид Евгеньевич,  
Цехин Александр Михайлович, Борисов Андрей Юрьевич

Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева

для корреспонденции: mle.gmk@kuzstu.ru

**Информация о статье**

Поступила:

01 ноября 2022 г.

Одобрена после

рецензирования:

16 декабря 2022 г.

Принята к публикации:

20 декабря 2022 г.

**Ключевые слова:**

технология проходки,  
технология бурения,  
проходческий комбайн,  
дисковый инструмент,  
призма, буровой станок,  
расширитель, буровой став,  
штанга-проставка, фонарь,  
форсунка, орошение,  
скважина, бурошнековая  
машина.

**Аннотация.**

Разработаны варианты конструкций многогранных призм с узлами крепления дисковых и резцовых инструментов для исполнительных органов выемочно-проходческих горных машин, позволяющие оценить и выбрать конструкцию с минимальным напряженно-деформированным состоянием для дальнейшего ее совершенствования и применения.

Конструктивные особенности устройства для забуривания двухкорончатого исполнительного органа с дисковым инструментом позволяют обеспечить повышение эффективности процесса забуривания и темпов проведения горных выработок, так как радиальные коронки могут быть расположены под разными углами наклона к горизонту, обеспечивая выбор местоположения при забуривании и формируя минимальную энергоемкость при разрушении целиков в угольном пласте с использованием многолучевых параллельно-осевых буровых коронок. При этом сокращается время на монтажно-демонтажные операции с конструкцией многолучевых съемных параллельно-осевых буровых коронок из-за незначительных габаритов и полезной площади для их размещения в призабойном пространстве.

Представлен ряд инновационных технических решений по расширителям обратного хода для бурения восстающих скважин, а именно по совершенствованию системы пылегашения, упрощению монтажно-демонтажных работ, уменьшению радиального биения, улучшению продуктов истечения и защите от заштыбовки узлов крепления дискового инструмента.

Предложено техническое решение для увеличения скорости бурения горизонтальных и слабонаклонных скважин бурошнековой машиной за счет повышения эффективности позиционирования гидродомкратов подачи при их настройке на холостой или рабочий ход.

**Для цитирования:** Хорешок А.А., Маметьев Л.Е., Цехин А.М., Борисов А.Ю. Совершенствование технологий и техники для проведения подземных горных выработок и бурения скважин // Вестник Кузбасского государственного технического университета. 2022. № 6 (154). С. 84-95. doi: 10.26730/1999-4125-2022-6-84-95

В настоящее время в мировой практике горного дела подземного и наземного строительства для оснащения исполнительных органов выемочных, проходческих и буровых машин широко используются различные породоразрушающие инструменты, включая дисковые [1–4].

Для Кузбасса остаются актуальными проблемы создания расширителей для бурения восстающих скважин [5–7].

Особый интерес и потребность в различных отраслях промышленности представляет реализация процессов бурения горизонтальных и наклонно-направленных скважин [8–12].

Кафедра горных машин и комплексов является одной из основополагающих и старейших в КузГТУ им. Т.Ф. Горбачева, берет свое начало в становлении и профессиональном развитии с 1953 года. На протяжении многих лет развития на кафедре ведется научно-техническая работа при сотрудничестве с ведущими машиностроительными и угледобывающими предприятиями Кузбасса и России, направленная на разработку, проектирование, совершенствование, изготовление, испытание узлов и механизмов горных машин для подземных и открытых горных работ. В том числе следует отметить научную работу, проводимую на кафедре в рамках выполнения базовой части государственного задания Минобрнауки России по проекту № 632 «Исследование параметров технологий и техники для выбора и разработки инновационных технических решений по повышению эффективности эксплуатации выемочно-проходческих горных машин в Кузбассе». Данная научная работа является базовым звеном в продолжении научно-технических исследований по совершенствованию технологий и техники для проведения подземных горных выработок и бурения скважин, включающих четыре направления по разработке устройств и элементов для:

- узлов крепления дисковых инструментов исполнительных органов выемочно-проходческих горных машин;
- забуривания реверсивных исполнительных органов проходческих комбайнов избирательного действия;
- расширителей восстающих скважин обратного хода;
- бурошнековых машин горизонтального и слабонаклонного бурения.

По первому направлению разработаны варианты конструкций исполнительных органов с дисковым и резцовым инструментами на многогранных призмах, базирующиеся на технических решениях по патентам РФ 2455486, 128898, 134586, 136086, 138704, 141339, 146845, 149617, 152701, 183759, 187566, 189654. Данные исследования позволили разработать конструкции узлов крепления дисковых инструментов к многогранным призмам, оценить их напряженно-деформированное состояние. При этом проведена оценка нагруженности двухкорончатых стреловидных исполнительных органов с дисковыми инструментами и обоснованы параметры устойчивости стреловидных проходческих комбайнов с дисковым инструментом [13].

Второе направление включает исследование по повышению эффективности забуривания реверсивных стреловидных исполнительных органов с дисковым инструментом, выполненное в два этапа и реализованное в патентах РФ 201219, 2689455 [13].

На первом этапе разработано техническое решение в виде способа и устройства для забуривания однокорончатого исполнительного органа проходческого комбайна избирательного действия с дисковым инструментом (патент РФ 2689455). Это инновационное техническое решение позволяет повысить эффективность процесса забуривания опережающей скважины, снизить энергоемкость процессов разрушения забойного массива и запыленность рабочего пространства, повысить темпы и направленность проведения горных выработок.

Сущность изобретения раскрыта на рис. 1–4 и содержит проходческий комбайн 1, включающий стрелу 2 и рабочий орган в виде реверсивной радиальной коронки 3. При этом коронка 3 оснащена трехгранными призмами с дисковыми инструментами 4, а также патроном 5 для бурового замка, размещенным в торцевой части основания малого диаметра коронки 3. Кроме того, в состав проходческого комбайна 1 входит питатель 6, ходовая часть 7 и ауригеры 8. Вместе с тем техническое решение базируется на использовании проходного опорного центратора 9 (рис. 1), выполненного по форме цилиндра. Со стороны забоя располагается первая часть опорного центратора 9, имеющая наружную цилиндрическую поверхность, что позволяет обеспечить ее центрирование внутри устья опережающей скважины 10. За первой частью расположена вторая, оформленная четырьмя вертикальными гнездами с размещенными в них попарно гидростойками 11 для распора в кровлю и почву горной выработки. Третья часть включает откидной ключ с подхватом для монтажно-демонтажных операций каждой секции шнекобурового инструмента.

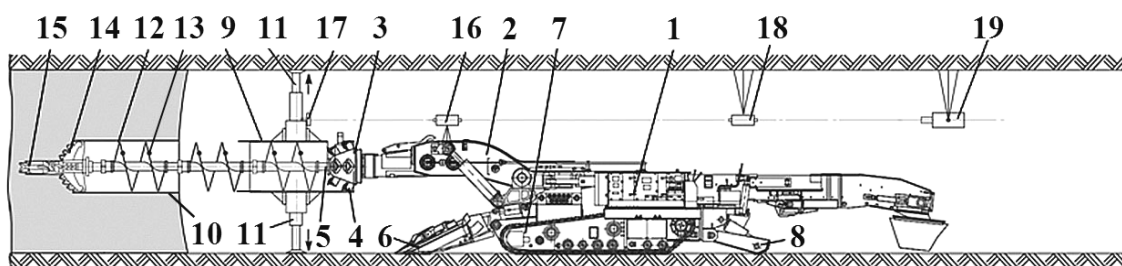


Рис. 1. Начальный этап забуривания шнекобурового инструмента

Fig. 1. The initial stage of the auger tool drilling in

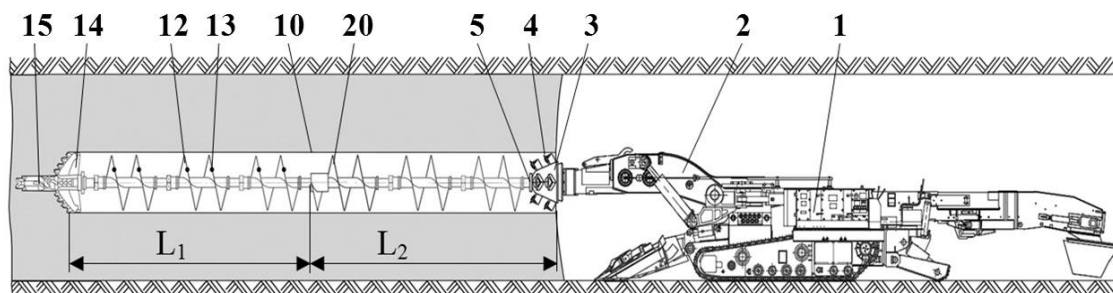


Рис. 2. Формирование полной длины опережающей скважины

Fig. 2. Formation of the full length of the leading well

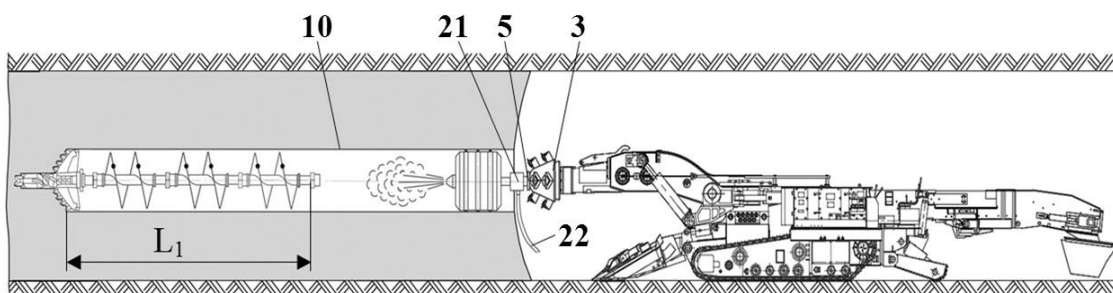


Рис. 3 Процесс герметизации устья опережающей скважины с последующим нагнетанием воды

Fig. 3 The process of sealing the mouth of the leading well with subsequent injection of water

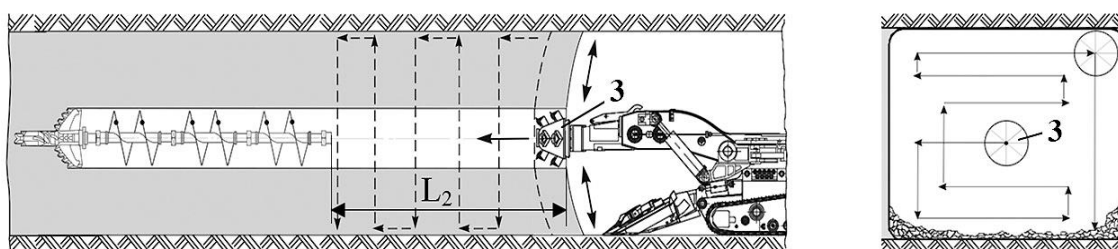


Рис. 4 Процесс многоциклового разрушения забойного массива

Fig. 4 The process of multi-cycle destruction of the bottom-hole array

В проходном опорном центраторе 9 (рис. 1) имеется внутреннее пространство для обеспечения опоры, центрирования и свободного перемещения размещенного в нем шнекобурового инструмента. Первая часть опорного центратора 9 все время располагается внутри опережающей скважины 10. При этом шнекобуровой инструмент представляет собой комплект соединенных друг с другом секционных шнековых буровых штанг 12 с резцами 13 и буровой коронки 14 с забурником 15. Кроме того, на корпусе стрелы 2 закреплена конструкция из двухлучевого лазерного лучеобразователя 16, из которого лучи направляются как в сторону передней временной мишени 17, так и в сторону мишени 18, затем к мишени-прицелу 19, обеспечивая контроль за соосностью между шнекобуровым инструментом и осью опережающей

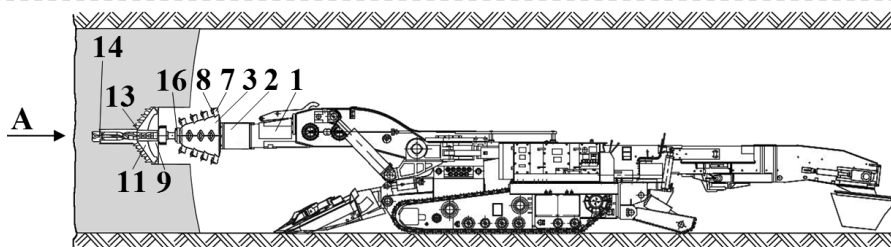


Рис. 5. Устройство для забуривания двухкорончатого исполнительного органа с дисковым инструментом

Fig. 5. The device for boring in a two-crowned executive body with a disk tool

скважины 10, а также осью стрелы 2 с коронкой 3.

Шнекобуровой инструмент состоит из двух частей (рис. 2). Первая часть имеет длину  $L_1$  и постоянно оставляется в опережающей скважине 10. При этом вторая часть длиной  $L_2$  выполнена в виде секционной извлекаемой штанги-проставки 20, содержащей комплект шнековых буровых штанг, при этом последняя штанга закреплена на патроне 5 со стороны малого основания коронки 3.

После формирования опережающей скважины 10 длиной  $L_1 + L_2$  (рис. 2) извлекают штангу-проставку 20, и в освободившемся устье (рис. 3) опережающей скважины 10 размещается штанга-герметизатор 21 с фиксацией к патрону 5 коронки 3. Далее в опережающую скважину 10 под давлением подается вода при использовании водоподводящего устройства 22. Через определенное время осуществляют разгерметизацию скважины 10 за счет изъятия штанги-герметизатора 21 и водоподводящего устройства 22. Затем проводится разрушение горной выработки коронкой 3 (рис. 4) на длине  $L_2$  при перемещении ее в направлении по горизонтали и вертикали последовательным формированием нужной формы и размера поперечного сечения, приближаясь на завершающем этапе к торцу шнекобурового инструмента первой части. Из нового исходного положения проводятся последующие циклы бурения опережающей скважины с многоцикловым процессом разрушения забоя горной выработки. На заключительном этапе дорабатывается разрушаемое пространство выработки.

Следует отметить и определенные сложности, связанные с реализацией данного технического решения: необходимость строго выдерживать параллельность оси пробуриваемой опережающей скважины с учетом угла падения угольного пласта; непроизводительные временные затраты на технологический процесс бурения при учете проведения операций по наращиванию, сборке и разборке, а также складированию отделяемых частей шнекобурового инструмента, на что требуется передвижка проходческого комбайна.

Преимущества этого технического решения заключаются в исключении коронки стрелы с дисковым инструментом из процесса забуривания и боковой зарубки, снижении энергоемкости процесса разрушения основного проходческого забоя поперечным движением коронки. Кроме того, снижается запыленность рабочего пространства за счет нагнетания в загерметизированную скважину воды под давлением. В целом это обеспечивает увеличение темпов и направленность проводимых горных выработок.

На втором этапе разработано техническое решение в виде устройства для забуривания двухкорончатого исполнительного органа проходческого комбайна избирательного действия с дисковым инструментом (патент РФ 201219). Предлагаемое техническое решение позволяет повысить эффективность процесса забуривания и темпы проведения проходки горных выработок.

Данное техническое решение (рис. 5–7) состоит из телескопической раздвижной стрелы 1, раздаточного редуктора 2, параллельно-осевых радиальных коронок левой 3 и правой 4. При этом коронки 3, 4 оформлены в виде корпусов, ограниченных малым 5 и большим 6 основаниями (рис. 7). К тому же наружные поверхности корпусов коронок 3 и 4 содержат трехгранные призмы 7 с дисковыми инструментами 8, обеспечивая реверсивное вращение с перекрытием траекторий их противоположного движения. Коронки 3 и 4 имеют соосное закрепление к многолучевым параллельно-осевым буровым коронкам левой 9 и правой 10 (рис. 6), имеющим на вооружении радиальные лучи левые 11 и правые 12 с режущими инструментами 13 и двумя забурниками 14 и 15. На радиальных коронках 3 и 4 со стороны их меньших оснований 5 закреплены патроны

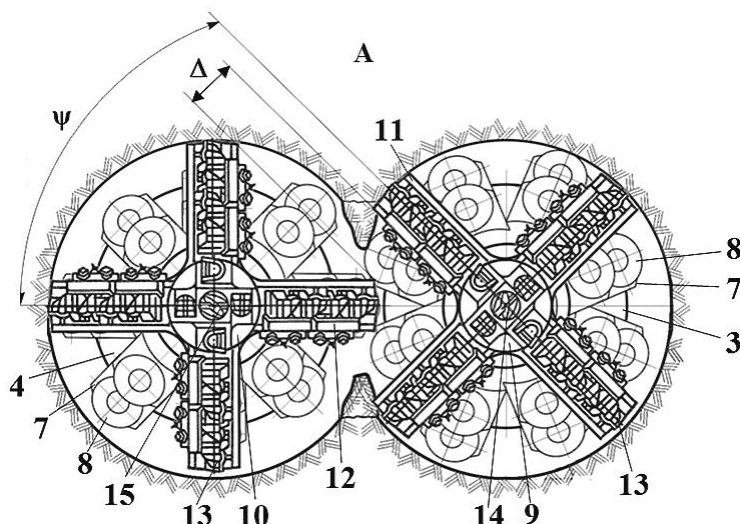


Рис. 6. Многолучевые параллельно-осевые буровые коронки  
Fig. 6. The multipath parallel-axial drill bits

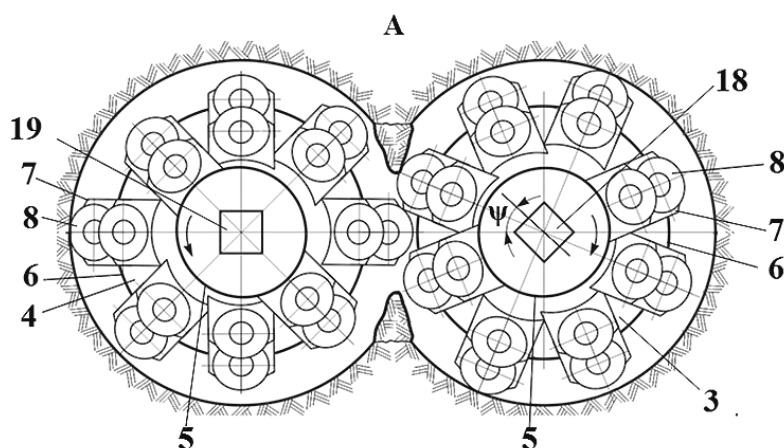


Рис. 7. Радиальные реверсивные коронки с дисковым инструментом  
Fig. 7. The radial reversible crowns with a disc tool

левый 16 и правый 17 (рис. 5).

При этом конструкция левого патрона 16 состоит из левого внутреннего многогранного гнезда 18 (рис. 7) и левого байонетного замка, а конструкция правого патрона 17 состоит из правого внутреннего многогранного гнезда 19 (рис. 7) и правого байонетного замка. Гнезда 18 и 19 обладают направляющими и ориентирующими поверхностями с радиальными осями симметрии, которые имеют смещение на угол секторный  $\psi$  (рис. 7) по отношению друг к другу на двух коронках 3, 4, имеющих кинематическую связь. За счет этого радиальные лучи 11, 12 (рис. 6) с режущими инструментами 13, закрепленные на буровых коронках 9, 10, находятся в бесконтактном положении, обеспечивая их вращение во взаимно противоположные направления. К тому же формируется зона с бесконтактным пересечением траекторий их движения, в которой радиальный луч 12 (рис. 6) размещается в образовавшейся впадине между двумя смежными лучами 11, обеспечивая воздушный боковой зазор  $\Delta$ .

Рассмотренные конструктивные особенности технического решения (рис. 5–7) позволяют обеспечить повышение эффективности процесса забуривания и темпов проведения горных выработок. Это реализуется за счет того, что радиальные коронки могут быть расположены под разными углами наклона к горизонту, обеспечивая выбор местоположения при забуривании, формируя минимальную энергоемкость при разрушении целиков в угольном пласте с использованием многолучевых параллельно-осевых буровых коронок. При этом сокращается время при монтаже и демонтаже с конструкцией многолучевых съемных параллельно-осевых буровых коронок из-за незначительных габаритов и полезной площади для их размещения в

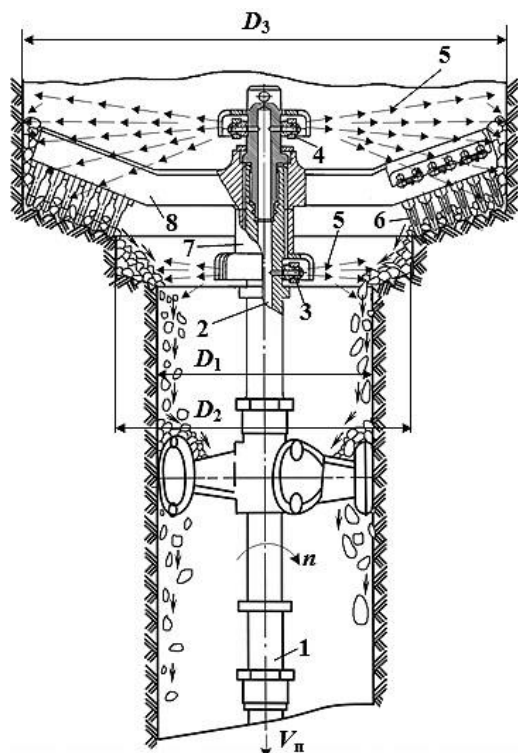


Рис. 8. Расширитель обратного хода  
PP-1070 с форсунками на верхнем ярусе  
Fig. 8. The reverse flow reamer  
RR-1070 with nozzles on the upper tier

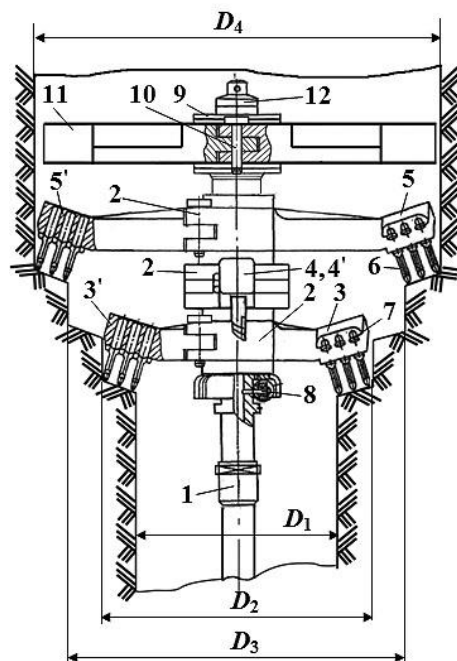


Рис. 9. Расширитель обратного хода  
PP-1200 с двухлучевым опорно-направляющим  
фонарем  
Fig. 9. The reverse flow reamer RR-1200 with a  
two-beam support-guide balancer

призобойном пространстве.

Третье направление включает обоснование и разработку устройств для бурения восстающих скважин расширителями обратного хода, которые защищены патентами РФ 190758, 199828, 204712, 160664 (рис. 8–11) [14, 15].

Техническое решение по патенту РФ 190758 (рис. 8) позволит повысить эффективность подавления пыли при бурении восстающих скважин расширителем обратного хода и улучшить процесс гравитационного истечения разрушенных продуктов из забоя ступенчатой формы, образуемого диаметрами  $D_3$ ,  $D_2$  в виде расширенной камеры, в сторону пионерной скважины диаметром  $D_1$  с последующим выходом через ее устье в зону размещения бурового станка. Для совмещения процессов ступенчатого разрушения породы забоя при расширении пилот-скважины с пылегашением и разжижением продуктов разрушения поток жидкости под давлением подается через полый секционный буровой став 1 по внутреннему сквозному каналу 2 к форсункам 3 внутри защитного кожуха нижнего яруса орошения и одновременно к форсункам 4 внутри защитного кожуха верхнего яруса орошения. При этом формируются струевые факелы 5 пылеподавляющей жидкости, охватывающие зону работы режущего породоразрушающего инструмента 6 соответственно под первой 7 и над последней 8 ступенях многолучевого корпуса расширителя.

В патентах РФ 199828, 204712 (рис. 9, 10) решена задача по упрощению проведения монтажно-демонтажных мероприятий и повышению безопасности при забурировании расширителя обратного хода на уровне верхнего штрека, а также операций по демонтажу в стесненных условиях нижнего штрека, когда расширитель обратного хода выходит из устья разбуренной восстающей скважины. Конструкция расширителей (рис. 9, 10) включает штангу-проставку 1, замковые разъемные соединения 2 с двухлучевыми полукорпусами-лучами 3 и 3' на первой, 4 и 4' на второй, 5 и 5' на третьей ступенях. Каждая ступень оснащена резцами 6 с фиксаторами 7. При этом в нижней части штанги-проставки 1 жестко закреплены форсунки орошения 8, а в верхней части установлен корпус-стакан 9, на котором при помощи замкового разъемного соединения 10 закреплен опорно-направляющий фонарь 11, фиксируемый сверху винтом 12. Кроме того, конструкция расширителя обратного хода на рис. 9 содержит

двухлучевой опорно-направляющий фонарь, а на рис. 10 – трехлучевой. Вместе с этим техническое решение по патенту РФ 204712 (рис. 10) обеспечивает повышение устойчивости опорно-направляющего фонаря 11 за счет наличия в конструкции трех опорных лыж, контактирующих со стенками скважины, и уменьшения радиального биения расширителя в процессе бурения восстающей скважины, что позволит обеспечить сокращение продолжительности, трудоемкости операций по монтажу и демонтажу, а также повысить эксплуатационную скорость при бурении восстающих скважин.

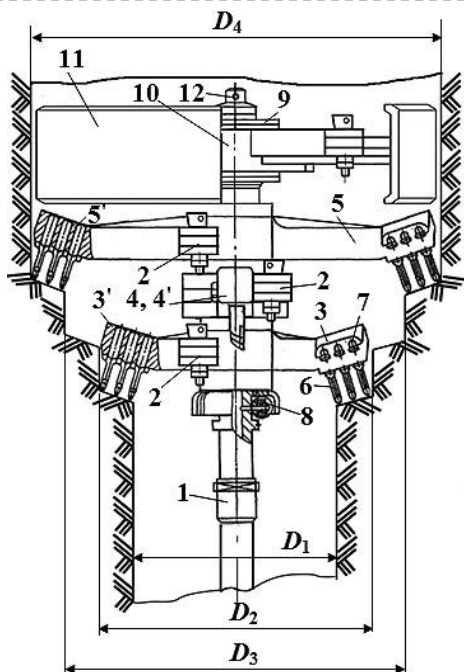


Рис. 10. Расширитель обратного хода  
PP-1200 с трехлучевым опорно-  
направляющим фонарем  
Fig. 10. The reverse flow reamer  
RR-1200 with a three-beam support-guide  
balancer

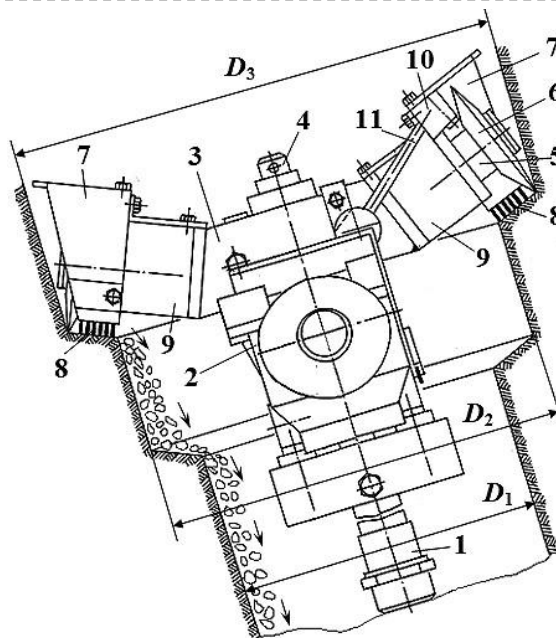


Рис. 11. Расширитель обратного хода  
РД-1200 с дисковым инструментом  
Fig. 11. The reverse flow reamer  
RD-1200 with a disk tool

В расширителе обратного хода по патенту РФ 160664 (рис. 11) обеспечивается повышение эффективности подавления пыли, удаление разрушенных продуктов с уступов в ступенчатом забое скважины, защита от заштыбовки каждого узла крепления дискового инструмента, упрощение операций по монтажу и демонтажу в процессе разбуривания восстающих скважин.

Конструкция расширителя состоит из приводного вала 1, корпусов-лучей нижних 2 и верхних 3, зафиксированных винтом 4, осей, включающих подшипниковые узлы крепления 5, дисковых инструментов 6, отражательных щитков 7, гибких металлических щеток 8, четырехгранных коробов-призм 9. Над дисковыми инструментами 6 размещены форсунки 10, полости которых соединены с гидроразводкой через патрубки 11. При этом каждая форсунка 10 формирует факел с пылеподавляющей жидкостью, охватывая и охлаждая режущую кромку дискового инструмента 6. Отражательный щиток 7 имеет поверхность, которая является частью поверхности короба-призмы 9, что формирует перед диском 6 индивидуальную погрузочную лопасть, которая направлена в сторону вращения расширителя. При силовом взаимодействии дисковых инструментов 6 с поверхностями разрушаемого забоя образуются продукты разрушения, которые высыпаются вниз со стороны лежащей стенки скважины.

Комплект разработанных технических решений (рис. 8–11) позволит реализовать:

- рекомендации по направлению совершенствования системы пылегазления при бурении восстающих скважин с улучшением процесса гравитационного истечения разрушенных продуктов из забоя ступенчатой формы в сторону пионерной скважины до перегрузочного устройства бурового станка;

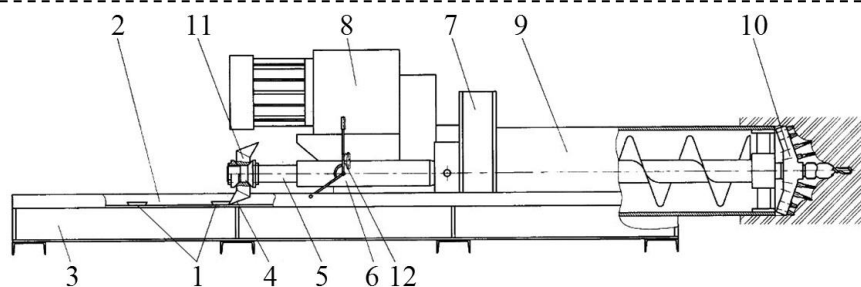


Рис. 12. Механизм подачи бурошнековой установки  
Fig. 12. The auger feed mechanism

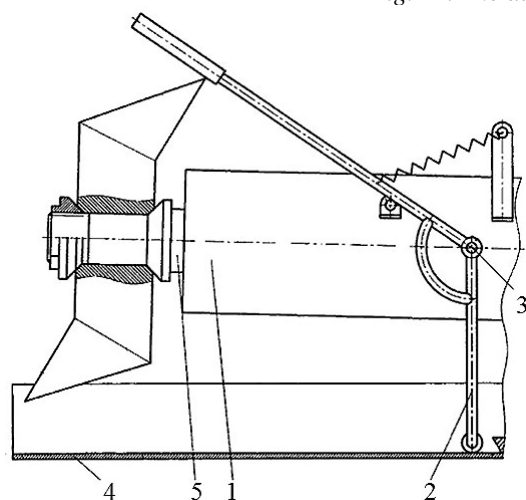


Рис. 13. Подъемно-опускающее устройство при холостом ходе гидродомкрата  
Fig. 13. The lifting and lowering device at the idle stroke of hydraulic jack

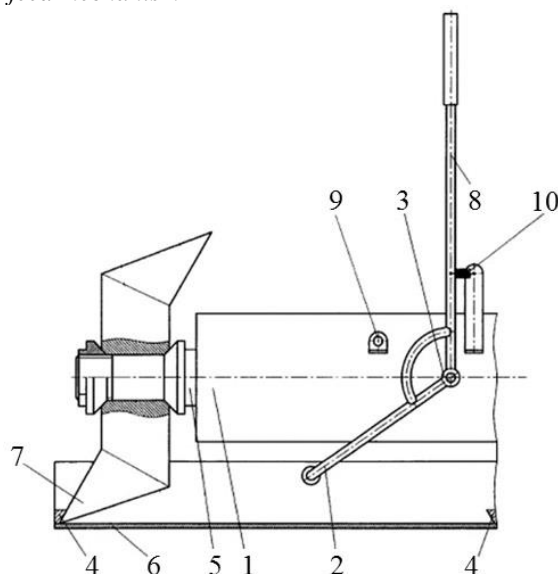


Рис. 14. Подъемно-опускающее устройство при рабочем ходе гидродомкрата  
Fig. 14. The lifting and lowering device during the working stroke of the hydraulic jack

- упрощение процесса монтажа расширителя обратного хода при забурировании на уровне верхнего штрека, а также операций по демонтажу в условиях стесненного пространства устья скважины на уровне нижнего штрека;

- повышение устойчивости и уменьшения радиального биения расширителя с трехлучевым опорно-направляющим фонарем и сокращение продолжительности, трудоемкости операций по монтажу и демонтажу, а также увеличение эксплуатационной скорости при бурении восстающих скважин;

- защиту от заштыбовки узлов крепления дискового инструмента.

Четвертое направление охватывает разработку устройств для бурения горизонтальных и слабонаклонных скважин бурошнековыми машинами (патенты РФ 185552, 190838, 198342) [14].

В рамках патента РФ 185552 (рис. 12–14) предложено оборудование для бурения горизонтальных и слабонаклонных скважин с креплением их стенок трубчатым кожухом, областью применения которого являются процессы бестраншейной прокладки продуктопроводов, канализации, кабелей под водными и земляными преградами, транспортными магистралями, природоохранными зонами.

Механизм подачи бурошнековой установки для бестраншейной прокладки трубопроводов (рис. 12) включает неподвижные упоры 1 двухстороннего действия, зафиксированные в верхних пазах горизонтальных направляющих балок 2 модульной составной рамы 3 с возможностью взаимного замкового зацепления с поверхностями подвижных упоров 4 двухстороннего действия, жестко прикрепленных к штокам 5 гидродомкратов 6 подачи. Механизм подачи бурошнековой установки включает каретку 7, вращатель 8, секционную обсадную трубу 9 и расширитель прямого хода 10. Каждый подвижный упор 4 кинематически сопряжен с



самонастраивающимся на всю длину прямого или обратного шаговых ходов подъемно-опускающимся устройством. На штоке 5 гидродомкрата 6 подачи жестко закреплена вертикальная упорная стойка 11, выполненная в виде двухлучевой призмы с размещенными на торцах противоположно направленными подвижными упорами 4, обеспечивающими поочередное замковое зацепление с любой из сторон неподвижных упоров 1 направляющих балок 2. Механизм подъема и опускания обеспечивает выход или вход в замковое зацепление подвижных упоров 4 с неподвижными упорами 1 направляющих балок 2 с помощью гибкой связи 12, один конец которой шарнирно прикреплен к верхней части каретки 7, другой – к корпусу гидродомкрата 6 подачи. Винтовое устройство позволяет изменять длину гибкой связи 12.

При холостом ходе гидродомкрата 1 (рис. 13) короткое плечо 2 поворотного в вертикальной плоскости изогнутого рычага 3 находится в зазоре между цилиндром гидродомкрата 1 подачи и верхней поверхностью направляющей балки 4. В этом положении нет препятствия перемещению ролика короткого плеча 2 по поверхности направляющей балки 4, сокращению или выдвиганию штока 5.

При рабочем ходе гидродомкрата 1 (рис. 14) короткое плечо 2 с роликом поворотного в вертикальной плоскости изогнутого рычага 3 находится в зазоре между цилиндром 1 и верхней поверхностью неподвижных упоров 4. В этом положении подвижный упор 7 находится в постоянном силовом контакте с неподвижным упором 4 направляющей балки 6, обеспечивая замковое зацепление с его клиновыми сторонами. Это позволяет сформировать при выдвигании штока 5 усилие подачи каретки. Клиновья форма подвижного упора 7 обеспечивает преодоление сил трения и возможность движения вперед на полную длину циклического прямого шагового хода. Ход штока 5 гидродомкрата подачи 1 (рис. 14) в  $1,1 \div 1,2$  раза больше шага параллельно закрепленных в балке 6 неподвижных упоров 4. Переключение с холостого на рабочий ход обеспечивается тем, что длинное управляющее плечо 8 снабжено механизмом автоматического возврата в виде кронштейна 9 и пружины растяжения 10, зафиксированных на цилиндре 1 гидродомкрата подачи.

Технический результат, на достижение которого направлено предлагаемое техническое решение – увеличение скорости бурения горизонтальной скважины за счет повышения эффективности позиционирования гидродомкратов подачи при их настройке на холостой или рабочий ход.

Таким образом, представленные технологические и технические решения по четырем направлениям позволяют выявить и обобщить их достоинства, сформировать область их применения, а также спрогнозировать новые научные подходы по дальнейшему выбору и разработке инновационных технических решений для совершенствования процессов проведения подземных горных выработок и бурения скважин.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ганжа В. А., Безбородов Ю. Н., Ковалевич П. В., Рябинин А. А. Влияние скорости резания на силовые и энергетические показатели процесса разрушения льда дисковым режущим инструментом // Вестник Кузбасского государственного технического университета. 2013. № 6. С. 105–110.
2. K. Yang [et al.] Studies on rock-breaking of positive disc cutter and edge disc cutter. Applied mechanics and materials. 2014. Vol. 508. Pp. 159-164.
3. A. N. Zhang [et al.] The finite element simulation of disc cutter of different diameter breaking rock. Advanced materials research. 2013. Vol. 791–793. Pp. 742-745.
4. Zhang Y., Wang X. W., Liu H. F. Numerical simulation of rock-breaking process by disc cutter in tunnel boring machine. Applied mechanics and materials. 2014. Vol. 487. Pp. 513-516.
5. Расширитель для бурения скважин большого диаметра обратного хода : патент 158803 РФ на полезную модель: МПК E21B 10/26 (2006.01) / Кабашов А. А., Кабашов С. А.; патентообладатели Кабашов А. А., Кабашов С. А. № 2015137605/05; заявл. 03.09.2015; опубл. 20.01.2016, Бюл. № 2.
6. Bolshunov A. V., Dmitriev A. N., Ignatiev S. A. Enhancement of inertial mechanical reamer for borehole 5G conditioning to penetrate into subglacial lake Vostok. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. International Conference on Innovations and Prospects of Development of Mining Machinery and Electrical Engineering 2019. 2019. P. 012006.
7. Способ расширения ствола скважины, компоновка инструмента для его осуществления, раздвижные гидравлические расширитель, центратор и стабилизатор : патент 2513923 РФ на изобретение: E21B 7/28, E21B 17/10 (2006.01) / Карасевич А. М., Хан С. А., Баранцевич С. В. ; патентообладатель Открытое акционерное

общество «Газпром промгаз». № 2012117202/03; заявл. 27.04.2012; опубл. 20.04.2014, Бюл. № 11.

8. Данилов Б. Б., Смоляницкий Б. Н. Способ и буровой инструмент для изменения траектории скважины при шнековом бурении // Вестник Сибирского государственного университета путей сообщения. 2017. № 1 (40). С. 66–73.

9. Максимов А. С., Семкин Д. С. Расширение технических возможностей установки горизонтально-направленного бурения // Техника и технологии строительства. 2017. № 2 (10). С. 38–43.

10. Капаев Р. А., Вафин Д. Р., Шарафутдинов З. З., Шаталов Д. А. Особенности выбора расширителей пилотной скважины для строительства переходов трубопроводов // Территория Нефтегаз. 2018. № 7–8. С. 82–94.

11. Wiśniowski R., Ziaja Ja., Druzgała A. Horizontal directional drilling (HDD) and intersect drilling method on a practical example. 18th International Multidisciplinary Scientific GeoConferences SGEM 2018. Conference proceedings. 2018. Pp. 119–124.

12. Danilov B.B., Smolyanitsky B.N., Cheshchin D.O. Justification of basic diagrams of horizontal drilling deflectors. Journal of Mining Science. 2015. Volume 51. Issue 3. Pp. 553–561.

13. Хорешок А. А., Маметьев Л. Е., Цехин А. М., Ефременков А. Б., Борисов А. Ю. Дисковый инструмент проходческих комбайнов избирательного действия: монография. Новгородский гос. ун-т им. Ярослава Мудрого. Великий Новгород : НовГУ им. Ярослава Мудрого, 2022. 162 с.

14. Хорешок А. А., Маметьев Л. Е., Цехин А. М., Ефременков А. Б., Дрозденко Ю. В., Борисов А. Ю. Машины и инструмент для бурения скважин: монография. Новгородский гос. ун-т им. Ярослава Мудрого. Великий Новгород : НовГУ им. Ярослава Мудрого, 2022. 174 с.

15. Маметьев, Л. Е., Хорешок А. А., Цехин А. М., Борисов А. Ю., Мерзляков В. Г. Разработка инструмента для многоэтапного бурения восстающих скважин // Горное оборудование и электромеханика. 2022. № 5. С. 8–16.

*Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.*

*Об авторах:*

**Маметьев Леонид Евгеньевич**, кафедра горных машин и комплексов, Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева (650000, Россия, г. Кемерово, ул. Весенняя, 28), доктор техн. наук, профессор, mle.gmk@kuzstu.ru

**Хорешок Алексей Алексеевич**, дирекция Горного института, кафедра горных машин и комплексов, Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева (650000, Россия, г. Кемерово, ул. Весенняя, 28), доктор техн. наук, профессор, haa.omit@kuzstu.ru

**Цехин Александр Михайлович**, кафедра горных машин и комплексов, Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева (650000, Россия, г. Кемерово, ул. Весенняя, 28), кандидат техн. наук, доцент, sam.gemf@kuzstu.ru

**Борисов Андрей Юрьевич**, кафедра горных машин и комплексов, Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева (650000, Россия, г. Кемерово, ул. Весенняя, 28), кандидат техн. наук, доцент, borisovau@kuzstu.ru

*Заявленный вклад авторов:*

Маметьев Леонид Евгеньевич, Хорешок Алексей Алексеевич, Цехин Александр Михайлович, Борисов Андрей Юрьевич – постановка исследовательской задачи; научный менеджмент; обзор соответствующей литературы; концептуализация исследования; сбор и анализ данных; обзор соответствующей литературы; выводы; написание текста.

*Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.*

## Original article

IMPROVEMENT OF TECHNOLOGIES AND EQUIPMENT  
FOR UNDERGROUND MINING AND WELL DRILLING

Aleksey A. Khoreshok, Leonid E. Mametyev, Alexander M. Tsekhin, Andrey Yu. Borisov

T. F. Gorbachev Kuzbass State Technical University

for correspondence: mle.gmk@kuzstu.ru



## Article info

Submitted:

01 November 2022

Approved after reviewing:

16 December 2022

Accepted for publication:

20 December 2022

**Keywords:** sinking technology, drilling technology, tunneling combine, disk tool, prism, drilling rig, reamer, drilling assembly, spacer rod, support-guide balancer, nozzle, irrigation, well, auger

## Abstract.

The variants of designs of polyhedral prisms with attachment points of disk and tool tools for the executive bodies of shearers and tunneling combines have been developed, allowing to evaluate and select a design with a minimum stress-strain state for its further improvement and application.

The design features of the device for boring in a two-crowned executive body with a disk tool allow for an increase in the efficiency of the drilling process and the pace of mining, since radial crowns can be located at different angles of inclination to the horizon, providing a choice of location during drilling and forming a minimum energy consumption when destroying the blocks in a coal seam using multipath parallel-axial drill bits. At the same time, the time for assembly and disassembly operations with the construction of multipath removable parallel-axial drill bits is reduced due to the small dimensions and useful area for their placement in the bottom-hole space.

A number of innovative technical solutions about reverse flow reamers for drilling rising wells are presented, namely: improvement of the dust extinguishing system; simplification of installation and dismantling works; reduction of radial runout; improvement of discharge products and protection against gumming of the attachment points of the disk tool.

A technical solution is proposed to increase the drilling speed of horizontal and slightly inclined wells by the auger due to increasing the efficiency of positioning of hydraulic feed jacks when they are set to idle or working stroke.

**For citation:** Mametyev L.E., Khoreshok A.A., Tsekhin A.M., Borisov A.Yu. Improvement of technologies and equipment for underground mining and well drilling. *Vestnik Kuzbasskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta*=Bulletin of the Kuzbass State Technical University. 2022; 6(154):84-95. (In Russ., abstract in Eng.). doi: 10.26730/1999-4125-2022-6-84-95

## REFERENCES

1. Ganzha V.A., Bezborodov Yu.N., Kovalevich P.V., Rjabinin A.A. Vliyanie skorosti rezaniya na silovye i jenergeticheskie pokazateli processa razrusheniya l'da diskovym rezhushhim instrumentom. *Vestnik Kuzbasskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta*. 2013; 6:105–110.
2. K. Yang [et al.] Studies on rock-breaking of positive disc cutter and edge disc cutter. *Applied mechanics and materials*. 2014; 508:159-164.
3. A. N. Zhang [et al.] The finite element simulation of disc cutter of different diameter breaking rock. *Advanced materials research*. 2013; 791-793:742-745.
4. Zhang Y., Wang X.W., Liu H.F. Numerical simulation of rock-breaking process by disc cutter in tunnel boring machine. *Applied mechanics and materials*. 2014; 487:513-516.
5. Rasshiritel' dlja burenija skvazhin bol'shogo diametra obratnogo hoda: patent 158803 RF na poleznuju model': MPK E21B 10/26 (2006.01). Kabashov A.A., Kabashov S.A.; patentoobladateli Kabashov A.A., Kabashov S.A. № 2015137605/05; zajavl. 03.09.2015; opubl. 20.01.2016, Bjul. № 2.
6. Bolshunov A.V., Dmitriev A.N., Ignatiev S.A. Enhancement of inertial mechanical reamer for borehole 5G conditioning to penetrate into subglacial lake Vostok. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. International Conference on Innovations and Prospects of Development of Mining Machinery and Electrical Engineering*. 2019. P. 012006.
7. Sposob rasshirenija stvola skvazhiny, komponovka instrumenta dlja ego osushhestvlenija, razdvizhnye gidravlicheskie rasshiritel', centrator i stabilizator: patent 2513923 RF na izobretenie: E21B 7/28, E21B 17/10 (2006.01). Karasevich A.M., Han S.A., Barancevich S.V.; patentoobladatel' Otkrytoe akcionernoe obshchestvo «Gazprom promgaz».

№ 2012117202/03; zjavl. 27.04.2012; opubl. 20.04.2014, Bjul. № 11.

8. Danilov B.B., Smoljanickij B.N. Sposob i burovoj instrument dlja izmenenija traektorii skvazhiny pri shnekovom burenii. *Vestnik Sibirskogo gosudarstvennogo universiteta putej soobshhenija*. 2017; 1(40):66–73.

9. Maksimov A.S., Semkin D.S. Rasshirenije tehniceskikh vozmozhnostej ustanovki gorizontaľno-napravlennoĝo burenija. *Tehnika i tehnologii stroitel'stva*. 2017; 2(10):38–43.

10. Kapaev R.A., Vafin D.R., Sharafutdinov Z.Z., Shatalov D.A. Osobennosti vybora rasshiritelej pilotnoj skvazhiny dlja stroitel'stva perehodov truboprovodov. *Territorija Neftegaz*. 2018; 7-8:82–94.

11. Wiśniowski R., Ziaja Ja., Druzgała A. Horizontal directional drilling (HDD) and intersect drilling method on a practical example. *18th International Multidisciplinary Scientific GeoConferences SGEM 2018. Conference proceedings*. 2018.

Pp. 119–124.

12. Danilov B.B., Smolyanitsky B.N., Cheshchin D.O. Justification of basic diagrams of horizontal drilling deflectors. *Journal of Mining Science*. 2015; 51(3):553–561.

13. Khoreshok A.A., Mamet'ev L.E., Tsechin A.M., Efremkov A.B., Borisov A.Yu. Diskovyj instrument prohodcheskikh kombajnov izbiratel'nogo dejstvija: monografija. Novgorodskij gos. un-t im. Jaroslava Mudroĝo. Velikij Novgorod: NovGU im. Jaroslava Mudroĝo; 2022. 162 p.

14. Khoreshok A.A., Mamet'ev L.E., Tsechin A.M., Efremkov A.B., Drozdenko Yu.V., Borisov A.Yu. Mashiny i instrument dlja burenija skvazhin: monografija. Novgorodskij gos. un-t im. Jaroslava Mudroĝo. Velikij Novgorod: NovGU im. Jaroslava Mudroĝo; 2022. 174 p.

15. Mamet'ev L.E., Khoreshok A.A., Tsechin A.M., Borisov A.Yu., Merzljakov V.G. Razrabotka instrumenta dlja mnogoetapnogo burenija vosstajushhih skvazhin. *Gornoe oborudovanie i jelektromehanika*. 2022; 5:8–16.

© 2022 The Authors. This is an open access article under the CC BY license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

The authors declare no conflict of interest.

#### About the authors:

**Leonid E. Mametyev**, Department of Mining machines and complexes, T. F. Gorbachev Kuzbass State Technical University, (28, Vesennyyaya St., Kemerovo, 650000, Russian Federation), D. Sc. in Engineering, Professor, mle.gmk@kuzstu.ru

**Aleksey A. Khoreshok**, Directorate of the Mining Institute, Department of Mining machines and complexes, T. F. Gorbachev Kuzbass State Technical University, (28, Vesennyyaya St., Kemerovo, 650000, Russian Federation), D. Sc. in Engineering, Professor, haa.omit@kuzstu.ru

**Alexander M. Tsekhin**, Department of Mining machines and complexes, T. F. Gorbachev Kuzbass State Technical University, (28, Vesennyyaya St., Kemerovo, 650000, Russian Federation), C. Sc. in Engineering, Associate Professor, cam.gemf@kuzstu.ru

**Andrey Yu. Borisov**, Department of Mining machines and complexes, T. F. Gorbachev Kuzbass State Technical University, (28, Vesennyyaya St., Kemerovo, 650000, Russian Federation), C. Sc. in Engineering, Associate Professor, borisovau@kuzstu.ru

#### Contribution of the authors:

L.E. Mametyev, A.A. Khoreshok, A.M. Tsekhin, A.Yu. Borisov – research problem statement; scientific management; reviewing the relevant literature; conceptualisation of research; writing the text, data collection; data analysis; reviewing the relevant literature; drawing the conclusions; writing the text.

All authors have read and approved the final manuscript.

