



УДК 622.24.051.52

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ БУРЕНИЯ ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ СКВАЖИН И РАБОЧЕГО ОБОРУДОВАНИЯ БУРОШНЕКОВЫХ МАШИН

Маметьев Л.Е., Хорешок А.А., Цехин А.М., Борисов А.Ю.

Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева

Аннотация.

Представлены параметры технологических схем, оборудования и состав операций при реализации процессов пионерного бурения и расширения обратным ходом горизонтальных скважин-переходов, совмещенных с процессами их крепления колоннами секционных обсадных труб.

Приведены технические характеристики и результаты эксплуатации оригинальных конструкций бурошнековых машин в различных регионах России, изготовленных на базе серийно выпускаемых узлов и механизмов на машиностроительных заводах Кузбасса, что позволяет приблизить решение вопросов по импортозамещению в горном деле и подземном строительстве.

Обоснованы и разработаны конструкции шагающих механизмов подачи прямого и обратного хода, а также рабочего органа бурошнековых машин, позволяющие расширить область применения и функциональные возможности в направлении снижения энергоемкости и повышения производительности процессов разрушения, погрузки и транспортирования продуктов бурения.

Решены вопросы беспрепятственного извлечения секционного бурошнекового инструмента из колонны секционных инвентарных обсадных труб и замены изношенного резцового инструмента на многорезцовые расширители прямого хода со складывающимися резцовыми группами без разборки секционного шнекового бурового става, и его обратного возвращения через неподвижную колонну секционных инвентарных обсадных труб до контакта расширителя прямого хода с поверхностью разрушения забоев скважин.

Описан механизм складывания и раскрытия в радиальном направлении шарнирно-прикрепленных резцовых групп расширителя прямого хода для беспрепятственного извлечения при демонтаже обратным ходом и возвращении секционного шнекового бурового става в призабойное рабочее пространство в собранном виде при монтаже прямым ходом.

Сформирована структура затрат времени на выполнение операций рабочего цикла бурошнековой машины при одно- и двухэтапной технологии бурения с использованием гидродомкратного шагового механизма подачи и монтируемо-демонтируемого рабочего органа для определения их влияния на производительность процессов проходки.



Информация о статье

Поступила:
19 марта 2024 г.

Рецензирование:
05 мая 2024 г.

Принята к печати:
09 сентября 2024 г.

Ключевые слова:

бурошнековая машина, горные работы, механизм подачи, расширитель, забурник, резец, штанга, шнек, скважина

Для цитирования: Маметьев Л.Е., Хорешок А.А., Цехин А.М., Борисов А.Ю. Совершенствование технологий бурения горизонтальных скважин и рабочего оборудования бурошнековых машин // Техника и технология горного дела. – 2024. – № 3(26). – С. 4-21. – DOI: 10.26730/2618-7434-2024-3-4-21, EDN: DHVKWD

Введение

Мировая практика процессов бурения скважин в горном деле и подземном строительстве показывает на возрастающую потребность в объемах проведения горизонтальных [1-7] и наклонно-направленных скважин [8-13].

Эксплуатация различных конструкций буровых машин показала, что направление повышения их производительности осуществляется за счет увеличения энерговооруженности, оптимизации режимов бурения, совершенствования конструкций узлов, механизмов и бурового инструмента. При этом установлено, что существенного прироста в технической скорости бурения горизонтальных и слабонаклонных скважин, а также производительности труда не происходит. Это вызвано тем, что при возрастании машинной скорости бурения все большую часть рабочего времени затрачивается на вспомогательные операции, связанные с установкой и раскреплением модульной рамы буровой машины, подводом коммуникаций, наращиванием и разборкой секционного шнекового бурового става и колонн секционных инвентарных обсадных труб.

Многолетними исследованиями, проведенными кафедрой горных машин и комплексов КузГТУ в лабораторных и промышленных условиях, установлено, что наиболее перспективным оборудованием для бурения горизонтальных скважин при прокладке подземных инженерных коммуникаций являются машины шнекового типа. При этом разработана и доведена до уровня промышленного освоения универсальная технологическая схема двухэтапного процесса бурения горизонтальных протяженных скважин большого диаметра, эффективно реализующая различные способы бурения комплектом устройств.

Основная часть

Параметры технологической схемы, оборудования и состав операций при реализации совмещенных с креплением процессах пионерного бурения и расширения обратным ходом горизонтальных скважин-переходов (рис. 1) могут быть определены: составом оборудования и его конструктивным исполнением; горно-геологическими и климатическими условиями работ; наличием элементов рабочего пространства, обеспечивающих заданное функционирование всех устройств.

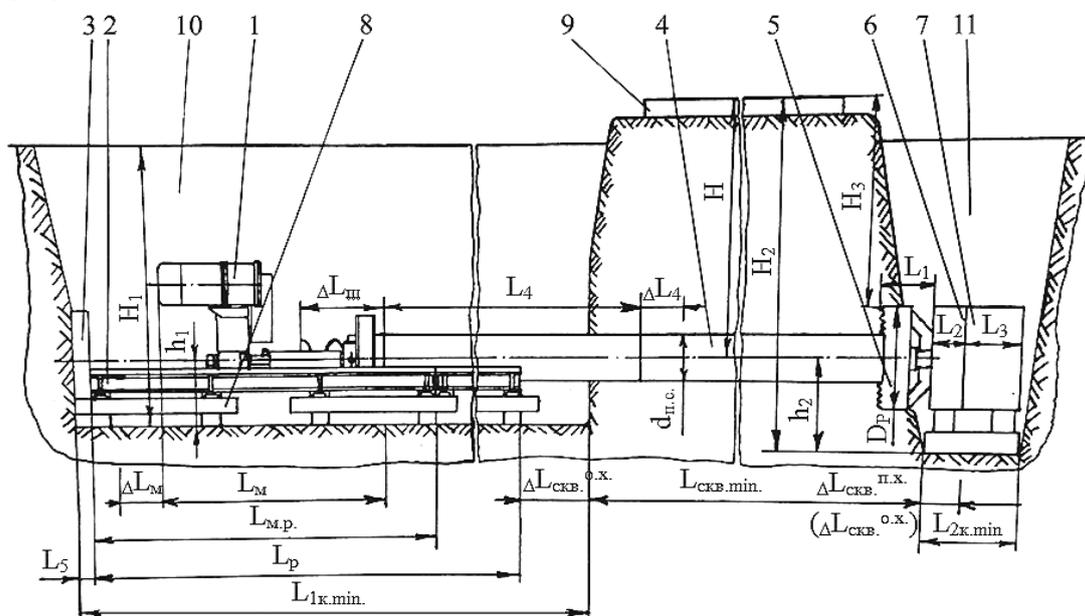


Рисунок 1 – Параметры технологической схемы и оборудования для двухэтапного бурения горизонтальных скважин

Figure 1 – Parameters of the technological scheme and equipment for two-stage drilling of horizontal wells

Буровое оборудование (рис. 1) состоит из следующих устройств: буровой машины 1 на базе станков типа БГА (рис. 2); модульной, составной, упорной рамы 2; опорных плит 3;



секционной инвентарной колонны обсадных труб 4, внутри которых размещены секции шнекового става; навесных сменных расширителей 5 прямого (рис. 3) или обратного хода (рис. 4); прицепного устройства 6 расширителя обратного хода; специального защитного кожуха-трубы 7; опорно-центрирующих подставок 8.



Рисунок 2 – Бурение подземных скважин-переходов в городских условиях
Figure 2 – Drilling of underground wells-transitions in urban conditions



Рисунок 3 – Расширитель прямого хода со шнековым ставом в секциях колонны инвентарных обсадных труб
Figure 3 – Forward course expander with an auger rod in the sections of the column of inventory casing tubes

Размеры рабочего котлована 10 (рис. 1) и приемного котлована 11 для размещения оборудования определяется типом и размерами препятствий 9 в виде автомобильных, железных дорог, улиц, площадей, зданий, зеленых насаждений и других природоохранных и промышленных зон, под которыми надо пробурить подземные скважины-переходы.

Поперечные размеры препятствия 9 с учетом правил техники безопасности позволяют предварительно рассчитать заданную минимально-необходимую длину скважины $L_{\text{скв. min}}$.

a)

б)



Рисунок 4 – Расширитель обратного хода: а – с прицепным устройством; б – с трубой-кожухом большого диаметра

Figure 4 – Reverse course expander: a – with a trailer device; b – with a large diameter casing tube

В рабочем котловане 10 размещаются элементы бурового оборудования 1, 2, 3, 4, 5, 6 и его необходимая минимально-допустимая длина $L_{1к.мин.}$ определяется из выражения:

$$L_{1к.мин.} = n \cdot L_{м.р.} + \Delta L_{скв.}^{0.х.} + L_5, \quad (1)$$

где $L_{м.р.}$ – длина единичного модуля рамы 2; n – количество модулей рам в комплекте; $\Delta L_{скв.}^{0.х.}$ – запас длины скважин для выхода и демонтажа расширителя обратного хода 5 с прицепным устройством 6; L_5 – ширина опорных плит для восприятия осевых реактивных усилий при бурении.

При бурении пионерной скважины прямым ходом комплектом буровых машин 1, 4, 5, 6, минимальная длина рабочего котлована определяется выражением:

$$L_{1к.мин.} \geq L_m + \Delta L_m + L_4 + \Delta L_4, \quad (2)$$

а при расширении пионерной скважины расширителем обратного хода минимальная длина рабочего котлована определяется выражением:

$$L_{1к.мин.} \geq L_m + \Delta L_m + L_4 + \Delta L_1 + L_1 + L_2 + \Delta L_2. \quad (3)$$

где L_m – габаритная конструктивная длина ходовой каретки буровых машин 1;
 ΔL_m – запас хода каретки буровых машин для стыковки замка очередной секции инвентарной колонны обсадных труб 4;

L_1 – рабочая длина расширителя обратного хода 6;

ΔL_1 – осевая монтажно-демонтажная подвижность расширителя обратного хода;

L_2 – рабочая длина прицепного устройства 6;

ΔL_2 – осевая монтажно-демонтажная подвижность прицепного устройства;

L_4 – длина одной секции колонны инвентарных обсадных труб 4;

ΔL_4 – вылет расширителя прямого хода относительно забойного торца колонны инвентарных обсадных труб 4.

В приемном котловане 11 размещаются элементы оборудования 4, 5, 6, 7, 8, под минимальную допустимую длину котлована $L_{2к.мин.}$, которая определяется из выражения:

$$L_{2к.мин.} \geq L_1 + \Delta L_1 \quad (4)$$

Максимально допустимая длина прицепного устройства 6 и кожуха 7 при этой длине котлована 11 составит:

$$(L_2 + L_3) \leq L_1 + \Delta L_1. \quad (5)$$



При этом необходимо соблюдать условие:

$$L_{2k.min.} \geq L_3 + \Delta L_3, \quad (6)$$

где ΔL_3 – осевая монтажная подвижность секций кожуха.

Запас длины скважины для выхода и демонтажа расширителя обратного хода с прицепным устройством в рабочем котловане 10 определяется выражением:

$$\Delta L_{скв.}^{o.k.} \geq L_1 + L_2 + \Delta L_2, \quad (7)$$

Минимально необходимую длину упорной рамы 2 можно определить из следующего выражения:

$$L_{p.min.} = n \cdot L_{m.p.} = L_m + \Delta L_m + L_4 + \Delta L_1. \quad (8)$$

При бурении скважины только прямым ходом без расширения можно принять

$$\Delta L_{скв.}^{o.k.} \geq \Delta L_4, \quad (9)$$

Тогда длина рабочего котлована составит

$$L_{1k.min.} \geq n \cdot L_{m.p.} + \Delta L_4 + L_5 \geq L_m + \Delta L_m + L_4 + \Delta L_1, \quad (10)$$

Процесс бурения пионерной скважины прямым ходом заканчивается, когда общая длина скважины-перехода составит

$$L_{скв.} \geq L_{скв.min.} + \Delta L_{скв.}^{o.x.} + \Delta L_{скв.}^{п.х.} \geq \Delta L_{скв.min.} + 2\Delta L_{скв.}^{o.x.} - L_2, \quad (11)$$

где $\Delta L_{скв.}^{п.х.} = \Delta L_{скв.}^{o.x.} - L_2$ – перебур скважины при прямом ходе.

Бурение одномодульным комплектом требует котлован с размерами

$$L_{1k.min.} \geq L_{m.p.} + \Delta L_{скв.}^{o.x.} + L_5, \quad \text{или}$$

$$L_{1k.min.} \geq L_m + \Delta L_m + L_4 + \Delta L_{скв.}^{o.x.},$$

которые можно определить минимальную длину секции инвентарной обсадной колонны 4

$$L_{4min.} = L_{m.p.} + L_5 - L_m - \Delta L_m. \quad (12)$$

При бурении с многомодульной рамой длины секции обсадной колонны определяются из выражения

$$L_4 = L_{4min.} + (n-1) \cdot L_{m.p.} = n \cdot L_{m.p.} + L_5 - L_m - \Delta L_m. \quad (13)$$

Поскольку внутри всех секций колонны обсадных труб 4, кроме первой, размещен секционный шнековый буровой став, который с одной стороны каждой секции колонны выступает, а с другой стороны утоплен во внутрь на одинаковую величину $\Delta L_{ш.}$, то описанные выше выражения справедливы при соблюдении условий

$$\Delta L_{скв.}^{o.x.} \geq 2 \cdot \Delta L_{ш.}, \quad (14)$$

$$\Delta L_{скв.}^{п.х.} \geq 2 \cdot \Delta L_{ш.} \quad (15)$$

Технологическая схема бурения содержит следующие параметры глубины: H – установочная контролируемая глубина установки наружной поверхности обсадной колонны 4; H_1 – глубина копания рабочего котлована 10; H_2 – глубина копания приемного котлована 11; H_3 – заданная контролируемая глубина наружной поверхности основного защитного кожуха 7; h_1 – высота продольной оси скважины-перехода над дном рабочего котлована; h_2 – высота продольной оси скважины над дном приемного котлована.

Очень важными для достижения конечного результата являются параметры: $d_{п.с.}$ – диаметр пионерной скважины и D_p – номинальный диаметр расширителя обратного хода и скважины соответственно.

При бурении с искусственным увлажнением продуктов разрушения до текучего состояния в рабочем котловане выполняются зумпфы, в которые помещают всасывающие патрубки насосных установок для удаления пульпы на бровку котлована.



Технологическая схема обеспечивается следующими операциями и процессами: трассировка оси и разметка габаритов котлованов; копание котлованов до проектных отметок; закрепление боковых стенок котлованов и установка защитных ограждений; монтаж оборудования в рабочем котловане для бурения пионерных скважин; бурение пионерной скважины расширителем прямого хода посекционным наращиванием бурового инструмента в обсадной колонне; демонтаж расширителя прямого хода и монтаж расширителя обратного хода; забуривание расширителем обратного хода; монтаж прицепного устройства расширителя; забуривание с прицепным устройством; расширение пионерной скважины обратным ходом с посекционным наращиванием основного защитного кожуха и посекционным сокращением обсадной колонны с шнекобуровым инструментом при одновременном разрушении и удалении разрушенных и разжиженных продуктов из призабойной зоны до устья скважины и в последствии на бровку котлована; демонтаж всего комплекта бурового оборудования из приемного котлована.

Для повышения технико-экономических показателей целесообразно совмещать параметры L_1 и L_2 , уменьшать параметры ΔL_1 , ΔL_2 , $\Delta L_{ш}$, L_1 и L_2 ; увеличивать до разумных пределов параметры $L_{м.р.}$, L_p , $L_{1к.мин.}$, $L_{2к.мин.}$, L_3 , L_4 ; обеспечить котлованы независимыми грузоподъемными и сварочными механизмами; создавать условия круглосуточного бурения; иметь надежное энергоснабжение и бесперебойный источник подачи увлажняющей жидкости.

Особый интерес у разработчиков вызывают подходы к расширению функциональных возможностей проходческих комбайнов [14], как буровых машин для проходки горизонтальных и слабонаклонных скважин различного технологического назначения (патенты РФ 2689455, 201219, Таблица 1).

Таблица 1 – Технические результаты работы проходческих комбайнов избирательного действия в режиме буровых машин

Table 1 – Technical results of the work of selective tunneling combines in the mode of drilling auger machines

Патент РФ	Основные технические результаты:
2689455	- повышение эффективности процессов забуривания опережающих скважин большого диаметра, снижение энергоемкости процессов разрушения проходческого забоя и запыленности рабочего пространства, увеличение темпов и направленности проведения горных выработок.
201219	- повышение эффективности процесса забуривания и темпов проведения проходки выработок.

В КузГТУ накоплен большой опыт по разработке, проектированию, изготовлению и эксплуатации буровых машин (Таблица 2), позволяющих осуществлять прокладку инженерных подземных коммуникаций в колонне секционных инвентарных обсадных труб, размещенных в пробуренных сбоечных скважинах.

Буровыми машинами пробурено 128 скважин общей длиной 9560 м и диаметрами: 0,16; 0,29; 0,54; 0,55; 0,56; 0,84; 1,04; 1,06; 1,24; 1,26; 1,44 м. В Нижневартовске ООО «Блок» пробурена 31 скважина суммарной длиной 3850 м, диаметром от 0,55 м до 1,44 м. На стройплощадках Белоярской АЭС пробурено 28 скважин общей длиной 3650 м, диаметром от 0,54 м до 1,24 м. В Кузбассе буровыми машинами пройдено 35 скважин общей длиной 1070 м, диаметром от 0,16 м до 1,26 м. На стройплощадках шахты «Романовская» пробурено 3 скважины общей длиной 75 м диаметром 0,55 м. В колонне секционных инвентарных обсадных труб этих скважин размещены следующие коммуникации: первая – под водовод пожаротушения; вторая – под электрический кабель; третья – под сливную коммуникацию для административно-бытового комбината шахты [15].

По результатам опытной эксплуатации буровых машин при бурении горизонтальных и слабонаклонных скважин проведены научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы, а также патентные исследования по обоснованию и разработке инновационных технических решений для совершенствования конструкций механизмов подачи



буровых машин и секционного бурового инструмента, расположенного в колонне секционных инвентарных обсадных труб.

Для предотвращения отклонения секционного бурового инструмента от проектной оси буримой скважины, он размещался в колонне секционных инвентарных обсадных труб и присоединялся соответственно, к приводу вращателя и механизму шаговой подачи на забой и от забоя. Таким образом, через механизм шаговой подачи и вращатель бурового инструмента можно перемещаться и бурить скважины как прямым ходом, так и обратным. Это позволяет реализовать двухэтапную технологию бурения скважин большого диаметра с минимальными энергозатратами и массообъемными характеристиками. Поэтому и применяются расширители прямого и обратного хода. Для устранения, выявленных в процессе опытно-промышленной эксплуатации недостатков конструктивных элементов в буровых машинах, расширителях прямого и обратного хода, секционного бурового инструмента, предложены и разработаны подходы к совершенствованию конструкции механизмов подачи для буровых машин по патентам РФ: 165050, 185552, 190838, 198342.

Таблица 2 – Характеристики буровых машин

Table 2 – Characteristics of drilling auger machines

Наименование параметров	Модели буровых машин с электроприводом БШМ и гидроприводом БМГ					
	БШМ-1	БШМ-2	БШМ-3	БШМ-4	БШМ-5	БМГ-1
Диаметр скважины, м: - прямой ход - обратный ход	0,54 1,24;1,44	0,16;0,54 1,04;1,24	0,16;0,54 1,04;1,24	0,16;0,54 0,84-1,44	0,54 0,84-1,44	0,54 0,84-1,44
Мощность двигателя вращателя, кВт	27,5	20; 30	30	18,5; 30	55	30
Мощность двигателя маслостанции, кВт	3,0	3,0	3,0	7,5	7,5	10,0
Частота вращения шпинделя, мин ⁻¹	20,0	11,5; 37	27; 42	35,5; 61	30,0	30,0
Количество гидродомкратов подачи, шт	4	2	4	4	4	4
Давление в гидросистеме, МПа	10,0	10,0	10,0	10,0	32,0	32,0
Осевое усилие подачи, кН	213; 266	200-942	200-942	250-942	845-1200	845-1200
Габаритные размеры, м: -длина -ширина -высота	3-21 1,9 2,1	3-14 1,2 1,8	5-12 1,4 2,0	4-12 1,96 1,65	4-12 2,2 1,65	4-12 1,96 1,65

На рисунке 5 представлено техническое решение (патент РФ 185552), которое позволяет совместно с процессом бурения (рисунок 6), крепить стенки горизонтальных и слабонаклонных скважин как колоннами извлекаемых секционных инвентарных обсадных труб, так и колоннами неизвлекаемых технологических обсадных труб, выполняющими функции защитной крепи под прокладываемые в них инженерные подземные коммуникации. Это особенно актуально при бестраншейной прокладке инженерных подземных коммуникаций под автомобильными дорогами, железнодорожными магистральными и трамвайными путями, пешеходными дорожками, зелеными насаждениями, водными преградами, природоохранными зонами, зданиями и сооружениями, при проведении горноспасательных операций по линии МЧС.

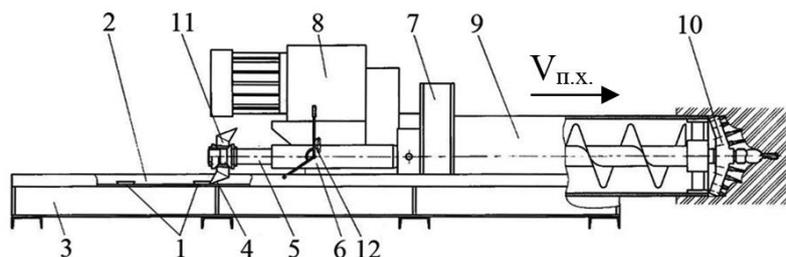


Рисунок 5 – Конструктивная схема буровых машин с шагающим механизмом подачи прямого и обратного хода
Figure 5 – The design scheme of a drilling auger machine with a walking forward and reverse feed mechanism

Буровая машина с шагающим механизмом подачи (Рис. 5) для бестраншейной прокладки трубопроводов содержит неподвижные упоры 1, выполненные в виде двухсторонних восходящих клиновидных выступов, размещенных соосно и противоположно друг относительно друга на верхних внутренних стенках между полками направляющих двух швеллерных балок 2 опорной рамы 3 модульной составной конструкции. При этом каждый из неподвижных упоров 1 приварен с шагом $t_{н.у.}$ неподвижного упора. Клиновидные противоположные стороны неподвижных упоров 1 располагаются поперек направляющих балок 2 с возможностью взаимного замкового зацепления с поверхностями подвижных клиновидных упоров 4, имеющих жесткое в осевом направлении закрепление на поверхности штоков 5 каждого гидродомкрата подачи. Каждый цилиндр 6 гидродомкрата подачи имеет шарнирное закрепление к корпусу ходовой каретки 7 с вращателем 8 буровой машины. При этом оси секционной инвентарной обсадной колонны обсадных труб 9 и инструмента 10 расположены относительно друг друга и оси буримой скважины с минимально возможной несоосностью, обеспечивающей беспрепятственное извлечение секционного бурового инструмента из внутреннего пространства колонны секционных инвентарных обсадных труб. В свою очередь, подвижные упоры 4 имеют рычажное кинематическое сопряжение с подъемно-опускающим устройством, самонастраивающимся по всей длине как прямого, так и обратного шагового хода (рис. 7-9), что обеспечивает очередность в замковом зацеплении с любой стороны неподвижных упоров 1.



Рисунок 6 – Бурение параллельных скважин инструментом прямого хода
Figure 6 – Drilling of parallel wells with a forward course tool

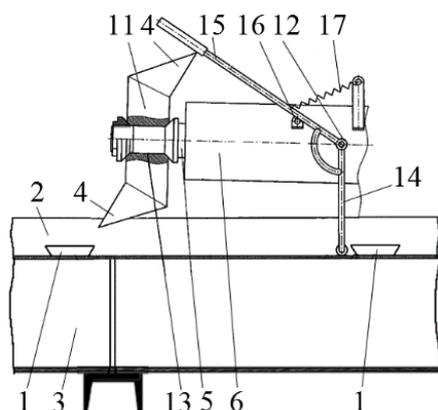


Рисунок 7 – Механизм подачи в нейтральном положении
Figure 7 – The feed mechanism is in the neutral position

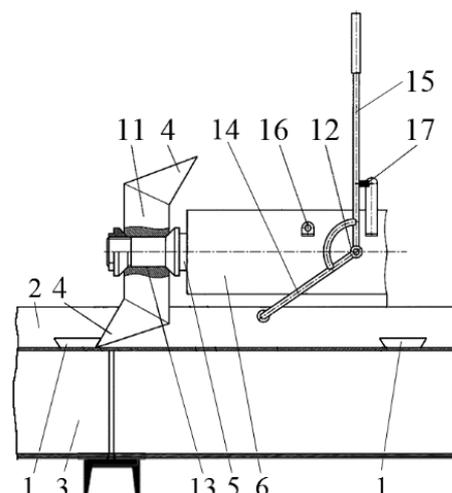


Рисунок 8 – Механизм подачи в режиме прямого хода
Figure 8 – The feed mechanism in forward course mode

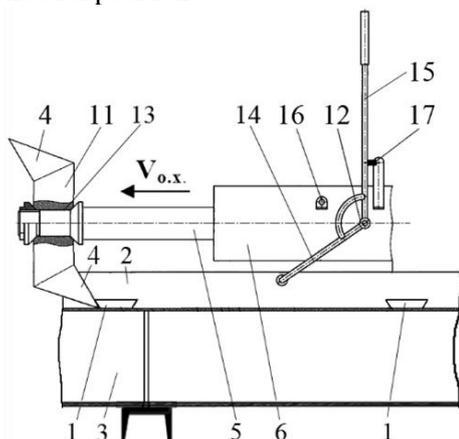


Рисунок 9 – Механизм подачи в режиме обратного хода
Figure 9 – The feed mechanism in reverse course mode

Конструкция самонастраивающегося подъемно-опускающего устройства (Рис. 7–9) выполнена в виде вертикальной упорной стойки 11, имеющей подвижное сопряжение с наружной поверхностью штока 5 гидродомкрата подачи и содержит изогнутый рычаг 12 с возможностью поворота в вертикальной плоскости. При этом изогнутый рычаг 12 имеет шарнирное закрепление на поверхности цилиндра 6 гидродомкрата подачи, что позволяет опускать или поднимать вертикальную упорную стойку 11, обеспечивая вход или выход из замкового зацепления с клиновыми сторонами неподвижных упоров 1 на направляющих балках 2. Вертикальная упорная стойка 11 (Рис. 5, 7–9) представляет из себя двухлучевую призму, имеющую центральное отверстие 13, подвижно-сопряженное внутренней цилиндрической поверхностью с наружной цилиндрической поверхностью штока 5 гидродомкрата подачи для обеспечения ориентированного поворота относительно его оси.

Каждый из подвижных клиновых упоров 4 размещен на соответствующих торцах радиально противоположных лучах упорной стойки 11 с направлением противоположным друг другу по отношению к продольной оси гидродомкрата подачи. Тем самым один из упоров 4 осуществляет замковое зацепление с неподвижным упором 1, обеспечивая прямой ход $V_{п.х.}$



(Рис. 5, 8), а другой противоположно направленный упор 4, может входить в замковое зацепление с противоположной стороной неподвижного упора 1, обеспечивая обратный ход $V_{об.}$ (Рис. 9) для механизма подачи.

Изогнутый рычаг 12 содержит короткое исполнительное плечо 14 (Рис. 7–9) для вертикального подъема и фиксации упорной стойки 11 в нейтральном положении (Рис. 7), а также для опускания и фиксации в нужных положениях (Рис. 8, 9). Тем самым обеспечивая выход из замкового зацепления, либо вход в него с соответствующими сторонами неподвижных упоров 1 балок 2. В исходном нейтральном положении (Рис. 7) плечо 14 размещается в просвете между поверхностью неподвижных упоров 1 балок 2 и наружной поверхностью цилиндра 6 гидродомкрата подачи. При этом длинное управляющее плечо 15 изогнутого рычага 12 содержит ограничитель угла поворота 16, а также пружинный механизм 17, обеспечивающий автоматический возврат в исходное рабочее положение (Рис. 7) для выполнения прямого $V_{п.х.}$ (Рис. 8) или обратного хода $V_{об.}$ (Рис. 9) механизма подачи.

Направление по совершенствованию конструкции механизма подачи буровых машин при взаимодействии с секционным буровым инструментом привело к созданию патентоспособных технических решений (патенты РФ 165050, 185552, 190838, 198342), направленных на достижение следующих технических результатов (Таблица 3).

Таблица 3 – Технические результаты по совершенствованию конструкций механизмов подачи буровых машин

Table 3 – Technical results on improving the constructions of feed mechanisms for drilling auger machines

Патент РФ	Основные технические результаты:
165050	- повышение технической производительности при бурении горизонтальных скважин путем использования однократной настройки гидродомкратов механизмов подачи на многошаговый цикл бурения прямым и обратным ходом бурового инструмента. - уменьшение объема ручного труда и трудоемкости обслуживания буровых машин.
185552	- упрощение конструкции подъемно-опускающего устройства; - повышение технической производительности при бурении горизонтальных скважин.
190838	- повышение эффективности позиционирования гидродомкратов подачи при настройке на циклический прямой или обратный шаговый ход и обеспечение их совместного монтажа-демонтажа с кареткой и буровой машиной; - повышение технической производительности при двухэтапном бурении горизонтальных скважин большого диаметра.
198342	- обеспечение максимального усилия подачи как на прямом, так и на обратном ходе бурового инструмента при реализации двухэтапного процесса бурения горизонтальных скважин.

Эти модернизации по механизмам подачи (Рис. 7–9, Таблица 3) привели к разработке и совершенствованию конструкции буровых рабочих органов (патенты РФ 2578081, 169356, 207323).

Конструкция рабочего органа по патенту РФ 207323 (Рис. 10, а) включает в себя забурник 1, расширитель прямого хода 2, шлицевой вал-проставку с промежуточным шнековым вкладышем 3, опорный фонарь 4, секционные шнековые буровые штанги 5, размещенные внутри колонны секционных инвентарных обсадных труб 6. При этом вращатель буровой машины соединен с секционными шнековыми буровыми штангами 5.

Расширитель прямого хода 2 состоит из радиально-наклонных резцовых лучей 7 и корпусов радиально-наклонных лучей 8, включающих откидные шарнирно-поворотные резцовые группы 9. При этом каждая резцовая группа 9 оформлена как двулучный рычаг, у которого первое плечо наружное имеет длину $l_{п1}$ (Рис. 10, б) с резцами 10, направленными в

сторону ступенчато-конического забоя скважины с выпуклой поверхностью, имеющей наружный диаметр $D_{скв.}$, который не меньше диаметра $D_{к.о.н.}$, описывающий наружную поверхность колонны секционных инвентарных обсадных труб 6 (Рис. 10, а).

Второе плечо внутреннее имеет длину $l_{п2}$ (Рис. 10, б), оформлено как оконтуривающая полуцилиндрическая наружная поверхность, включающая выступающий упорный зуб 11, имеющий высоту h_3 и ширину b_3 . В пространстве внутреннего секторного гнезда 12 размещен зуб 11. Внутренне секторное гнездо 12 имеет глубину h_c и расположено на цилиндрической внутренней секторной поверхности части консольной корпуса радиально-наклонного луча 8, закрепленного на поверхности ступицы расширителя прямого хода 2. На частях консольных корпусов радиально-наклонных лучей 8 расположены проушины для крепления откидных шарнирно-поворотных резцовых групп 9 под углом α_p относительно продольной оси рабочего органа. При этом внутренние секторные гнезда 12 содержат радиальные опорные грани, которые удалены друг от друга на угол φ (Рис. 10, а) относительно оси 13 шарнирного соединения откидных поворотных резцовых групп 9. Что обеспечивает контактное опорное сопряжение к соответствующим граням выступающих упорных зубьев 11 в процессе их перемещения по возвратно-поворотной траектории внутреннего секторного гнезда 12.

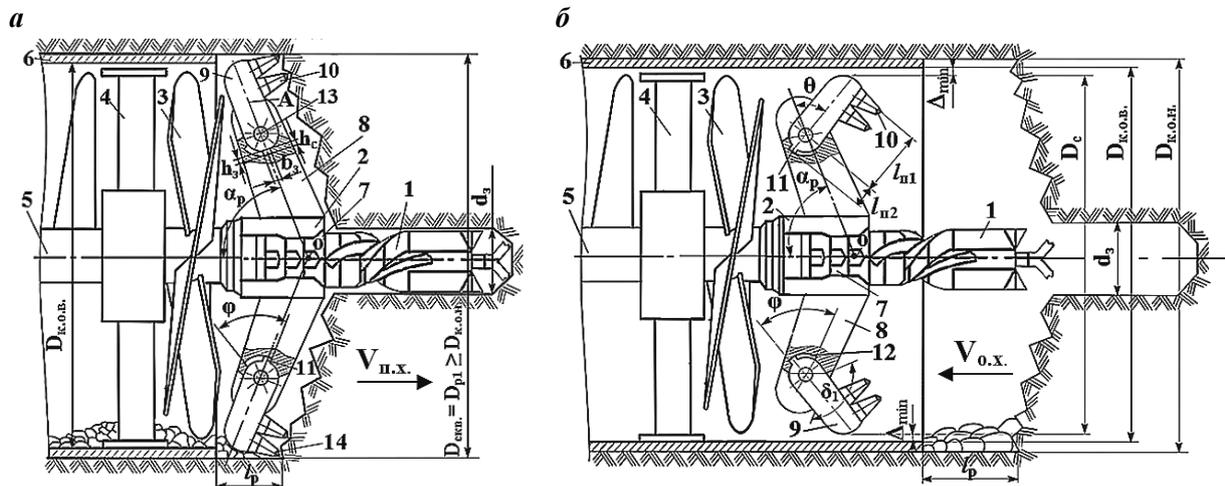


Рисунок 10 – Конструкция рабочего органа: а – при бурении прямым ходом; б – при демонтаже обратным ходом

Figure 10 – The construction of the working body: а – when drilling in forward course; б – when dismantling in reverse course

После монтажа бурошnekовой машины и рабочего органа бурошnekового инструмента с колонной секционной инвентарных обсадных труб 6, в стартовом рабочем пространстве подземной горной выработки или котлована, осуществляется процесс забуривания расширителем прямого хода 2 с забурником 1 со скоростью $V_{п.х.}$ (Рис. 10, а).

Наличие опорного фонаря 4 обеспечивает центрацию рабочего органа во внутреннем пространстве колонны секционных инвентарных обсадных труб 6 с проходным зазором $\Delta_{min} = 0,5(D_{к.о.н.} - D_c)$ по отношению к внутреннему диаметру $D_{к.о.н.}$ (Рис. 10, б).

Последовательное забуривание в скважину забурника 1 расширителя прямого хода 2 с радиально-наклонными лучами 8 и откидными шарнирно-поворотными резцовыми группами 9 завершается операция полного раскрытия каждой откидной шарнирно-поворотной резцовой группы 9, формируя скважину с наружным диаметром $D_{скв.}$ (Рис. 10, а). В результате в призабойном пространстве скважины создается рабочая зона с опережающим вылетом длиной l_p (Рис. 10, а) от вершин периферийных резцов 14 до забойного торца колонны секционных инвентарных обсадных труб 6. Кроме того формируется выпуклая забойная поверхность ступенчатой формы, включающая опережающую цилиндрическую поверхность скважины диаметром d_3 забурника 1, и отстающую ступенчато-коническую поверхность диаметром $D_{п1}$,



радиально-наклонных резцовых лучей 7 и радиально-наклонными лучами 8, включающими откидные шарнирно-поворотные резцовые группы 9, оконтуривающими цилиндрическую поверхность скважины диаметром $D_{скв.} = D_{р1} \geq D_{к.о.н.}$.

Если на рабочем органе при многоцикловом углублении скважины изнашиваются или ломаются резцовые инструменты [16], то их извлекают через неподвижную секционную инвентарную обсадную трубу 6, включая секционные шнековые буровые штанги 5 и шнековый вкладыш 3. Этот процесс осуществляется за счет того, что откидные шарнирно-поворотные резцовые группы 9 (Рис. 10, б) плотно контактируют с поверхностью неподвижного забойного торца колонны секционных инвентарных обсадных труб 6 и складываются в радиальном направлении при обратном ходе $V_{о.х.}$ с поворотом на угол θ и полностью извлекаются из колонны секционных инвентарных обсадных труб 6. После замены резцов на рабочем органе обеспечивают предварительное складывание откидных шарнирно-поворотных резцовых групп 9, формируя размер $D_c = D_{к.о.в} - 2\Delta_{мин.}$ (Рис. 10, б), для последующего перемещения при возвратном монтаже бурового инструмента прямым ходом $V_{о.х.}$ внутри колонны секционных инвентарных обсадных труб 6. Продвижение и монтаж циклическим прямым шаговым ходом по направлению к забою с недобуренной скважиной производится до тех пор, пока рабочий орган не выйдет из внутреннего пространства колонны секционных инвентарных обсадных труб 6 в рабочее призабойное пространство с полным раскрытием в радиальном направлении откидных шарнирно-поворотных резцовых групп 9. При этом вылет головной части резцов 10 над забойной поверхностью корпуса двулучевого рычага формирует необходимый наружный диаметр рабочего органа $D_{р1}$ (Рис.10, а) с опережающим вылетом длиной l_p между вершинами периферийных резцов 14 и забойным торцом колонны секционных инвентарных обсадных труб 6. Обеспечивая силовой контакт каждого резца с поверхностью забоя недобуренной скважины. Затем производят добуривание скважины до требуемой длины или глубины.

Поэтапная комплексная работа по разработке и совершенствованию конструкции рабочего органа буровых машин (патенты РФ 2578081, 169356, 207323), направлена на достижение следующих технических результатов (Таблица 4).

Таблица 4 – Технические результаты по совершенствованию конструкций рабочих органов буровых машин

Table 4 – Technical results on improving the constructions of the working bodies of drilling auger machines

Патент РФ	Основные технические результаты:
2578081	- повышение скорости бурения; - восстановление транспортирующей способности на участке разрыва шнековой спирали в зоне опоры подшипниковых узлов при совмещении процессов транспортирования, крепления стенок скважины и предотвращения пробкообразования.
169356	- расширение области применения рабочего органа шнекобуровой машины обеспечением прямолинейности оси скважины при бурении как пород малой крепости, так и пород средней крепости.
207323	- повышение работоспособности откидных шарнирно-поворотных резцовых групп при их радиальном складывании и раскрытии в процессе замены изношенного инструмента, и предотвращении вероятности заштыбовки откидных резцовых групп в шарнирно-поворотном устройстве их крепления.

Техническое решение по патенту РФ 207323 (Рис. 10) раскрывает возможности определения структуры, последовательности и продолжительности основных рабочих и вспомогательных подготовительно-заключительных циклов операций при эксплуатации рабочего органа буровых машин. Первоначально производят основной цикл – многошаговое бурение прямым ходом $V_{п.х.}$ (Рис. 10, а) на заданную длину, если скважина сбочная или на заданную глубину, если скважина глухая, что позволяет определить



продолжительность цикла бурения с учетом режимов посекционного наращивания модульного шнекового бурового става с модульной колонной секционных инвентарных обсадных труб. Вспомогательные циклы осуществляются при возникновении остановок в процессе бурения по причинам либо настройки гидродомкратов механизма подачи на новый шаговый ход, либо из-за аварийных ситуаций, связанных с заменой изношенных резцов, или элементов секционных шнековых буровых штанг, в процессе которого автоматически осуществляется складывание в радиальном направлении откидных шарнирно-поворотных резцовых групп и извлечение секционного бурошнекового инструмента обратным ходом $V_{o.x.}$ (Рис. 10, б) из внутреннего пространства неподвижной колонны секционных инвентарных обсадных труб. При этом учитывается время на замену изношенных резцов и элементов секционного бурошнекового инструмента с последующим складыванием в радиальном направлении откидных шарнирно-поворотных резцовых групп в свободном рабочем пространстве бурошнековой машины и продвижением секционного бурошнекового инструмента прямым ходом $V_{п.х.}$ (Рис. 10, а) во внутреннем пространстве неподвижной колонны секционных инвентарных обсадных труб до силового контакта расширителя прямого хода с забоем скважины. Далее осуществляется полное раскрытие в радиальном направлении откидных шарнирно-поворотных резцовых групп с остановкой продвижения бурошнекового инструмента прямым ходом $V_{п.х.}$ на требуемое расстояние, установленное вылетом периферийных резцов на длину вылета относительно забойного торца колонны секционных инвентарных обсадных труб (Рис. 10, а).

В результате реализации основных, вспомогательных и подготовительных операций создаются условия для продолжения процессов одноэтапного бурения на требуемый диаметр скважины $D_{скв}$ прямым ходом $V_{п.х.}$

На рабочий цикл бурошнековой машины при одноэтапной технологии бурения скважины в безаварийных режимах секционными модулями колонны инвентарных обсадных труб, внутри которых размещены соответствующие по длине модулей секции шнекового бурового става, затрачивается следующее суммарное время:

$$T = t_1 + t_2 + t_3 + t_4 + t_5 + t_{\text{бур.1}} + t_6 + t_7 + t_8 + \sum_{i=2}^n t_{\text{бур.}i} + \quad (16)$$
$$+ (t_9 + t_{10} + t_3 + t_6 + t_7 + t_8) \times (n - 1) + \sum_{j=1}^n t_{y.п.б.i} + t_{11} + t_d,$$

где t_1 – время на установку и раскрепление опорной модульной составной рамы в рабочем пространстве (штрек или котлован); t_2 – время на установку и размещение на опорной модульной составной раме каретки с бурошнековой машиной и гидродомкратным механизмом подачи в исходном положении для присоединения первого модуля секционного бурошнекового инструмента, размещенного внутри первой модуля секционной колонны инвентарных обсадных труб; t_3 – время на проведение операций по настройке положения подвижных упоров относительно неподвижных для автоматической многошаговой подачи прямым ходом $V_{п.х.}$; t_4 – время на соединение бурового замка лобовины каретки подачи со свободным торцом первой секции модульной колонны инвентарных обсадных труб и бурового замка штанги-проставки механизма вращения с выступающей секцией шнекового бурового става; t_5 – время на процесс забуривания расширителем прямого хода до входа в устье забоя первой секции модульной колонны инвентарных обсадных труб; $t_{\text{бур.}i}$ – время на бурение скважины бурошнековой машиной с многошаговой рабочей скоростью подачи прямым ходом $V_{п.х.}$ на глубину, равную длине первой секции модульной колонны инвентарных обсадных труб с бурошнековым инструментом; t_6 – время на рассоединение бурового замка лобовины каретки подачи со свободным торцом первой секции модульной колонны инвентарных обсадных труб и бурового замка штанги-проставки механизма вращения с выступающей секцией шнекового бурового става; t_7 – время на подготовку многошагового механизма подачи каретки бурошнековой машины на перемещение обратным ходом $V_{o.x.}$ с маневровой скоростью в автоматическом режиме; t_8 – время на перемещение каретки бурошнековой машины по опорной модульной



составной раме холостым многошаговым обратным ходом $V_{o.x.}$ от передней забойной стенки до задней упорной стенки рабочего пространства; $\sum_{i=2}^n t_{бур.i}$ – время на бурение скважины буровых машин с многошаговой рабочей скоростью подачи прямым ходом $V_{п.х.}$ на глубину, равную длине второй и последующих секций модульной колонны инвентарных обсадных труб с буровым инструментом; t_9 – время на установку и соединение выступающего к забою элемента бурового замка секции шнекового бурового става во втором модуле секционной колонны обсадных труб с выступающим элементом бурового замка первого модуля инвентарных обсадных труб и бурового замка штанги-проставки механизма вращения со стороны лобовины каретки буровых машин с выступающей секцией второго модуля шнекового бурового става; t_{10} – время на процесс соединения двух торцевых буровых замков второго модуля колонны инвентарных обсадных труб, соответственно, с лобовиной каретки механизма подачи и со свободным торцом первой секции модульной колонны инвентарных обсадных труб; n – число модулей, исключая первый, в колонне инвентарных обсадных труб с равнозначными по содержанию и количеству основными и вспомогательно-подготовительными операциями; $\sum_{j=1}^n t_{y.п.б.i}$ – время на уборку продуктов бурения, несомещенное с работой по бурению скважины буровых машин; t_{11} – время на полное складывание в радиальном направлении откидных шарнирно-поворотных резцовых групп рабочего органа прямого хода и извлечение секционного бурового инструмента обратным ходом $V_{o.x.}$ из неподвижной модульной колонны инвентарных обсадных труб с учетом прямых и обратных многошаговых ходов каретки буровых машин и процессов присоединения и отсоединения штанги-проставки вращателя с буровым замком очередной секции шнекового бурового става; t_d – время на демонтаж буровых машин с кареткой и гидромкратным механизмом подачи, опорной модульной составной рамы, бурового инструмента, погрузку в транспортные средства и вывоз из рабочего пространства буровых машин к месту хранения, если скважина пробурена на проектную глубину или длину.

На рабочий цикл буровых машин при одноэтапной технологии бурения скважины в аварийных режимах, с учетом замены изношенных резцов и бурового инструмента, секционными модулями колонны инвентарных обсадных труб, внутри которых размещены соответствующие по длине модули секции шнекового бурового става, затрачивается следующее суммарное время:

$$T = t_1 + t_2 + t_3 + t_4 + t_5 + t_{бур.1} + t_6 + t_7 + t_8 + \sum_{i=2}^n t_{бур.i} + \quad (17)$$

$$+ (t_9 + t_{10} + t_3 + t_6 + t_7 + t_8) \times (n - 1) + \sum_{j=1}^n t_{y.п.б.i} + t_{11}^A + t_1^A + t_{12}^A + t_{13}^A + t_{14}^A + t_{15} + t_d,$$

где t_{11}^A – время на полное складывание в радиальном направлении откидных шарнирно-поворотных резцовых групп рабочего органа прямого хода и извлечение секционного бурового инструмента обратным ходом $V_{o.x.}$ из неподвижной модульной колонны инвентарных обсадных труб с учетом прямых и обратных многошаговых ходов каретки буровых машин и процессов присоединения и отсоединения штанги-проставки вращателя с буровым замком очередной секции шнекового бурового става до полного выхода рабочего органа прямого хода из секционных модулей колонны инвентарных обсадных труб, частично размещенных в скважине в свободное рабочее пространство буровых машин; t_{12}^A – время на замену изношенных резцов и бурового инструмента в свободном рабочем пространстве буровых машин; t_{13}^A – время на предварительное полное складывание в радиальном направлении откидных шарнирно-поворотных резцовых групп рабочего органа прямого хода и продвижение его вместе с первой секцией бурового инструмента прямым



ходом $V_{п.х.}$ до входа в свободное торцевое пространство последней секции неподвижной модульной колонны инвентарных обсадных труб, с учетом прямых и обратных многошаговых ходов каретки бурошnekовой машины и процессов присоединения, и отсоединения штанги-проставки вращателя с буровым замком секции шнекового бурового става; t_{14}^A – время на секционное наращивание шнекового бурового става до полного выхода рабочего органа продвижением прямым ходом $V_{п.х.}$ за забойный торец секционных модулей колонны инвентарных обсадных труб с полным раскрытием в радиальном направлении откидных шарнирно-поворотных резцовых групп с силовым контактом в забое скважины; t_{15} – время на добуривание скважины оставшимися модулями секционного бурошnekового инструмента после устранения аварийной ситуации.

При замене изношенных резцов и бурошnekового инструмента, необходимо установить зависимость этих вспомогательных операций от глубины пробуренной скважины. Это целесообразнее всего сделать на базе анализа записей бортовых журналов, фиксирующих проведение различных операций при бурении горизонтальных и слабонаклонных скважин в горном деле и подземном строительстве.

После бурения пионерной скважины на полную длину производят демонтаж рабочего органа прямого хода и на его место прикрепляют крепежные элементы расширителя обратного хода – как к колонне секционных инвентарных обсадных труб, так и к секционному шнековому буровому ставу.

Если необходимо использовать двухэтапную технологию, у которой два основных цикла, первый из которых – бурение пионерной скважины прямым ходом, а второй – основной цикл – заключается в расширении пионерной скважины специальным прицепным расширителем обратного хода, обеспечивающий бурение скважины большого диаметра. При этом используются две колонны секционных инвентарных обсадных труб, первая из которых – инвентарная колонна, включающая собираемые и разбираемые по ходу двухэтапного бурения и только собираемые на этапе расширения обратным ходом и протягиваемые по расширенным скважинам колонны секционных инвентарных обсадных труб большого диаметра. Соответственно этому на втором этапе добавляются циклы монтажа расширителя обратного хода, забуривание расширителя обратного хода, прикрепление заднего опорного подшипникового узла с якорным устройством крепления к протаскиванию обратным ходом колонны секционных инвентарных обсадных труб большого диаметра.

Заключение

Таким образом, сформирована структура затрат времени при реализации возможных технологических схем бурения горизонтальных и слабонаклонных скважин бурошnekовой машиной с гидродомкратными шаговыми механизмами подачи, рабочим органом прямого хода со складываемыми и раскладываемыми в радиальном направлении откидными шарнирно-поворотными резцовыми группами, и секционным шнековым буровым ставом в модульной колонне секционных обсадных труб, что позволяет беспрепятственно производить демонтаж и последующий возвратный монтаж, после устранения аварийных ситуаций, связанных с заменой изношенного резцового инструмента.

Предложены и разработаны инновационные технические решения по расширению области применения бурошnekовых машин с оригинальными конструкциями гидродомкратных шаговых механизмов подачи и рабочих органов прямого и обратного хода, что раскрывает перспективы по совершенствованию процессов бурения горизонтальных и слабонаклонных скважин в горном деле и подземном строительстве.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

© 2024 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

Цехин Александр Михайлович, к.т.н., доцент кафедры горных машин и комплексов
e-mail: tam.gmk@kuzstu.ru

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

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

Список литературы

1. 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.
2. 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.
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 V.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. Хорешок А.А., Маметьев Л.Е., Цехин А.М., Герике Б.Л., Буялич Г.Д., Ефременков А.Б., Борисов А.Ю. Проходческие комбайны со стреловидным исполнительным органом. Часть 1. Опыт производства и развития : монография // Томск : Изд-во ТПУ. – 2015. – 213 с.
15. 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.
16. Болобов В.И., Ахмеров Э.В., Ракитин И.В. Влияние вида горной породы на закономерности изнашивания коронки зуба ковша экскаватора // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2022. – № 6-2. – С. 189-204



IMPROVEMENT OF HORIZONTAL WELL DRILLING TECHNOLOGIES AND OPERATING EQUIPMENT OF AUGER MACHINES

Leonid E. Mametyev, Alexey A. Khoreshok, Alexander M. Tsekhin,
Andrew Yu. Borisov

T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University

Abstract.

The paper presents the parameters of technological schemes, equipment and composition of operations when realizing the processes of pioneer drilling and expansion by backstroke of horizontal transition wells combined with the processes of their fixing by sectional casing pipes.

Technical characteristics and results of operation of original designs of augering machines in different regions of Russia, made on the basis of serially produced units and mechanisms at machine-building plants of Kuzbass are given, which allows to approach the solution of issues on import substitution in mining and underground construction.

The designs of walking feed mechanisms of forward and reverse stroke, as well as the working body of drilling auger machines are substantiated and developed, allowing to expand the application area and functional capabilities in the direction of reducing energy consumption and increasing productivity of the processes of destruction, loading and transportation of drilling products.

The questions of unobstructed extraction of sectional auger drilling tools from the column of sectional inventory casing pipes and replacement of worn-out cutting tools on multibeam straight reamers with folding cutting groups without disassembly of the sectional auger drilling pack, and its return through the fixed string of sectional inventory casing pipes before the contact of the straight reamer with the surface of well face destruction are solved.

The mechanism of folding and opening in radial direction of hinge-attached cutter groups of the straight reamer for unobstructed extraction at dismantling by reverse stroke and return of the sectional auger drill string to the face working space in assembled form at mounting by direct stroke is described.

The structure of time expenditures for the fulfillment of operations of the working cycle of the auger drilling machine at one- and two-stage drilling technology with the use of hydraulic jacking step feed mechanism and mounted-dismountable working body is formed to determine their influence on the productivity of sinking processes.



Article info

Received:
19 March 2024

Revised:
05 May 2024

Accepted:
09 September 2024

Keywords: auger machine,
mining, feed mechanism,
reamer, boring tool, cutter, rod,
auger, borehole

For citation Mametyev L.E., Khoreshok A.A., Tsekhin A.M., Borisov A.Yu. Improvement of horizontal well drilling technologies and operating equipment of auger machines. *Journal of mining and geotechnical engineering*. 2024;3(26):4-21. DOI: 10.26730/2618-7434-2024-3-4-21, EDN: DHVKWD

References

1. Myshov, A.N. Design schemes of auger drilling machines and equipment based on serial units and mechanisms of mining machines. *Vestnik nauki = Bulletin of science*. 2023;2(59):164-166. [In Russ.].
2. Shipovskiy, K.A., Kapitonov, V.A., Petrov, M.V., Efimov, A.V. Design and construction experience of a horizontal well with a negative departure and azimuth reversal when drilling on the casing. *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.
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. Determination of the control device deviation parameters during the horizontal boreholes in the ground. *Fundamentalnye I prikladnye osnovy gornykh nauk = Fundamental and Applied Problems of Mining Sciences*. 2020;7(2):134-139. [In Russ.].
7. Danilov, B.B.; Smolyanitsky, B.N. Method and a drilling tool for changing the borehole trajectory during auger drilling // *Vestnik of Siberian State University of Railway Engineering*. 2017;1(40):66-73. [In Russ.].
8. Vorobei D.A., Meisner A.A., Semkin D.S. Review of the horizontal directional drilling units and analysis of the drilling trajectory control methods efficiency. *Tekhnika I tekhnologii stroitel'stva = Technics and technologies of construction*. 2023;2(34):26-33. [In Russ.].
9. Zabolotny, A.S.; Muksinov, R.R.; Khasanov, R.A. Organization of works in order to reduce deviations from the planned trajectory when drilling the directional and horizontal wells with the screw downhole motors. *Burenie I nefi' = 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*. 2018:119-124.
12. Maksimov A. S., Semkin D. C. Expansion of technical capabilities of the horizontal directional drilling unit // *Tekhnika I tekhnologii stroitel'stva = Technics and technologies of construction*. 2017;2(10):38-43. [In Russ.].
13. 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.
14. Khoreshok A.A., Mametyev L.E., Tsekhnin A.M., Gerike B.L., Buyalich G.D., Efremkov A.B., Borisov A.Yu. Roadheaders with arrow-shaped actuator. Part 1. Production and development experience: monograph. Tomsk : TPU Publishing House. – 2015. – 213 p. [In Russ.].
15. Khoreshok A.A., Mametyev L.E., Tsekhnin A.M., Efremkov A.B., Drozdenko Y.V., Borisov A.Yu. Machines and tools for borehole drilling: monograph. // Yaroslav Mudry Novgorod State Un. Yaroslav the Wise. Veliky Novgorod : Yaroslav Mudry Novgorod State University. – 2022. – 174 p. [In Russ.].
16. Bolobov, V.I.; Akhmerov, E.V.; Rakitin, I.V. Influence of the rock type on the wear patterns of the excavator bucket tooth crown // *Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten' = Mining information and analytical bulletin*. 2022;6-2:189-204. [In Russ.].

Conflicts of Interest

The authors declare no conflict of interest.

© 2024 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

Alexander M. Tsekhnin, Ph.D. (Tech.), Associate Professor
e-mail: tam.gmk@kuzstu.ru

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

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