



УДК 622.24.051.52 + 622.232.83.054.52

ПОДХОДЫ К РАЗРАБОТКЕ КОМПЛЕКТОВ ИНСТРУМЕНТА МАШИН ДЛЯ БУРЕНИЯ СКВАЖИН

Маметьев Л. Е., Хорешок А. А., Борисов А. Ю., Алиткина О. А.

Кузбасский государственный технический университет имени Т. Ф. Горбачева

Аннотация.

Рассмотрены компоновочные схемы комплектов бурового инструмента, адаптивные для широкого спектра условий эксплуатации и технологического назначения, применительно к буровым станкам, шнекобуровым машинам и проходческим комбайнам избирательного действия, в работе которых отмечен циклический многоэтапный характер. Компоновочные схемы позволяют разработать новые комплекты бурового инструмента, обеспечивая их последующее изготовление и совершенствование на базе серийно выпускаемых узлов и механизмов машиностроительных заводов Кузбасса и России. Представлены обобщенные результаты научно-практических исследований и производственных испытаний, проведенных в КузГТУ, которые обеспечили разработку новых оригинальных технических решений для повышения эффективности процессов бурения горизонтальных, слабонаклонных и восстающих скважин. Поэтапно разработаны технические решения в виде расширителей обратного хода, повышающие эффективность процессов гравитационного истечения продуктов разрушения в восстающую пионерную скважину при разбуривании обратным ходом до требуемого диаметра за счет дискового инструмента со ступенчатой схемой разрушения забоя. Рассмотрены конструктивные особенности рабочих органов для шнекобуровых машин с последующим выявлением их недостатков. Особое внимание уделено конструкции рабочего органа шнекобуровой машины с откидными шарнирно-поворотными резовыми группами, в которой повышается работоспособность последних, при их радиальном складывании и раскрытии в процессе замены изношенного инструмента, предотвращается вероятность заштыбовки шарнирно-поворотных устройств резовых групп. Предложено перспективное оборудование шнекового типа для бурения горизонтальных скважин при прокладке различных подземных инженерных коммуникаций в горном деле и подземном строительстве. Разработана и доведена до уровня промышленного освоения технология двухэтапного процесса бурения горизонтальных протяженных скважин большого диаметра бурошнековым инструментом прямого и обратного хода, реализующая различные способы бурения комплектами устройств. Представлена география внедрения оригинальных технических решений для шнекобуровых машин в различных регионах России. Раскрыты подходы по расширению функциональных возможностей проходческих комбайнов избирательного действия с комплектами бурового инструмента для однокорончатых и двухкорончатых реверсивных исполнительных органов с дисковым инструментом.



Информация о статье

Поступила:

21 сентября 2025 г.

Рецензирование:

19 января 2026 г.

Принята к печати:

24 февраля 2026 г.

Ключевые слова:

буровой станок, шнекобуровая машина, проходческий комбайн, забурник, расширитель, резец, диск, фонарь, штанга, шнек, обсадная труба, рабочее пространство, забойный массив, бурение, подача, скважина, крепление

Для цитирования: Маметьев Л. Е., Хорешок А. А., Борисов А. Ю., Алиткина О. А. Подходы к разработке комплектов инструмента машин для бурения скважин // Техника и технология горного дела. – 2026. – №1(32). – С. 48-67. – DOI: 10.26730/2618-7434-2026-1-48-67, EDN: FMAWND



Введение

В настоящее время процессы бурения скважин в мировой практике горного дела и подземного строительства характеризуются ростом объемов проведения горизонтальных [1–7] и наклонно-направленных скважин [8–13]. Технология буровых работ состоит из совокупности основных и вспомогательных операций, выполняемых при бурении скважин.

К основным операциям относятся непосредственно бурение, заключающееся в разрушении горных пород или грунта на забое скважины и удалении буровой мелочи в пространство устья скважины, а также крепление стенок скважины, например колоннами обсадных труб.

Вспомогательные операции обеспечивают выполнение основных и заключаются в: размещении буровых машин и инструмента в рабочем пространстве; наращивании секционного бурового става по мере увеличения глубины или длины скважины; разборке бурового става; перемещении бурового става прямым ходом от станка или обратным ходом к станку; замене изношенного комплекта бурового инструмента; демонтаже и перемещении бурового станка с инструментом на следующую скважину или на место хранения.

Таким образом, работа буровых станков, шнекобуровых машин и проходческих комбайнов избирательного действия имеет циклический многоэтапный характер.

Основная часть

Режим бурения при реализации технологических схем заключается в сочетании определенных значений переменных параметров процесса бурения, таких как частота вращения бурового става, осевое усилие подачи комплекта бурового инструмента на забой, крутящий момент на элементах бурового инструмента, способы устройств и параметры удаления буровой мелочи, влажность и липкость продуктов разрушения и прочее. Отмеченные выше сочетания переменных параметров должны быть оптимальными в различных условиях эксплуатации, обеспечивая максимальную производительность при низкой стоимости и энергоёмкости процессов бурения.

Технологические схемы бурения скважин станками или шнекобуровыми машинами осуществляются либо за один проход на полный диаметр поперечного сечения, либо проведением сначала пионерной скважины малого диаметра с последующим разбуриванием ее прямым или обратным ходом до требуемого большого диаметра. Для реализации процессов одноэтапного или многоэтапного бурения скважин применяют специальные комплекты бурового инструмента, адаптивные к условиям горного дела и подземного строительства. На Рис. 1 представлены комплекты бурового инструмента для буровых станков (компоновка I–IV) и шнекобуровых машин (компоновка V–VII) с широким спектром условий эксплуатации и технологического назначения скважин.

Комплект соосного симметричного бурового инструмента с компоновками I, II предназначен для бурения восстающих скважин с углом наклона к горизонту ($\alpha = 45\text{--}90^\circ$) [14]. Компоновка I содержит забурник 1, расширитель прямого хода 2, буровой став с дистанционными опорными фонарями 3 и штангами 4, а компоновка II отличается наличием расширителя обратного хода 5, прикрепленного шлицевой штангой-проставкой 6 к забойной штанге 4 с опорным фонарем 3.

Компоновка III обеспечивает процесс бурения восстающих скважин с углом наклона к горизонту ($\alpha = 45\text{--}90^\circ$) прямым ходом с последующим их разбуриванием обратным ходом [15]. Комплект бурового инструмента содержит нижнюю приводную шлицевую штангу-проставку 7, редуктор 8 с жестко закрепленным наклонным перегрузочным щитом 9 и соосную группу, включающую верхнюю приводную шлицевую штангу-проставку 10, многолучевой ступенчатый корпус 11 с дисковым инструментом 12 и задним опорным фонарем 13, опережающую многолучевую коронку 14. Ось этой соосной группы параллельна оси шлицевой штанги-проставки 7. Конструкция с наклонным перегрузочным щитом 9 позволяет обеспечить защиту рабочего пространства опережающей многолучевой коронки 14 от продуктов разрушения и повысить эффективность процессов гравитационного истечения продуктов разрушения в восстающую пионерную скважину. Разбуривание скважины расширителем обратного хода с дисковым инструментом 12 до требуемого большого диаметра осуществляется по ступенчатой

схеме разрушения забоя. Компоновка III взаимосвязана с новыми подходами к разработке конструкций новых комплектов инструмента с расширителями прямого и обратного хода для повышения эффективности процессов многоэтапного бурения сбоечных восстающих скважин с углом наклона к горизонту от 45° до 90° . В результате осуществляется предварительная опережающая дегазация угольных пластов, а также упрощаются процессы забуривания расширителями прямого и обратного хода [16].

Одной из наиболее важных операций процесса бурения считается транспортирование продуктов разрушения из забоя скважины к ее устью. В связи с этим следует отметить преимущество комплекта бурового инструмента с компоновками I, II, III, так как бурение с их применением гарантирует использование наиболее дешевых и эффективных процессов гравитационного истечения продуктов разрушения. Другие компоновки IV–VII комплектов инструмента при углах наклона буримых ими скважин к горизонту ($\beta = 0-45^\circ$) требуют применения дорогостоящих способов принудительной погрузки и транспортирования.

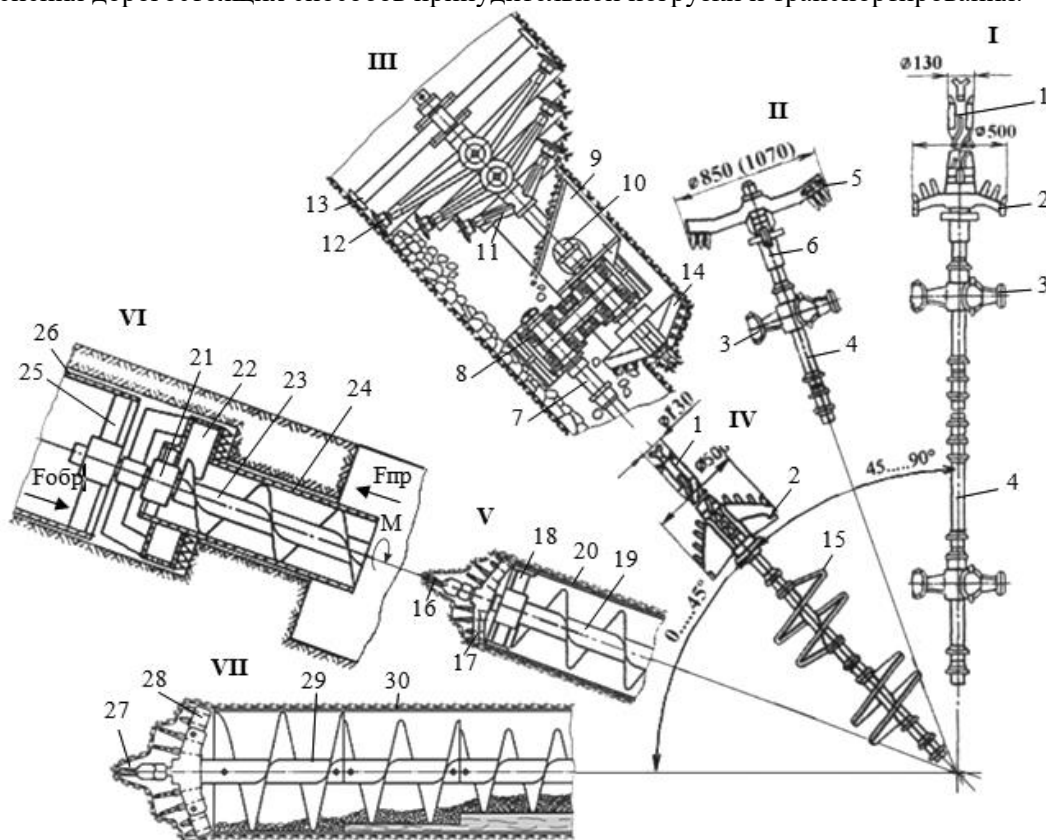


Рис. 1. Комплекты бурового инструмента для различных условий эксплуатации
Fig. 1. Drilling tool kits for various operating conditions

Компоновка IV содержит комплект соосного симметричного шнекобурового инструмента для бурения пионерных скважин [14]. Данная конструкция шнекобурового инструмента отличается от компоновки I наличием шнековых спиралей только на части длины штанг 15, это связано с использованием резьбовых конических замковых соединений, буртиков для байонетного замка с буровым патроном, отбойным ключом, подхватом, что создает разрывы шнековых спиралей на длинном буровом стае. Из-за разрывов в шнековых спиралах бурового става в практике бурения часто возникает опасность образования пробок из транспортируемой буровой мелочи и их прихвата к стенкам скважины и виткам шнека, вплоть до поломок и прекращения процессов бурения.

Компоновка V предназначена для бурения горизонтальных и слабонаклонных пионерных скважин в колонне обсадных труб, в которой размещен секционный буровой шнековый став без



разрывов спиралей [14, 17]. Комплект бурового инструмента содержит забурник 16, резцовый расширитель 17 прямого хода, фонарь 18, буровой секционный шнековый став 19 и колонну секционных обсадных труб 20. После бурения горизонтальных пионерных скважин и демонтажа расширителя 17 прямого хода в приемном пространстве монтируют расширитель обратного хода с прицепным устройством к секции колонны обсадных труб большого диаметра. В дальнейшем осуществляются операции расширения скважины расширителем обратного хода по варианту компоновки VI с последовательным наращиванием секционной обсадной колонны большого диаметра и сокращения секционной обсадной колонны меньшего диаметра из пионерной скважины.

С использованием компоновки VI реализуются две технологические схемы бурения горизонтальных скважин с расширением обратным ходом как с одним, так и с двумя механизмами подачи, размещенными, соответственно, в рабочем и приемном котлованах [17]. Сущность технологии заключается в следующем. После демонтажа расширителя прямого хода на забойном торце трубы малого диаметра закрепляют подшипниковую опору 21, на валу которой устанавливают расширитель обратного хода 22 с прикрепленным к основному кожуху подшипниковым узлом. С другой стороны вала крепится секция шнекового бурового става 23. В процессе бурения вращающий момент M (того же направления, что и на прямом ходе) передается расширителю от привода вращателя бурошнековой установки, расположенного в рабочем котловане, а осевое усилие (противоположного по направлению $F_{пр}$) – от агрегата подачи основному кожуху и расширителю обратного хода 22. Расширитель посредством подшипниковой опоры 21 воздействует на трубу 24 малого диаметра и шнековый буровой став 23, выдвигая буровую колонну в рабочий котлован, где осуществляется ее демонтаж. Направление транспортирования продуктов разрушения остается неизменным (из призабойной зоны в рабочий котлован) как при прямом, так и при обратном ходе. Данная схема имеет недостаток в связи с требованиями больших размеров приемного котлована из-за необходимости размещения в нем агрегата подачи и основного кожуха большого диаметра и соответствующей удобству прокладки длины секции. При этом следует учесть сборку бурового става 23 и установку промежуточных опорных фонарей 25 в основной трубе 26 для передачи крутящего момента расширителю 22. Существенный недостаток заключается в том, что осевое усилие подачи прикладывается к трубе по направлению от механизма подачи. При этом в трубе 26 возникают усилия сжатия и изгиба. Наличие даже незначительной несоосности усилия подачи и реакции забоя обуславливает, с увеличением длины прокладываемой трубы 26, рост деформаций изгиба, угла рассогласования между действующими силами и потерю осевой устойчивости бурошнековой установки. Для изыскания пути повышения производительности бурения и совершенствования бурошнекового оборудования в направлении увеличения длины и диаметра проводимых скважин необходимо исследование расширителей прямого и обратного хода, а также бурового става в различных горно-геологических условиях.

Компоновка VI позволяет разработать новые комплекты инструмента с расширителем обратного хода, обеспечивая выбор, обоснование и разработку расширителя обратного хода со ступенчато-погрузочным барабаном. Это позволит расширять пионерные скважины обратным ходом с совмещением во времени процессов бурения и крепления скважины обсадной трубой. Тем самым повысится надежность работы в результате достижения более равномерной загрузки бурового става, а также расширится диапазон проводимых скважин-переходов при использовании одного унифицированного устройства [14, 17, 18].

Компоновка VII обеспечивает бурение горизонтальных скважин шнекобуровыми машинами с секционными ступенчатыми шнековыми ставами в колонне обсадных труб [17, 19, 20]. Конструкция содержит забурник 27, резцовый расширитель 28 прямого хода, шнековый буровой став 29, содержащий типоразмерный ряд одиночных ступеней шнеков разного диаметра под соответствующие диаметры буровых коронок-расширителей прямого хода, а суммарный комплект штанговых шнеков с наименьшим диаметром, соединенных между собой, определяет длину транспортирующей ступени бурового става 29. Это конструктивное решение позволяет бурить скважины различного диаметра описанным выше комплектом бурового инструмента в колонне секционных обсадных труб 30. При этом основным недостатком является возможность



потери каких-либо промежуточных ступеней шнекового става и коронок-расширителей прямого хода при хранении, перевозке, монтаже и демонтаже, а также необходимость уборки цилиндрических секторно-ступенчатых внутренних образований, заполненных продуктами разрушения между внутренними поверхностями обсадных колонн труб-кожухов и наружными стенками винтовых лопастей шнековых секций. Наличие балласта из внутренних не транспортируемых объемов буровой мелочи приводит к повышению осевого усилия подачи радиального биения секционных шнеков до возможной поломки их конструктивных элементов.

Компоновка VII позволяет разработать новые комплекты инструмента, включающие двухступенчатый расширитель прямого хода со штангами, первая ступень которого имеет меньший диаметр и содержит резцы, а вторая – дисковый инструмент. При этом штанга первой ступени снабжена пружинной винтовой цилиндрической спиралью, а вторая ступень содержит эту же спираль, закрепленную на шнековых лопастях, что позволит предотвратить пробкообразование при транспортировании продуктов разрушения, прихват инструмента и повысить скорость бурения [21].

Компоновки I, II и IV комплектов бурового инструмента разработаны совместно учеными кафедры горных машин и комплексов КузГТУ и производителями ОАО «Анжеромаш», а компоновки III, V, VI и VII базируются на технических решениях и подходах, разработанных в КузПИ – КузГТУ, как результаты коллективной интеллектуальной деятельности.

Ниже рассмотрены конструктивные особенности рабочих органов для шнекобуровых машин (Рис. 2–4).

На Рис. 2 представлены рабочие органы для бурения горизонтальных и слабонаклонных скважин: а – с невращающейся иглой; б – с вращающимся спиральным забурником; в – с анкером-забурником и фрикционными дисками; г – с расширителем, забурником, фрикционной и кулачковой муфтами.

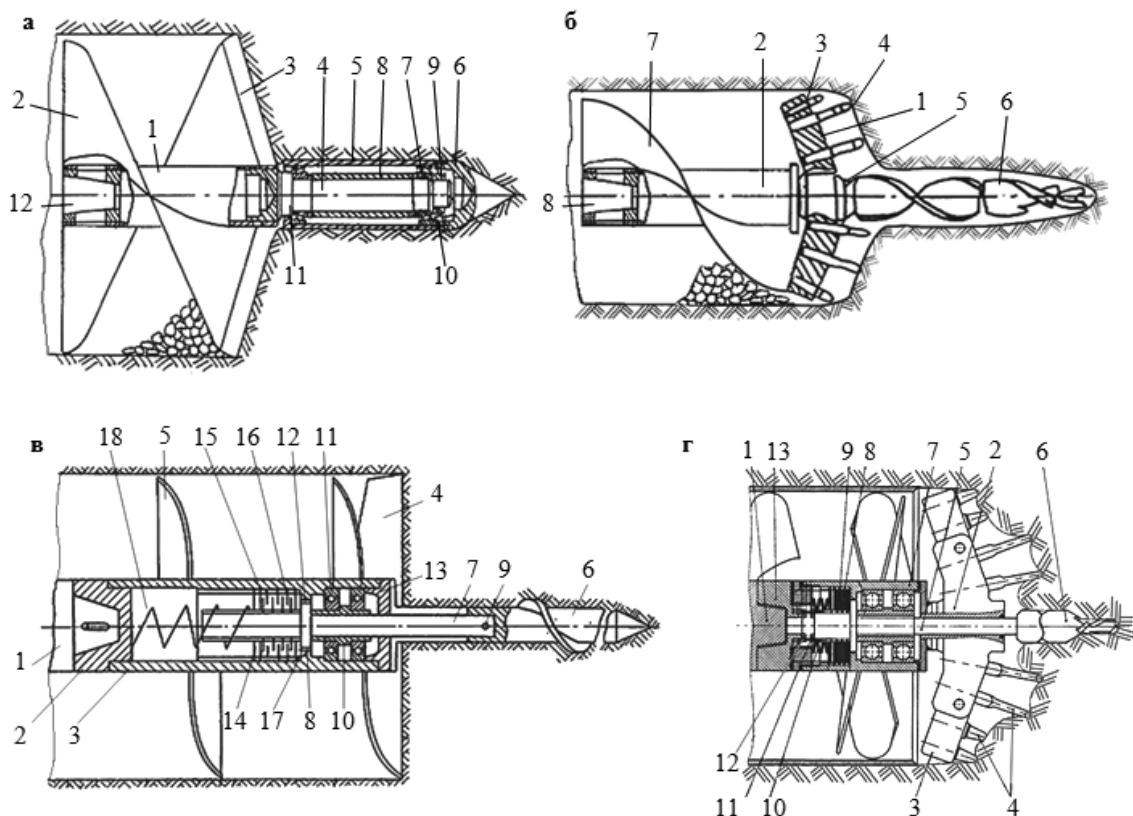


Рис. 2. Рабочие органы для бурения горизонтальных и слабонаклонных скважин
Fig. 2. Working bodies for drilling horizontal and slightly inclined wells



Первый вариант рабочего органа прямого хода с направляющей иглой-забурником на подшипниках (Рис. 2, а) [17] состоит из трубы 1, к наружной поверхности которой приварены спирали 2 с режущими ножами 3 двухзаходного шнека. К забойному торцу трубы 1 приварен опорный вал 4, размещенный внутри гильзы 5, забойный торец которой резьбовым соединением прикреплен к коническому наконечнику 6. В осевом направлении сопряжения гильзы 5 с валом 4 осуществляются через конические подшипники 7 и дистанционную втулку 8. Фиксация внутренних колец подшипников 7 осуществляется с помощью двух шлицевых гаек 9, размещенных на резьбовой ступени вала 4. Стопорение отрегулированной конической подшипниковой пары осуществляется винтами 10 через радиальные сквозные отверстия в гильзе 5 и глухие резьбовые гнезда в коническом наконечнике 6. Для защиты от агрессивных воздействий внешней среды в гильзе 5 установлена манжета 11. Для соединения со шнековым буровым секционным ставом к заднему торцу трубы 1 приварена конусная втулка бурового клинового замка 12.

При бурении конический наконечник 6 смещает грунт в радиальном направлении, образуя вокруг продвигающейся гильзы 5 уплотненную зону, величина внутреннего радиуса которой зависит от свойств грунта и наружного диаметра направляющей иглы. Поскольку при смещении и уплотнении грунта в процессе прокола часть его находится в области упругих деформаций, грунт обжимает гильзу 5 довольно значительным усилием, вызванным силами трения о ее боковую поверхность. Оставшаяся после прокола часть скважины разбуривается до требуемого наружного диаметра режущими ножами 3, а продукты разрушения грунтового забойного массива транспортируются спиралями 2 двухзаходного шнека к устью скважины. При этом внутренний вращающийся опорный вал 4 опирается на защемленную проколом гильзу 5, обеспечивая устойчивое направленное перемещение всего шнекового става.

Недостатком рабочего органа шнекобуровой машины с прокалывающим невращающимся забурником в виде иглы на подшипниковой опоре является значительное увеличение осевого усилия и искривление шнекового бурового става вплоть до поломок его и элементов рабочего органа при увеличении длины или глубины буримой скважины.

Второй вариант резцового расширителя прямого хода для бурошнековых машин типа БГА-2 (Рис. 2, б) [17] был использован для горизонтального бурения коммуникационных скважин в древесисто-скальных породных массивах Урала. Расширитель содержит корпус 1, вал 2, породные зубки 3 и угольные резцы 4. В пазах корпуса 1 с помощью винтов закреплены угольные резцы 4, а каждый луч имеет по одному конусному отверстию под породные зубки 3. Корпус 1 имеет шлицевую ступицу 5, которая монтируется на шлицевой конец вала 2. Со стороны забойной части ступицы 5 выполнено цилиндрическое гнездо, обеспечивающее центрирование забурника 6 при его соединении с валом 2 в режиме осевой сборки комплекта инструмента. К поверхности вала 2 приварена винтовая лопасть 7 однозаходного шнека для транспортирования продуктов бурения. Для соединения рабочего органа с секциями шнекового бурового става к заднему торцу вала 2 приварена конусная втулка бурового клинового замка 8.

Недостатком рабочего органа для бурения горизонтальных пионерных скважин с вращающимся совместно с корпусом 1 расширителем забурником 6 является увеличение увода оси буримой скважины в сторону вращения расширителя со шнековым буровым ставом из-за подработки забойного массива забурником 6.

Третий вариант рабочего органа прямого хода для шнекобуровой машины, применение которого обеспечивает снижение осевого усилия подачи и улучшает направленность буримых скважин (Рис. 2, в) [22]: при вращении и подаче на забой бурового става 1 вместе с ним вращается и перемещается на забой через буровой замок 2 труба 3 с ножами 4, которые внедряются и разрушают забойный массив, а шнековые лопасти 5 транспортируют продукты разрушения. При этом первоначально винтовой анкер-забурник 6, соединенный с гладким хвостовиком 7 вала 8 посредством пальца 9, не вращается, а служит дополнительной опорой через втулку 10 и подшипники 11, бурт 12 и крышку 13. Неподвижность анкера-забурника 6, а вместе с ним дисков 14 и 15 в поступательном и вращательном движениях объясняется недостаточным прижатием друг к другу фрикционных дисков 16 и 17. Это приводит к тому, что труба 3 перемещается относительно анкера-забурника 6, а бурт 12 вала 8 через диски 17, 16, 15, 14 постепенно



увеличивает силу сжатия пружины 18 включения. В какой-то момент времени пружина 18 прижимает фрикционные диски 17, 16, 15, 14 с усилием, достаточным для возникновения крутящего момента, приводящего к страгиванию анкер-забурника 6. Так как крутящий момент для страгивания больше, чем крутящий момент, необходимый для движения, то после начала вращения анкер-забурник 6 внедряется, втягивается в массив за счет спиралей с большей поступательной скоростью, чем это делает рабочий орган. Подача рабочего органа и шнекового бурового става на забой механизмом подачи бурошнековой машины за один оборот всегда меньше, чем подача анкер-забурника 6 с большим шагом спирали. Быстрое внедрение анкер-забурника 6 в грунтовый массив приведет к тому, что пружина 18 включения вновь ослабит сжатие фрикционных дисков 17, 16, 15, 14, анкер-забурник 6 остановится и станет неподвижной опорой рабочего органа. Устройство приходит в исходное положение и готовится к следующим циклам включения и выключения фрикционной муфты.

Четвертый вариант рабочего органа шнекобуровой машины (Рис. 2, г) [23] включает шнековую секцию 1, жестко соединенный с ней расширитель 2 с лучами 3, оснащенными породоразрушающими элементами 4. С валом 5 жестко соединены забурник 6 и подшипниковая опора 7. Рабочий орган шнекобуровой машины снабжен фрикционной муфтой, состоящей из фрикционных дисков 8 и 9. При этом фрикционная муфта и вал 5 забурника 6 установлены с возможностью осевого перемещения относительно шнековой секции 1 и подшипниковой опоры 7. Рабочий орган шнекобуровой машины снабжен дополнительной кулачковой муфтой с возможностью ее срабатывания вслед за фрикционной муфтой, сжимаемой пакетом тарельчатых пружин 10. Ведущие кулачки 11 дополнительной кулачковой муфты выполнены на торцевой поверхности вала 5 забурника 6, а ведомые 12 – на торцевой поверхности крышки 13 с регулируемым осевым положением на шнековой секции 1.

Рабочий орган работает следующим образом. При вращении и подаче на забой шнековой секции 1 также начинают вращаться и перемещаться на забой корпус подшипниковой опоры 7 вала 5 и жестко соединенный с ним расширитель 2 с лучами 3. Породоразрушающие элементы 4 начинают внедряться в массив и разрушать его. Вал 5 забурника 6 кратковременно образует в уплотненном центральном отверстии вращающегося расширителя 2 подшипник скольжения и в то же самое время неподвижен в окружном направлении на подшипниковой опоре 7. При этом он служит вместе с забурником 6 дополнительной опорой, обеспечивающей прямолинейность оси буримой скважины для шнековой секции 1.

На Рис. 3 представлен рабочий орган шнекобуровой машины с откидными шарнирно-поворотными резцовыми группами [24]: а – раскрытое рабочее состояние; б – сложенное демонтажное состояние.

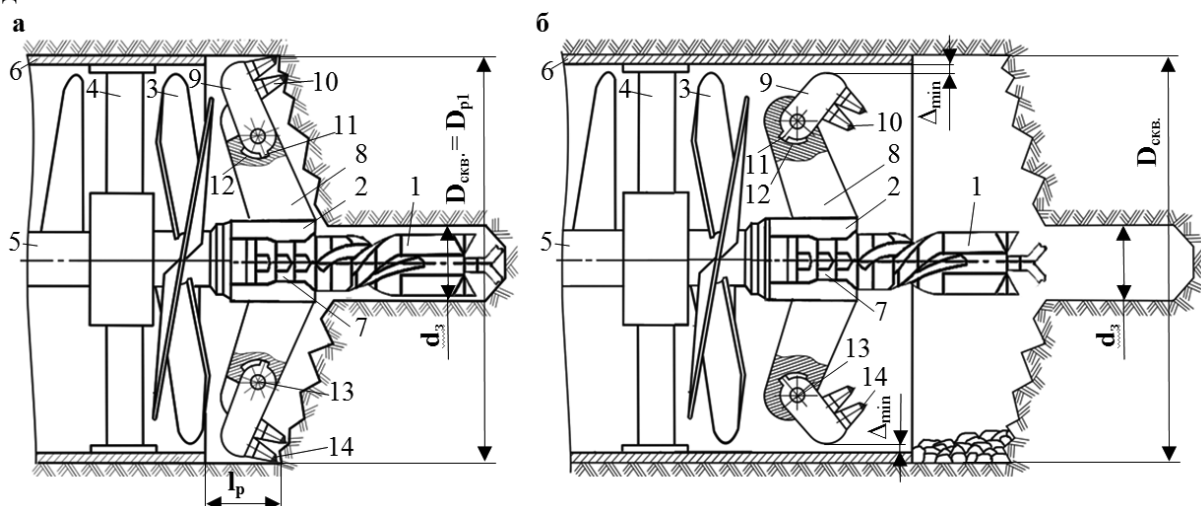


Рис. 3. Рабочий орган шнекобуровой машины с откидными шарнирно-поворотными резцовыми группами

Fig. 3. The working body of the screw drilling machine with folding pivoting tool groups



Рабочий орган машины шнекового горизонтального бурения (Рис. 3) состоит из забурника 1, расширителя прямого хода 2, шлицевого вала-проставки с промежуточным шнековым вкладышем 3, опорного фонаря 4, секционных шнековых буровых штанг 5, размещенных внутри секционной колонны обсадных труб 6. Секционные шнековые буровые штанги 5 соединены с вращателем машины шнекового горизонтального бурения. На расширителе прямого хода 2 расположены радиально-наклонные резцовые лучи 7 и корпуса радиально-наклонных лучей 8 с откидными шарнирно-поворотными резцовыми группами 9. Каждая резцовая группа 9 содержит резцы 10 и выступающий упорный зуб 11, который размещен во внутреннем секторном гнезде 12 на внутренней секторной цилиндрической поверхности консольной части корпуса радиально-наклонного луча 8. Тем самым зуб 11 совершает возвратно-поворотное движение во внутреннем секторном гнезде 12 благодаря оси 13 шарнирного соединения между резцовой группой 9 и корпусом радиально-наклонного луча 8.

На первом этапе (Рис. 3, а) выполняется процесс забуривания расширителя прямого хода 2 с забурником 1. При этом опорный фонарь 4 обеспечивает центрацию рабочего органа внутри секционной колонны обсадных труб 6. Последовательно в процессе забуривания в силовой породоразрушающий контакт с забоем входит сначала забурник 1, затем радиально-наклонные лучи 8 с откидными шарнирно-поворотными резцовыми группами 9 расширителя прямого хода 2. Процесс забуривания заканчивается полным раскрытием откидных шарнирно-поворотных резцовых групп 9 на максимально возможный диаметр скважины $D_{скв.}$ (Рис. 3, а). Это создает рабочую зону в призабойном пространстве между вершинами рабочих головок периферийных резцов 14 с опережающим вылетом длиной l_p от забойного торца секционной колонны обсадных труб 6. В результате формируется ступенчатая поверхность забоя с опережающей цилиндрической поверхностью скважины забурника 1 диаметром d_3 . Если в процессе многоциклового углубления скважины произойдет износ или поломка резцового инструмента, то осуществляется извлечение рабочего органа из неподвижной секционной колонны обсадных труб 6 вместе с секционными шнековыми буровыми штангами 5 и шнековым вкладышем 3. При этом откидные шарнирно-поворотные резцовые группы 9 на корпусах радиально-наклонных лучей 8 (Рис. 3, б) входят в силовой контакт с неподвижным забойным торцом секционной колонны обсадных труб 6, после чего складываются по ходу обратного перемещения, обеспечивая проходной зазор Δ_{min} .

После замены резцов на рабочем органе следует проконтролировать, чтобы откидные шарнирно-поворотные резцовые группы 9 на корпусах радиально-наклонных лучей 8 оставались в сложенном демонтажном состоянии с радиальными размерами, не превышающими внутренний диаметр колонны обсадных труб 6 (Рис. 3, б). Затем выполняется новый циклический прямой шаговый ход в сторону забоя недобуренной скважины. После выхода рабочего органа из внутреннего пространства секционной колонны обсадных труб 6 до встречи и силового контакта с забоем раскрываются откидные шарнирно-поворотные резцовые группы 9 на корпусах радиально-наклонных лучей 8. При этом вылет головок периферийных резцов 14 формирует требуемый наружный диаметр рабочего органа D_{p1} (Рис. 3, а) и опережающий вылет на длину l_p от забойного торца секционной колонны обсадных труб 6, обеспечив бесконтактную рабочую зону между ними при силовом контакте с забоем. После этого скважину добуривают на требуемую длину.

В результате рассмотренное техническое решение позволяет повысить работоспособность рабочего органа машины шнекового горизонтального бурения, откидных шарнирно-поворотных резцовых групп при их радиальном складывании и раскрытии в процессе замены изношенного инструмента с предотвращением вероятности заклинивания откидных резцовых групп в узлах шарнирно-поворотного крепления.

Одним из способов, улучшающих направленность бурения, является реверсирование направления вращения рабочего органа, что в практике бурения осуществляется при шарошечном органе и безшнековом буровом стае.

На Рис. 4 представлен один из вариантов комплекта бурового става для реверсивного бурения горизонтальных пионерных скважин [25].



Буровой став содержит буровой вал 1, к которому прикреплены направляющая игла 2 и элементы бурового замка 3. В головной части бурового става размещена режущая головка, грани 4 и 5 которой жестко соединены между собой в двухгранный угол с ребром 6 и имеют режущие кромки 7 и 8. Режущая головка прикреплена к наружной поверхности бурового вала 1 шарнирно-поворотным соединением 9. За режущими головками по винтовой линии с определенным шагом по наружной поверхности бурового вала 1 жестко укреплены транспортирующие лопасти в виде граней 10 и 11, жестко соединенных между собой и образующих ребро 12 двугранного угла. Лопасти расположены симметрично продольной оси вращения и представляют собой винтовой транспортер. К наружным краям граней 10 и 11 приварены полки 13.

Вращение и поступательное движение передаются направляющей игле 2 и режущей головке бурового става через буровой вал 1 и элементы бурового замка 3. В зависимости от направления вращения забой разрабатывается или гранями 4 с режущими кромками 7, или гранями 5 с режущими кромками 8. При этом благодаря шарнирно-поворотному соединению 9 двугранный угол с гранями 4, 5 и ребром 6 поворачивается на некоторый угол относительно оси, параллельной ребру, причем одна из граней своей режущей кромкой разрабатывает забой скважины, а другая отстоит от него на некотором расстоянии. При изменении направления вращения происходит разворот двугранного угла режущей головки, и грани меняют свое положение относительно забоя скважины. Разрушенный режущими кромками грунт выталкивается гранями 4 или 5 и подхватывается гранями 10 или 11 двугранного угла с ребром 12 винтового транспортера. Грунт передается от одной грани к другой и движется в направлении устья скважины независимо от направления вращения вала 1.

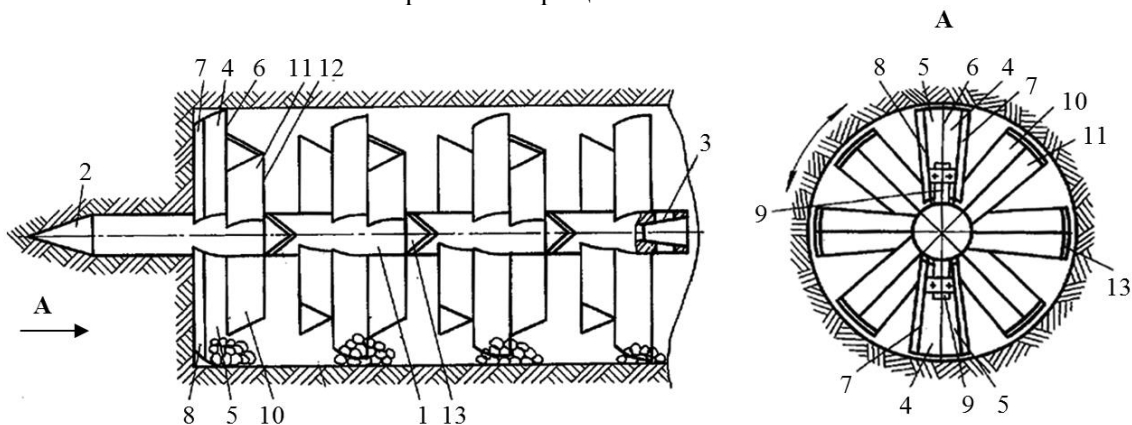


Рис. 4. Реверсивный буровой став машин горизонтального бурения
Fig. 4. Reversible drilling rig for horizontal drilling machines

В продолжении развития идеи использования реверсивных буровых ставов для машин горизонтального бурения разработан новый комплект инструмента [17, 18, 26], включающий раздвижные лопастные секции с различными превышениями лопастей относительно поверхности вала в зависимости от внутреннего диаметра обсадных труб-кожухов (Рис. 5). На Рис. 5, а изображен реверсивный буровой став при сборке транспортирующих лопастей на минимальный диаметр, а на Рис. 5, б – при сборке на максимальный диаметр.

Буровой став содержит реверсивную режущую головку 1 с блокированно-поворотными породоразрушающими гранями, вал 2 с рядом последовательно смонтированных на нем по винтовой линии транспортирующих лопастей 3 и 4, выполненных в виде граней 5 двугранных углов, ребра 6 которых обращены в сторону устья буримой скважины. Вал 2 выполнен со сквозными радиальными трехгранными отверстиями, в каждом из которых с возможностью перемещения и фиксации относительно наружной поверхности вала установлены транспортирующие лопасти 3 и 4. Ребро 6 лопасти 3 имеет шаговые прорезы 7 для размещения в них торцовых частей 8 граней 5 каждой последующей лопасти 3, а лопасть 4, замыкающая ряд всех лопастей 3, жестко закреплена на валу 2 посредством фиксатора 9.

Буровой став работает следующим образом.



Его сборку выполняют, начиная с первой относительно режущей головки лопасти 3, которая устанавливается в сквозное (радиальное) трехгранное отверстие вала 2 с требуемым вылетом в радиальном направлении над поверхностью вала 2. Установленная лопасть 3 фиксируется в радиальном направлении последующей лопасти, таким же образом монтируемой за счет того, что торцовые части 8 последующей лопасти размещаются при этом в прорезях 7 ребра 6 предыдущей лопасти. Таким образом, каждая последующая лопасть своими гранями фиксирует предыдущую лопасть. Последняя замыкающая весь ряд лопасть 4 закрепляется на валу 2 фиксатором 9.

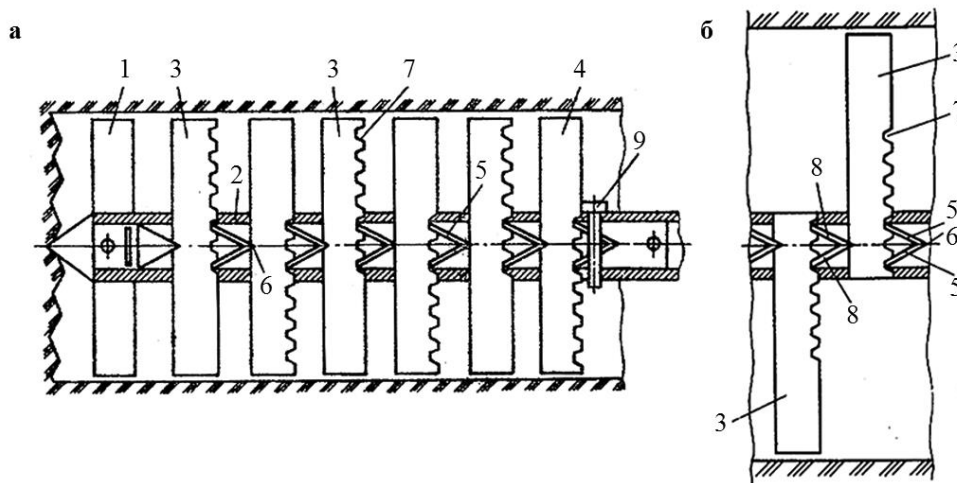


Рис. 5. Реверсивный буровой став с раздвижными лопастными секциями
Fig. 5. Reversible drilling rig with sliding blade sections

При бурении скважины буровой став реверсивно вращают вокруг его продольной оси с подачей на забой. Реверсивная режущая головка 1 разрушает бурильный массив породы, а лопасти 3 последовательно подвигают отбитые частицы породы по скважине к ее устью.

Конструкция бурового става позволяет бурить скважины в диапазоне настройки на различные диаметры, улучшить условия его ремонта, монтажно-демонтажных операций, хранения и эксплуатации.

В технических решениях [27, 28] предложены подходы, в которых для расширения функциональных возможностей проходческих комбайнов избирательного действия разработаны комплекты бурового инструмента как для однокорончатых реверсивных исполнительных органов (Рис. 6), так и для двухкорончатых (Рис. 7) на базе дискового породоразрушающего инструмента [29].

На Рис. 6. представлен процесс многоциклового разрушения забойного массива с использованием шнекобурового инструмента: а – комплект шнекобурового инструмента для проходческих комбайнов избирательного действия при забурировании опережающей скважины; б – формирование полной длины опережающей скважины; в – многоцикловое сокращение глубины опережающей скважины в осевом и поперечном направлениях; г – схема ступенчатой обработки забоя в горизонтальной и вертикальной плоскостях до требуемой формы и размеров поперечного сечения проходческой выработки.

Первое техническое решение (Рис. 6) [27] с проходческим комбайном 1 включает стрелу 2 и рабочий орган в виде реверсивной радиальной коронки 3. При этом коронка 3 оснащена трехгранными призмами с дисковыми инструментами 4 [29], 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 ауриггеры 8. Вместе с тем разработка базируется на использовании проходного опорного центризатора 9 (Рис. 6, а), выполненного по форме цилиндра. Со стороны забоя располагается первая часть опорного центризатора 9, имеющая наружную цилиндрическую поверхность, что позволяет обеспечить ее центрирование внутри устья опережающей скважины 10. Следом за первой частью идет вторая, оформленная четырьмя вертикальными гнездами, с размещенными в них попарно



гидродостойками 11, для распора в кровлю и почву горной выработки. Третья часть включает откидной ключ с подхватом для монтажно-демонтажных операций каждой секции шнекобурового инструмента.

В проходном опорном центраторе 9 (Рис. 6, а) 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 скважины 10, а также осью стрелы 2 с коронкой 3.

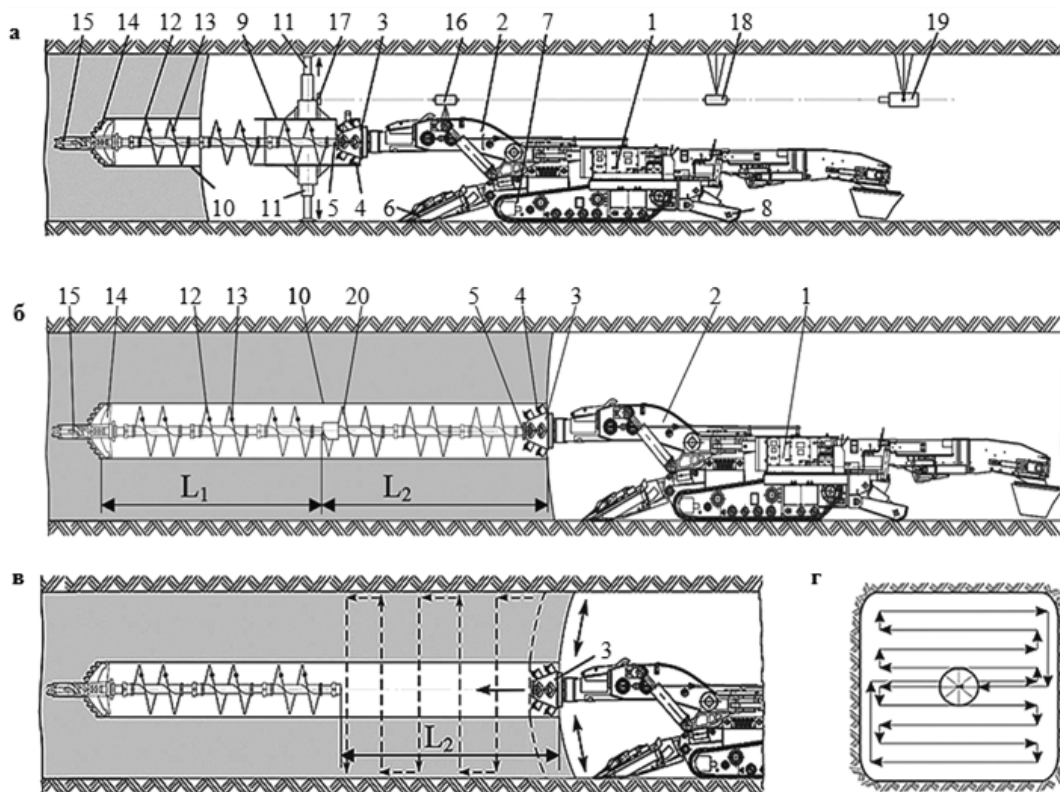


Рис. 6. Процесс многоциклового разрушения забойного массива шнекобуровым инструментом
Fig. 6. The process of multi-cycle destruction of a downhole array with a screw drill tool

Шнекобуровой инструмент состоит из двух частей (Рис. 6, б). 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. 6, б) извлекают штангу-проставку 20, и в освободившемся устье опережающей скважины 10 на длине L_2 проводят разрушение горной выработки коронкой 3 (Рис. 5, в), перемещая ее в направлении по горизонтали и вертикали, последовательно формируя нужную форму и размер поперечного сечения (Рис. 6, г), приближаясь на завершающем этапе к торцу шнекобурового инструмента первой части длиной L_1 . Из нового исходного положения проводятся последующие циклы бурения опережающей скважины 10 с многоцикловым процессом разрушения забоя горной



выработки. Это продолжается до того, пока коронки 3 с дисковым инструментом 4 не выйдут в сбоечное рабочее пространство. Это создает возможность демонтажа комплекта бурового инструмента как со стороны проходческого комбайна, так со стороны сбоечного рабочего пространства.

Для управления параллельностью оси буримой опережающей скважины с учетом угла падения угольного пласта к корпусу стрелы проходческого комбайна избирательного действия жестко прикреплен корпус соосного двухлучевого лазерного устройства. Один из его лучей направлен на переднюю забойную мишень, прикрепленную между верхними спаренными гнездами второй части корпуса проходного опорного центриатора симметрично относительно вертикальной оси, пересекающей ось опережающей скважины. Другой луч направлен через расположенную за стрелой проходческого комбайна и закрепленную промежуточную проходную мишень на дистанционно-удаленную и закрепленную к кровле выработки мишень-прицел. Это позволяет осуществлять контроль за соосностью шнекобурового инструмента с осью опережающей скважины, осью стрелы с реверсивной радиальной коронкой и параллельности их продольной оси проводимой горной выработки.

На Рис. 7 представлено второе техническое решение [28] в виде устройства для забуривания исполнительного органа с дисковым инструментом: а – применение многолучевых параллельно-осевых буровых коронок; поэтапное размещение параллельно-осевых радиальных коронок в забоях спаренных опережающих скважин с последующим разрушением забоя выработки в вертикальной (б) и горизонтальной (в) плоскостях; г – многолучевые параллельно-осевые буровые коронки с забурниками. Устройство для забуривания исполнительного органа проходческого комбайна состоит из телескопической раздвижной стрелы 1, 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, г). Наружные поверхности корпусов коронок 3 и 4 содержат трехгранные призмы 7 с дисковыми инструментами 8 [29] (Рис. 7, г), 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. 7, г), 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 левый 16 и правый 17 (Рис. 7, а). При этом конструкция левого патрона 16 состоит из левого внутреннего многогранного гнезда и левого байонетного замка, а конструкция правого патрона 17 состоит из правого внутреннего многогранного гнезда и правого байонетного замка. Гнезда обладают направляющими и ориентирующими поверхностями с радиальными осями симметрии, которые имеют смещение на угол секторный ψ (Рис. 7, г) по отношению друг к другу на двух коронках 3, 4, имеющих кинематическую связь. За счет этого радиальные лучи 11, 12 (Рис. 7, г) 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 размещается в образовавшейся впадине между двумя смежными лучами 11, обеспечивая воздушный боковой зазор Δ (Рис. 7, г).

Многолучевые параллельно-осевые буровые коронки 9, 10 выполнены с максимальным диаметром не меньше максимального наружного диаметра по дисковому инструменту 8 в зоне большего основания 6 параллельно-осевых радиальных коронок 3, 4. Кроме того, длина осевого хода телескопической раздвижности стрелы должна быть не меньше суммы слагаемых, включающих: длину забурника 14 или 15, длину многолучевой параллельно-осевой буровой коронки 9 или 10, глубину байонетного замка и длину параллельно-осевой радиальной коронки 3 или 4.

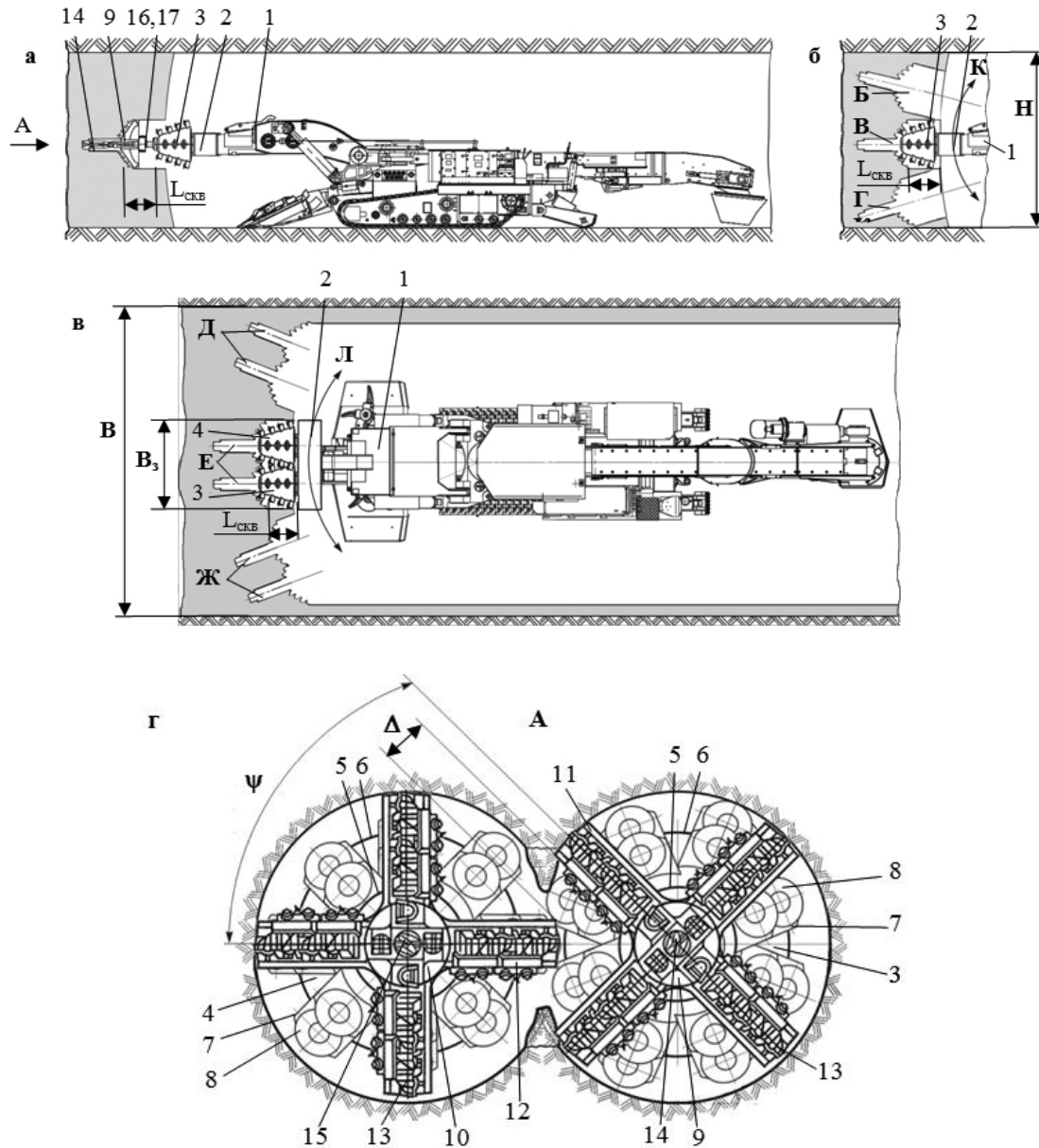


Рис. 7. Устройство для забуривания исполнительного органа с дисковым инструментом
Fig. 7. A device for drilling an executive body with a disk tool

После сборки устройства проводится заглабление многолучевых параллельно-осевых буровых коронок 9, 10 (Рис. 7, а, г) и забуриков 14, 15 с формированием спаренных опережающих скважин глубиной $L_{СКВ}$. Затем осуществляют демонтаж многолучевых параллельно-осевых буровых коронок 9, 10 с последующим их складированием в призабойном пространстве. Далее параллельно-осевые радиальные коронки 3, 4 размещаются с помощью консольной телескопической раздвижной стрелы 1 в пространствах спаренных опережающих скважин на глубину $L_{СКВ}$ (Рис. 7, б, в), например, по одному из вариантов в виде следов на поверхности забоя проходческой выработки: Б, В, Г, Д, Е, Ж. После этого включается привод вращения параллельно-осевых радиальных коронок 3, 4 и подачи в осевом направлении консольной телескопической раздвижной стрелы 1. При этом поперечные перемещения стрелы 1 с последующим разрушением забоя проходческой выработки осуществляются как в вертикальной плоскости по стрелке К (Рис. 7, б) от кровли выработки к почве, формируя ширину захвата B_3 вынимаемого слоя, так и в горизонтальной плоскости по стрелке Л (Рис. 7, в). На



уровне почвы стрела 1 перемещается в горизонтальной плоскости влево по стрелке Л (Рис. 7, в) под выемку новой вертикальной полосы шириной захвата В_з вынимаемого слоя от почвы выработки к кровле. Тем самым повторяются многоцикловые перемещения, пока не будет обработана вся площадь поперечного сечения выработки шириной В и высотой Н.

Таким образом, рассмотренное конструктивное исполнение бурового инструмента позволяет повысить эффективность процесса забуривания и повышения темпов проведения проходки выработок путем размещения параллельно-осевых радиальных коронок с дисковым инструментом под любым углом наклона к горизонту в пространстве поперечного сечения забоя проходческой выработки. Это создает возможность выбора машинистом комбайна наиболее рационального места забуривания многолучевых параллельно-осевых буровых коронок с минимальной энергоемкостью разрушения целика угольного пласта. Кроме того, значительно снижаются затраты времени на процессы снятия и установки многолучевых параллельно-осевых буровых коронок за счет минимальных габаритов по длине и, соответственно, по площади для их складирования в призабойном рабочем пространстве.

Представленные выше инновационные технические решения базируются на подходах по разработке комплектов инструмента для бурения скважин, позволяющих повысить функциональные технологические и технические возможности буровых станков, буровых машин и проходческих комбайнов избирательного действия (Таблицы 1, 2, 3).

Таблица 1. Подход к повышению эффективности комплектов инструмента буровых станков для бурения скважин

Table 1. An approach to improving the efficiency of tool kits for drilling rigs when drilling wells

| Техническое решение | Объект исследования | Эффективность технического решения |
|---------------------|---|---|
| Патент РФ 217329 | Расширитель обратного хода для бурения восстающих скважин | Защита рабочего пространства опережающей многолучевой коронки от продуктов разрушения, снижение их переизмельчения и пылеобразования; повышение эффективности процессов гравитационного истечения продуктов разрушения в восстающую пионерную скважину при разбуривании обратным ходом до требуемого диаметра дисковым инструментом со ступенчатой схемой разрушения забоя. |

Таблица 2. Подходы к повышению эффективности комплектов инструмента для машин горизонтального бурения скважин

Table 2. Approaches to improving the efficiency of tool kits for horizontal well drilling machines

| Техническое решение | Объект исследования | Эффективность технических решений |
|---------------------|-----------------------------------|--|
| А.с. 810921 | Рабочий орган шнекобуровой машины | Снижается осевое усилие подачи и улучшается направленность бурения в глинистых пластичных горных породах за счет использования фрикционной муфты, одна полумуфта которой связана с валом винтового анкера-забурника, а другая – со шнековой секцией. При этом фрикционная муфта и вал забурника установлены с возможностью осевого перемещения относительно шнековой секции и подшипниковой опоры. |
| Патент РФ 169356 | Рабочий орган шнекобуровой машины | Расширяется область применения рабочего органа при бурении как пород малой крепости, так и пород средней крепости с обеспечением прямолинейности оси скважины за счет использования дополнительной кулачковой муфты с возможностью ее срабатывания вслед за фрикционной муфтой. |



| Техническое решение | Объект исследования | Эффективность технических решений |
|---------------------|--|--|
| Патент РФ 207323 | Рабочий орган машины шнекового горизонтального бурения | Повышается работоспособность откидных шарнирно-поворотных резцовых групп при их радиальном складывании и раскрытии в процессе замены изношенного инструмента с предотвращением вероятности заштыбовки откидных резцовых групп в шарнирно-поворотном устройстве их крепления к консольным частям корпусов радиально-наклонных лучей при бурении пород средней крепости. |
| А.с. 517696 | Буровой став для машин горизонтального бурения | Улучшается направленность бурения и транспортирование грунта к устью скважины независимо от направления вращения става за счет того, что режущая головка и транспортирующие лопасти выполнены в виде граней двугранного угла. |

Таблица 3. Подходы к повышению эффективности комплектов инструмента проходческих комбайнов избирательного действия для бурения скважин

Table 3. Approaches to improving the efficiency of tool kits for selective-action tunneling combines when drilling wells

| Техническое решение | Объект исследования | Эффективность технического решения |
|---------------------|--|--|
| Патент РФ 2689455 | Способ проходки горной выработки и устройство для его осуществления | Повышается эффективность процесса забуривания опережающей скважины в породах средней крепости, снижается энергоемкость процесса разрушения забойного массива и запыленность рабочего пространства, повышаются темпы и направленность проведения горных выработок за счет использования шнекобурового инструмента, проходного опорного центратора, соосного двухлучевого лазерного лучеобразователя, штанги-герметизатора с водоподводящим устройством. |
| Патент РФ 201219 | Устройство для забуривания исполнительного органа проходческого комбайна избирательного действия | Повышаются эффективность процесса забуривания и темпы проведения проходки выработок в породах средней крепости за счет того, что параллельно-осевые радиальные коронки размещаются под любым углом наклона к горизонту в пространстве поперечного сечения забоя проходческой выработки с возможностью выбора места забуривания с минимальной энергоемкостью на разрушение целика угольного пласта многолучевыми параллельно-осевыми буровыми коронками. При этом значительно снижается время на процессы снятия и установки многолучевых параллельно-осевых буровых коронок из-за минимальных габаритов по длине и, соответственно, по площади для их складирования в призабойном пространстве |

Предложенные подходы разработаны по результатам производственных испытаний опытных образцов бурошнековых машин и комплектов инструмента, проведенных на стройплощадках следующих предприятий: ООО «Блок», г. Нижневартовск; Белоярской АЭС; треста «Кузбассэнергострой», ООО «Кемеровоэлектромонтаж», ООО «Прокопьевское специализированное предприятие»; шахта «Романовская»; трест «Москабельсетьмонтаж».

Заключение

Инновационные подходы по разработке комплектов инструмента машин для бурения скважин предложены с использованием результатов научно-практических исследований и производственных испытаний. Выявлены и сформированы новые направления в научной деятельности по специальности «Геотехнология, горные машины» для разработки оригинальных технических решений.



Представленная совокупность разработанного способа проходки горной выработки и устройства для его осуществления в условиях угольных шахт с комплектом устройств для бурения коммуникационных скважин в подземном строительстве позволяет сформулировать стратегические цели по повышению эффективности процесса использования опережающих скважин как функциональной основы области применения базового комплекса машин, включающих проходческие комбайны избирательного действия, бурошнековые машины и буровые станки. Реализация этих разработок решает тактические цели, связанные со снижением энергоемкости процессов разрушения забойного массива, транспортирования продуктов разрушения по опережающим скважинам с различными углами наклона к горизонту, запыленности и загазованности рабочего пространства, а также с повышением темпов и направленности проведения горных выработок. Кроме того, может быть достигнуто повышение ремонтпригодности, безопасности, снижение трудоемкости монтажно-демонтажных операций.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

© 2026 Авторы. Издательство Кузбасского государственного технического университета имени Т. Ф. Горбачева. Эта статья доступна по лицензии Creative Commons «Attribution» («Атрибуция») 4.0 Всемирная (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)

Информация об авторах

Маметьев Леонид Евгеньевич, д.т.н., профессор кафедры горных машин и комплексов
e-mail: mle.gmk@kuzstu.ru

Хорешок Алексей Алексеевич, д.т.н., профессор кафедры горных машин и комплексов
e-mail: haa.omit@kuzstu.ru

Борисов Андрей Юрьевич, к.т.н., доцент кафедры горных машин и комплексов
e-mail: borisovau@kuzstu.ru

Алиткина Оксана Алексеевна, аспирант кафедры горных машин и комплексов
e-mail: aoa.ok@kuzstu.ru

Кузбасский государственный технический университет им. Т. Ф. Горбачева
650000, Российская Федерация, г. Кемерово, ул. Весенняя, 28

Список литературы

1. Шиповский К.А., Капитонов В.А., Петров М.В., Ефимов А.В. Опыт проектирования и строительства горизонтальной скважины с отрицательным отходом и разворотом по азимуту при бурении на обсадной колонне // Ашировские чтения. – 2023. – Т. 2. № 15. – С. 89-95.
2. Мышов, А.Н. Конструктивные схемы бурошнековых машин и оборудования на базе серийных узлов и механизмов горных машин // Вестник науки. – 2023. – Т. 1. № 2 (59). – С. 164-166.
3. Deryaev A.R. Horizontal well drilling technology // Theoretical & Applied Science. – 2023. – № 2(118). – pp. 445-449.
4. Liu W., Ni H., Wang Yu., Guo Y., Gao Yu., He P. Dynamic modeling and load transfer prediction of drill-string axial vibration in horizontal well drilling // Tribology International. – 2023. – Vol. 177. – P. 107986.
5. Danilov B.B., Rechkin A.A. Determining deviation parameters when sinking horizontal wells in soil // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – 2022. – Vol. 991. – Article 012022.
6. Данилов Б.Б., Речкин А.А. К определению параметров отклонения управляющего устройства при прохождении горизонтальных скважин в грунте // Фундаментальные и прикладные вопросы горных наук. – 2020. – Т. 7. № 2. – С. 134-139.
7. 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.
8. Воробей Д.А., Майснер А.А., Семкин Д.С. Обзор установок горизонтально-направленного бурения и анализ эффективности способов управления траекторией бурения // Техника и технологии строительства. – 2023. – № 2 (34). – С. 26-33.



9. Заболотный А.С., Муксинов Р.Р., Хасанов Р.А. Организация работ с целью снижения отклонений от плановой траектории при бурении наклонно-направленных и горизонтальных скважин с винтовыми забойными двигателями // Бурение и нефть. – 2023. – № 10. – С. 20-24.
10. Ahmed A., Islam Md.A., Alam Md.Z., Quazi H.S. Surface settlement induced by horizontal directional drilling. *Underground Space (China)*. – 2023. – Vol. 8. – Pp. 94-108.
11. Wiśniowski R., Ziaja Ja., Druzgała A. Horizontal directional drilling (HDD) and intersect drilling method on a practical example. *SGEM 2018. Conference proceedings*. – 2018. – Pp. 119-124.
12. Максимов А. С., Семкин Д. С. Расширение технических возможностей установки горизонтально-направленного бурения // Техника и технологии строительства. – 2017. – № 2 (10). – С. 38-43.
13. Danilov B.B., Smolyanitsky B.N., Cheshchin D.O. Justification of basic diagrams of horizontal drilling deflectors // *Journal of Mining Science*. – 2015. – Vol. 51. Issue 3. – Pp. 553-561.
14. Машины и инструмент для бурения скважин: монография. / А.А. Хорешок, Л.Е. Маметьев, А.М. Цехин и др. ; Великий Новгород : НовГУ им. Ярослава Мудрого, 2022. – 174 с.
15. Расширитель обратного хода для бурения восстающих скважин : пат. 217329 РФ : МПК E21B 7/28 (2006.01), E21D 3/00 (2006.01) / Маметьев Л.Е., Цехин А.М., Хорешок А.А., Борисов А.Ю., Алиткина О.А. ; патентообладатель ФГБОУ ВО «Кузбас. гос. техн. ун-т им. Т. Ф. Горбачева» (КузГТУ). – № 2023101625 ; заявл. 26.01.2023 ; опубл. 28.03.2023, Бюл. № 10.
16. Комплект инструмента для многоэтапного бурения сбоечных восстающих скважин : пат. 2813978 РФ : МПК E21B 7/00 (2006.01), E21D 3/00 (2006.01) / Маметьев Л.Е., Цехин А.М., Хорешок А.А., Борисов А.Ю. ; патентообладатель Федер. гос. бюджет. образоват. учреждение высш. образования «КузГТУ им. Т. Ф. Горбачева» (КузГТУ). – № 2023117827 ; заявл. 06.07.2023 ; опубл. 20.02.2024, Бюл. № 5.
17. Маметьев, Л.Е. Обоснование и разработка способов горизонтального бурения и оборудования буровых машин: Дис. ... докт. техн. наук. – Кемерово, 1992. – 492 с.
18. Маметьев, Л.Е. Конструктивные элементы узлов и механизмов для шнековых машин горизонтального бурения / Л.Е. Маметьев, Ю.В. Дрозденко, О.В. Любимов // *Справочник. Инженерный журнал*. – 2010. – № 11 (164). – С. 25–26.
19. Васильев С.Г. Закрытая прокладка коммуникаций // Киев, «Вища школа», 1974. – 131 с.
20. Тапов Е.И., Площадный В.Я. Шнековый буровой инструмент. *Справочник*. – М.: Недра, 1985. – 109с.
21. Инструмент для шнекового бурения горизонтальных и слабонаклонных скважин : пат. 182774 РФ : МПК E21B 7/04 (2006.01), E21B 7/28 (2006.01), E21B 7/30 (2006.01), E02F 5/18 (2006.01) / Маметьев Л.Е., Цехин А.М., Хорешок А.А., Борисов А.Ю. ; патентообладатель ФГБОУ ВО «Кузбас. гос. техн. ун-т им. Т. Ф. Горбачева» (КузГТУ). – № 2018117039 ; заявл. 07.05.2018; опубл. 31.08.2018, Бюл. №25.
22. Рабочий орган шнекобуровой машины : а. с. 810921 СССР : М. Кл.(3) E21B 1/00, E21B 10/26 / Сафохин М.С., Маметьев Л.Е., Логов А.Б., Начев К.В., Цехин А.М., Герике Б.Л. ; заявитель Кузбас. политехн. ин-т. – № 2694426/22–03 ; заявл. 06.12.78 ; опубл. 07.03.81, Бюл. № 9.
23. Рабочий орган шнекобуровой машины : пат. 169356 РФ : МПК E21B 10/26 (2006.01) / Маметьев Л.Е., Любимов О.В., Дрозденко Ю.В. ; патентообладатель Федер. гос. бюджет. образоват. учреждение высш. образования «Кузбас. гос. техн. ун-т им. Т. Ф. Горбачева» (КузГТУ). – № 2016143807 ; заявл. 08.11.2016 ; опубл. 15.03.2017, Бюл. № 8.
24. Рабочий орган машины шнекового горизонтального бурения : пат. 207323 РФ : МПК E21B 7/28 (2006.01), E02F 5/18 (2006.01) / Маметьев Л.Е., Хорешок А.А., Цехин А.М., Борисов А.Ю. ; патентообладатель Федер. гос. бюджет. образоват. учреждение высш. образования «Кузбас. гос. техн. ун-т им. Т. Ф. Горбачева» (КузГТУ). – № 2021110848 ; заявл. 19.04.2021; опубл. 22.10.2021, Бюл. №30.
25. Буровой став для машин горизонтального бурения : а. с. 517696 СССР : М. Кл.(2) E21 C 13/00 / Сафохин М.С., Маметьев Л.Е., Пуркаев И.Н. ; заявитель Кузбас. политехн. ин-т. – № 2105420/03 ; заявл. 13.02.75 ; опубл. 15.06.76, Бюл. № 22.
26. Буровой став для машин горизонтального бурения : а. с. 1661397 СССР : МПК(5) E21 C 1/00 / Сафохин М.С., Маметьев Л.Е., Ананьев А.Н., Карпенко С.М. ; заявитель Кузбас. политехн. ин-т. – № 4723826/03 ; заявл. 26.07.89 ; опубл. 07.07.91, Бюл. № 25.
27. Способ проходки горной выработки и устройство для его осуществления : пат. 2689455 РФ : МПК E21C 25/16 (2006.01), E21B 7/04 (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). – № 2018129469 ; заявл. 13.08.2018; опубл. 28.05.2019, Бюл. №16.
28. Устройство для забуривания исполнительного органа проходческого комбайна избирательного действия : пат. 201219 РФ : МПК E21C 25/16 (2006.01) / Маметьев Л.Е., Хорешок А.А., Цехин А.М., Борисов А.Ю. ; патентообладатель Федер. гос. бюджет. образоват. учреждение высш. образования



«Кузбас. гос. техн. ун-т им. Т. Ф. Горбачева» (КузГТУ). – № 2020129694 ; заявл. 09.09.2020 ; опубл. 03.12.2020, Бюл. № 34.

29. Проходческие комбайны со стреловидным исполнительным органом. Часть 3. Выбор и обоснование рабочих параметров двухкорончатых реверсивных исполнительных органов : монография / А.А. Хорешок, Л.Е. Маметьев, А.М. Цехин и др. ; Кузбасский государственный технический университет, Юргинский технологический институт. – Томск : Изд-во ТПУ, 2016. – 136 с.

UDC 622.24.051.52 + 622.232.83.054.52

APPROACHES TO THE DEVELOPMENT OF TOOL KITS FOR MACHINES WHEN DRILLING WELLS

Leonid E. Mametyev, Alexey A. Khoreshok, Andrew Yu. Borisov, Oksana A. Alitkina

T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University

Abstract.

This paper examines configuration schemes for drilling tool sets that are adaptable to a wide range of operating conditions and technological applications, specifically for drilling rigs, auger drilling machines, and selective-action tunnel boring machines, which are characterized by a cyclical, multi-stage operational process. These configuration schemes enable the development of new drilling tool sets, ensuring their subsequent manufacture and improvement based on mass-produced components and mechanisms from machine-building plants in Kuzbass and Russia. The paper presents the summarized results of scientific and practical research and production tests conducted at Kuzbass State Technical University, which led to the development of new, original technical solutions to improve the efficiency of drilling horizontal, gently inclined, and rising wells. Technical solutions in the form of reverse-flow expanders have been developed in stages to increase the efficiency of the gravitational flow of cuttings into the rising pilot well during reverse-flow drilling to the required diameter using a disc tool with a stepped bottomhole destruction scheme. The design features of the working components for auger drilling machines are examined, followed by an identification of their shortcomings. Particular attention is paid to the design of the working mechanism of an auger drilling machine with hinged-swivel cutter groups that can be folded back, which improves the performance of these groups when they are radially folded and unfolded during the replacement of worn tools, and the likelihood of jamming the swivel devices of the cutter groups is prevented. A promising auger-type drilling rig is proposed for drilling horizontal wells during the installation of various underground utilities in mining and underground construction. A technology for a two-stage process of drilling long-reach horizontal wells of large diameter using forward and reverse-rotation auger tools has been developed and brought to the level of industrial implementation, implementing various drilling methods using sets of devices. The geography of the implementation of original technical solutions for auger drilling machines in various regions of Russia is presented. Approaches are described for expanding the functional capabilities of selective-action tunneling machines equipped with drilling tool sets for single-bit and double-bit reversible working units with disc tools.



Article info

Received:
21 September 2025

Revised:
19 January 2026

Accepted:
24 February 2026

Keywords: drilling rig, auger drilling machine, roadheader, drill bit, reamer, cutter, disc, lamp, rod, auger, casing, working space, bottom hole assembly, drilling, feed, well, fastening



For citation: Mametyev L.E., Khoreshok A.A., Borisov A.Yu., Alitkina O.A. Approaches to the development of tool kits for machines when drilling wells. *Journal of mining and geotechnical engineering*. 2026;1(32):48-67. DOI: 10.26730/2618-7434-2026-1-48-67, EDN: FMAWND

References

1. Myshov, A.N. Design schemes for drill rigs and equipment based on serial units and mechanisms of mining machines. *Science Bulletin*. 2023;2(59):164-166. [In Russ.].
2. Shipovskiy, K.A., Kapitonov V.A., Petrov M.V., Efimov A.V. Experience in designing and constructing a horizontal well with negative deviation and azimuth rotation when drilling on a casing string. *Ashirovskie Chteniya = Ashirov Readings*. 2023;2(15):89-95. [In Russ.].
3. Deryaev A.R. Horizontal well drilling technology. *Theoretical & Applied Science*. 2023;2(118):445-449. [In Russ.].
4. Liu W., Ni H., Wang Yu., Guo Y., Gao Yu., He P. Dynamic modeling and load transfer prediction of drill-string axial vibration in horizontal well drilling. *Tribology International*. 2023;177:107986.
5. Danilov B.B., Rechkin A.A. Determining deviation parameters when sinking horizontal wells in soil. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2022;991:012022.
6. Danilov B.B., Rechkin A.A. On determining the deviation parameters of the control device when drilling horizontal wells in soil. *Fundamental and Applied Issues of Mining Sciences*. 2020;7(2):134-139. [In Russ.].
7. Danilov B.B., Smolyanitsky B.N. Method and drilling tool for changing the trajectory of a well during auger drilling. *Bulletin of the Siberian State University of Railway Transport*. 2017;1(40):66-73. [In Russ.].
8. Vorobey D.A., Maisner A.A., Semkin D.S. Overview of horizontal directional drilling rigs and analysis of the effectiveness of drilling trajectory control methods. *Construction Technology and Engineering*. 2023;2(34):26-33. [In Russ.].
9. Zabolotny A.S., Muksinov R.R., Khasanov R.A. Organization of work to reduce deviations from the planned trajectory when drilling inclined and horizontal wells with screw downhole motors. *Drilling and Oil*. 2023;10:20-24. [In Russ.].
10. Ahmed A., Islam Md.A., Alam Md.Z., Quazi H.S. Surface settlement induced by horizontal directional drilling. *Underground Space (China)*. 2023;8:94-108.
11. Wiśniowski R., Ziaja Ja., Druzgała A. Horizontal directional drilling (HDD) and intersect drilling method on a practical example. *SGEM 2018. Conference proceedings*. 2018. – Pp. 119-124.
12. Maksimov A. S., Semkin D. S. Expansion of the technical capabilities of horizontal directional drilling equipment. *Construction Technology and Engineering*. 2017;2(10):38-43.
13. Danilov B.B., Smolyanitsky B.N., Cheshchin D.O. Justification of basic diagrams of horizontal drilling deflectors. *Journal of Mining Science*. 2015;51(5):553-561.
14. Machines and tools for well drilling: monograph. / A.A. Khoreshok, L.E. Mametyev, A.M. Tsekhin et al.; Yaroslav-the-Wise Novgorod State University. *Veliky Novgorod*. 2022. – 174 p. [In Russ.].
15. Reverse flow expander for drilling inclined wells: patent 217329 RF: IPC E21B 7/28 (2006.01), E21D 3/00 (2006.01) / Mametyev L.E., Tsekhin A.M., Khoreshok A.A., Borisov A.Yu., Alitkina O.A.; patent holder: Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “Kuzbass State Technical University named after T.F. Gorbachev” (KuzSTU). – No. 2023101625; filed on 26.01.2023; published on 28.03.2023, Bulletin No. 10. [In Russ.].
16. Tool set for multi-stage drilling of deviated ascending wells: patent 2813978 RF: IPC E21B 7/00 (2006.01), E21D 3/00 (2006.01) / Mametyev L.E., Tsekhin A.M., Khoreshok A.A., Borisov A.Yu.; patent holder: Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “Kuzbass State Technical University named after T.F. Gorbachev” (KuzSTU). – No. 2023117827; applied for on 06.07.2023; published on 20.02.2024, Bulletin No. 5. [In Russ.].
17. Mametyev, L.E. Justification and development of methods for horizontal drilling and equipment for auger drilling machines: Doctor of Technical Sciences Dissertation. – Kemerovo, 1992. – 492 p. [In Russ.].
18. Mametyev, L.E., Drozdenko Yu.V., Lyubimov O.V. Structural elements of assemblies and mechanisms for horizontal drilling auger machines. *Reference book. Engineering journal*. 2010;11(164):25-26. [In Russ.].
19. Vasilyev S.G. Closed laying of communications. *Kiev, High School Publishing House*. – 1974. – 131 p. [In Russ.].
20. Tapov E.I., Ploshchadny V.Ya. Auger drilling tools. Reference book. *Moscow: Nedra Publishing House*. – 1985. – 109 p. [In Russ.].
21. Tool for horizontal and slightly inclined screw drilling: patent 182774 RF: IPC E21B 7/04 (2006.01), E21B 7/28 (2006.01), E21B 7/30 (2006.01), E02F 5/18 (2006.01) / Mametyev L.E., Tsekhin A.M., Khoreshok A.A., Borisov A.Yu.; Patent holder: Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education



“Kuzbass State Technical University named after T.F. Gorbachev” (KuzSTU). – No. 2018117039; filed on 07.05.2018; published 31.08.2018, Bulletin No. 25. [In Russ.].

22. Working body of an auger drilling machine: a. s. 810921 USSR: M. Kl.(3) E21B 1/00, E21B 10/26 / Safokhin M.S., Mametyev L.E., Logov A.B., Nachev K.V., Tsekhin A.M., Gerike B.L.; applicant Kuzbass Polytechnic Institute – No. 2694426/22–03; filed 06.12.78; published 07.03.81, Bulletin No. 9. [In Russ.].

23. Working body of an auger drilling machine: patent 169356 RF: IPC E21B 10/26 (2006.01) / Mametyev L.E., Lyubimov O.V., Drozdenko Yu.V.; patent holder Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “Kuzbass State Technical University named after T.F. Gorbachev” (KuzSTU). – No. 2016143807; filed 08.11.2016; published 15.03.2017, Bulletin No. 8. [In Russ.].

24. Working body of a horizontal screw drilling machine: patent 207323 RF: IPC E21B 7/28 (2006.01), E02F 5/18 (2006.01) / Mametyev L.E., Khoreshok A.A., Tsekhin A.M., Borisov A.Yu.; patent holder Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “Kuzbass State Technical University named after T.F. Gorbachev” (KuzSTU). – No. 2021110848; filed on 19.04.2021; published on 22.10.2021, Bulletin No. 30. [In Russ.].

25. Drilling rig for horizontal drilling machines: a. s. 517696 USSR: M. Kl.(2) E21 C 13/00 / Safokhin M.S., Mametyev L.E., Purkaev I.N.; applicant Kuzbass Polytechnic Institute. – No. 2105420/03; filed 13.02.75; published 15.06.76, Bulletin No. 22. [In Russ.].

26. Drilling rig for horizontal drilling machines: a. s. 1661397 USSR: IPC(5) E21 C 1/00 / Safokhin M.S., Mametyev L.E., Ananyev A.N., Karpenko S.M.; applicant: Kuzbass Polytechnic Institute. – No. 4723826/03; filed 26.07.89; published 07.07.91, Bulletin No. 25. [In Russ.].

27. Method of driving a mine tunnel and device for its implementation: patent 2689455 RF: IPC E21C 25/16 (2006.01), E21B 7/04 (2006.01) / Mametyev L.E., Tsekhin A.M., Khoreshok A.A., Borisov A.Yu.; Patent holder: Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “Kuzbass State Technical University named after T.F. Gorbachev” (KuzSTU). – No. 2018129469; filed on 13.08.2018; published 28.05.2019, Bulletin No. 16. [In Russ.].

28. Device for drilling the executive body of a selective action tunneling machine: patent 201219 RF: IPC E21C 25/16 (2006.01) / Mametyev L.E., Khoreshok A.A., Tsekhin A.M., Borisov A.Yu.; patent holder: Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “Kuzbass State Technical University named after T.F. Gorbachev” (KuzSTU). – No. 2020129694; filed 09.09.2020; published 03.12.2020, Bulletin No. 34. [In Russ.].

29. Tunneling machines with arrow-shaped working bodies. Part 3. Selection and justification of operating parameters for double-crown reversible working bodies: monograph / A.A. Khoreshok, L.E. Mametyev, A.M. Tsekhin, et al.; Kuzbass State Technical University, Yurginsky Technological Institute. – Tomsk: Tomsk Polytechnic University Press, 2016. – 136 p. [In Russ.].

Conflicts of Interest

The authors declare no conflict of interest.

© 2026 The Authors. Published by T. F. Gorbachev Kuzbass State Technical University. This is an open access article under the CC BY license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

Information about the authors

Leonid E. Mametyev, Dr.Sc. (Tech.), Professor
e-mail: mle.gmk@kuzstu.ru

Alexey A. Khoreshok, Dr.Sc. (Tech.), Professor
e-mail: haa.omit@kuzstu.ru

Andrew Yu. Borisov, Ph.D. (Tech.), Associate Professor
e-mail: borisovau@kuzstu.ru

Oksana A. Alitkina, graduate student
e-mail: aoa.ok@kuzstu.ru

T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University
650000, Russian Federation, Kemerovo, 28 Vesennaya St.

