

Creating a new drilling facilities for sinking long horizontal wells with transportation ruined the soil by means of the screw

Danilov B.¹, Smolyanitsky B.², Abirov A.³, Zharkenov E.⁴, Mukhtar E.⁵

Создание нового бурового комплекса для проходки протяженных горизонтальных скважин со шнековым транспортированием разрушенного грунта

Данилов Б. Б.¹, Смоляницкий Б. Н.², Абиров А. А.³,
Жаркенов Е. Б.⁴, Мухтар Е. М.⁵

¹Данилов Борис Борисович / Danilov Boris – доктор технических наук, заведующий лабораторией;

²Смоляницкий Борис Николаевич / Smolyanitsky Boris – доктор технических наук, заведующий лабораторией,
Институт горного дела

Сибирское отделение Российской академии наук, г. Новосибирск;

³Абиров Аскар Абашевич / Abirov Askar – кандидат технических наук, генеральный директор;

⁴Жаркенов Еркебулан Берденович / Zharkenov Erkebulan – магистр, старший научный сотрудник,
Казахстанский научно-технический центр развития ЖКХ;

⁵Мухтар Ернар Мухитулы / Mukhtar Ernar – магистрант,
кафедра технологических машин и оборудования, технический факультет,
Казахский агротехнический университет имени С. Сейфуллина, г. Астана, Республика Казахстан

Аннотация: приведено обоснование новой технологии бурения горизонтальных скважин в грунте, основанной на системе управления траекторией скважины и передачи управляющих команд со шнековым транспортированием разрушенной грунтовой массы.

Abstract: the new technique of horizontal drilling in the ground, based on the trajectory of the well control system and transmission control commands with a screw transportingshatteredsoilmass.

Ключевые слова: грунт, скважина, траектория, шнековое транспортирование.

Keywords: ground, well, path, transportation auger.

Бестраншейные способы сооружения коммуникаций играют важную роль в подземном строительстве современных городов. В последнее время она заметно усиливается в связи с качественными изменениями условий строительства. В строительстве рост объемов бурения горизонтальныхскважин с одновременной прокладкой в них различных коммуникаций и созданием технических средств для реализации этих технологических процессов вызван следующими структурными, технологическими, экономическими и экологическими причинами:

- возрастание потребности в системах трубопроводов для обеспечениянаселения коммуникационными сетями, в том числе с учетом перспективразвития;
- возникновение новых областей применения трубопроводных сетей впромышленном, общественном и частном секторах;
- насыщенность коммуникациями поверхностного слоя грунта, что усложняет прокладку новых трасс;
- высокая чувствительность современных инфраструктур к неудобствам, возникающим при открытой прокладке коммуникаций;
- необходимость в точной прокладке коммуникаций на значительные расстояния (100...150 м).

В настоящее время сложилось две схемы расположения буровой установки относительно оси сооружаемой скважины. В первом случае буровой станок располагается на дневной поверхности. Буровые штанги с инструментом вместе с кожухом входят в грунтовой массив под углом к поверхности и к оси скважины. В толще грунтового массива штанги и кожух изгибаются в пределах упругой деформации. За счет этого изгиба достигается вывод инструмента в исходное положение, в котором ось инструмента совпадает с проектной осью сооружаемой скважины. Такое решение позволяет устранить неудобства, связанные с поступлением в рабочую зону значительных объемов продукта бурения в виде шлама или отработанного бурового раствора, смешанного с разрушенным грунтом.

Недостатком такой схемы расположения является установка бурового станка на некотором расстоянии от устья скважины [1]. Это расстояние необходимо для заглубления инструмента и изгиба оси буровой колонны. В стесненных городских условиях указанное обстоятельство часто является серьезным недостатком, затрудняющим использование таких установок.

Шнековая буровая технология позволяет устранить возможность попадания шлама в рабочую зону бурового станка, следовательно, станок можно расположить непосредственно в рабочем котловане в максимальной близости к началу сооружаемой скважины и за счет этого уменьшить непроизводительные потери усилий подачи и вращения. Общий вид бурового станка для установки в рабочем котловане показан на рисунке 1, а технологическая схема направленной проходки скважин – на рисунке 2.

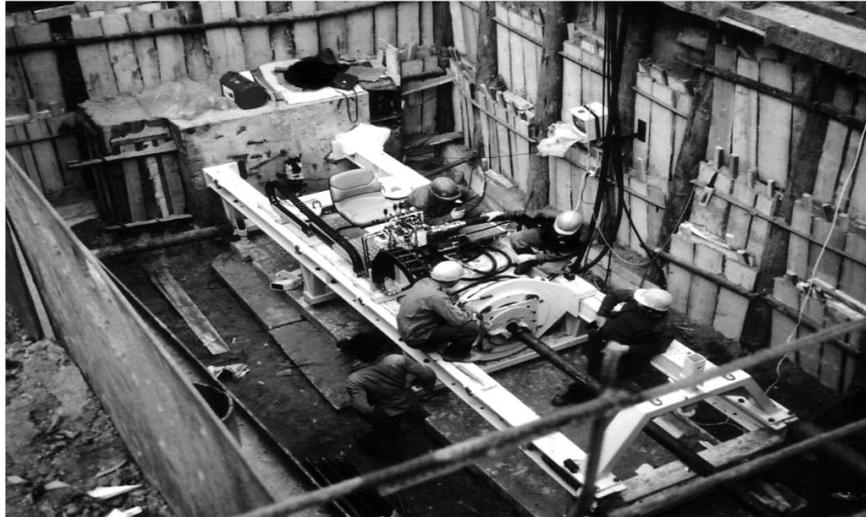


Рис. 1. Общий вид шнекового бурового станка

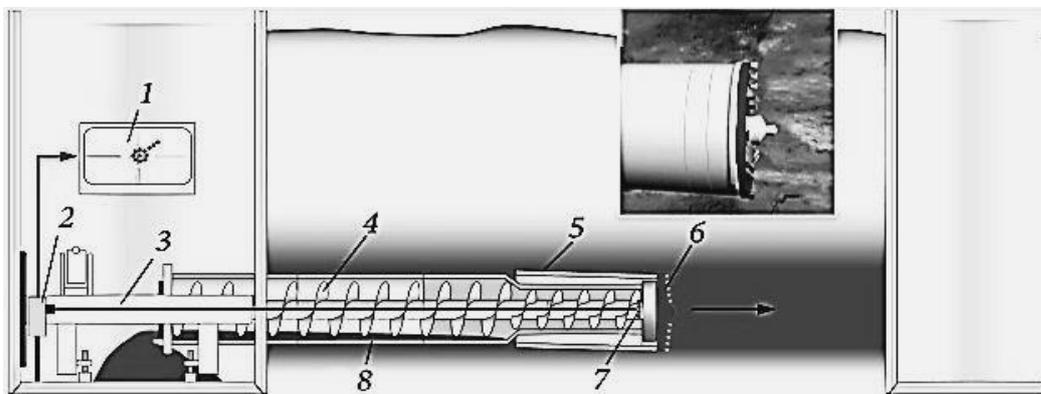


Рис. 2. Технологический процесс шнекового бурения в рыхлых породах и породах средней твердости
1 – монитор; 2 – теодолит; лазерный указатель; 4 – шнек; 5 – отклоняющаяся головная часть; 6 – породоразрушающий инструмент; 7 – мишень; 8 – обсадная труба

Определение рациональных значений диаметра шнекового транспортера имеет важное значение, поскольку с ним связаны такие значимые параметры бурового комплекса, как производительность, мощность приводных механизмов, габаритные размеры и масса оборудования. Опыт конструирования и эксплуатации горизонтальных и незначительно наклоненных винтовых конвейеров свидетельствует о целесообразности их работы при частичном заполнении пространства между винтовой поверхностью и кожухом шнека.

При сплошном заполнении наблюдаются снижение осевой скорости перемещения груза, увеличение мощности на транспортирование, повышение износа деталей транспортирующего устройства. Коэффициент заполнения шнекового пространства зависит в основном от угла наклона конвейера, скорости вращения шнека и свойств транспортируемого материала [2].

Рекомендации по расчету винтовых конвейеров предусматривают нормальный ряд чисел оборотов шнека в минуту $n = 23,6; 30; 37,5; 47,5; 60; 75; 95; 118; 150; 190$ и нормальные размеры диаметров винтов $D = 150; 200; 250; 300; 400; 500; 600$ мм.

Диаметр винта рекомендуется определять по формуле:

$$D = 0,28 \sqrt{\frac{Q}{\psi c n \gamma_0}} \text{ м.}$$

где Q – производительность в м³/ч.; c – коэффициент, учитывающий угол наклона скважины к горизонту; n – частота вращения в об./мин.; γ_0 – объемный вес в т/м³; ψ – коэффициент заполнения желоба.

Максимальное число оборотов определяют по эмпирической формуле:

$$n_{\max} = \frac{A}{\sqrt{D}} \text{об./мин.},$$

где А – коэффициент, в пределах 65 – 30, в зависимости от свойств материала; D – в м.

В таблице 1 приведены технические характеристики шнековых буровых станков, выпускавшихся в странах СНГ, а в таблице 2 – параметры зарубежных станков.

Таблица 1. Технические показатели установок горизонтального бурения

Параметры	УГБ-4	УГБ-3	ГБ-1421	ГБ-521	ГБ-1621
Длина проходки, м	60	40,60	50	40	60
Диаметр, мм	325-630	630-1020	1220-1420	325-530	17 20
Мощность, кВт	41	41-44	55	22	49
Частота вращения шнека, об/мин	6-38,4	5,12-32	3,51-21,7	4,5-28,7	-
Частота вращения двигателя, об/мин	1600	1500	1700	1500	-
Скорость проходки, м/смену	15-25	15-25	-	-	До 10
Усилие лебедки, кН	12	78	78	-	-
Усилие подачи, МН	0,29	0,49	0,78	1,5-2,0	7
Габаритные размеры, м	3,3x1,66x2,20	4,0x1,72x2,68	4,8x2,20x2,90	4,2x1,70x2,20	-
Масса, т	12,87	18,5	16	5,67	44, 8

Таблица 2. Технические показатели установок горизонтального бурения зарубежного производства

Параметры	JOY AD-2	KGB-500	Установка «Compton»	«Undergrounderminer»
Длина шнековой секции, мм	1200	1700	1900	1700
Диаметр, мм	610 - 760	510-700	690-950	850-1000
Мощность, кВт	30	42	100	160
Частота вращения шнека, об./мин.	75	45; 67	Н.д	75
Скорость подачи каретки м/мин.	2	2	Н.д	134; 177
Усилие подачи, кН	40	50	80	200
Способ передвижки станка	лебедкой	лебедкой	гидравлические шагающие лыжи	гусеничный ход
Масса, т	4,5	7,6	11	20,5

Исходя из требуемого диаметра скважин, их длины, ориентируясь на результаты расчета по приведенным выше формулам и на данные, содержащиеся в таблицах 1, 2, были в первом приближении выбраны следующие значения основных параметров бурового станка для разработки экспериментального образца комплекса бурового оборудования:

- величина крутящего момента – 2700 Нм;
- напорное усилие – 250 кН;
- частота вращения шнека – 50-80 об./мин.

Выполненный нами анализ показывает, что наиболее интересной является идея принципа отклонения оси скважины, реализованная в устройстве для проходки криволинейных скважин при шнековом бурении, защищенная патентом RU 147 887 U1 (приоритет от 15.07.2014 г.). Её принципиальное отличие от известных решений заключается в том, что вращающийся породоразрушающий инструмент (рис. 3) имеет одно радиально расположенное шарнирное соединение с обсадной трубой, которая в процессе проходки скважины не вращается, однако имеет возможность поворота на 90 или 180 градусов в ту или иную сторону.

Поворотом трубы осуществляется выбор направления отклонения траектории проходки скважины. Само отклонение достигается за счет смещения рабочего органа вперед относительно корпуса. При этом за счет шарнирного соединения происходит смещение оси вращения буровой головки, а, следовательно, и оси формируемой им скважины, относительно продольной оси обсадной трубы. Обязательным условием является увеличенный по сравнению с диаметром трубы диаметр буровой головки.

Такое решение позволяет существенно упростить конструкцию бурового рабочего органа, систем управления траекторией скважины и передачи управляющих команд, обеспечив высокую надежность оборудования, простоту его применения и обслуживания, снижение энергоемкости процесса бурения без потери производительности.

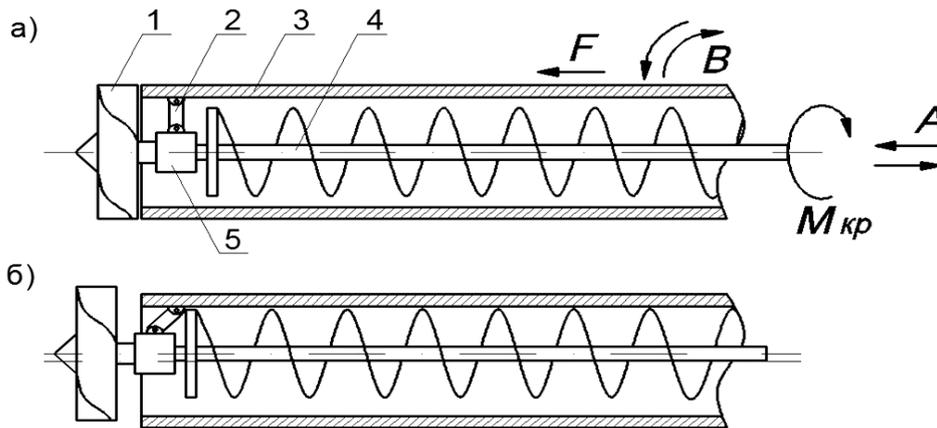


Рис. 3. Способ и буровой инструмент для изменения траектории скважины при шнековом бурении:
 а – положение инструмента для прямолинейного движения; б – положение инструмента для отклонения скважины вверх;
 1 – породоразрушающий инструмент; 2 – шарнирная подвеска; 3 – обсадная труба; 4 – шнековый транспортер; 5 – подшипниковый узел

Важным достоинством конструктивной схемы, изображенной на рисунке 3, является то, что она позволяет создавать отклоняющее усилие только тогда, когда в этом есть необходимость. В результате создаются предпосылки уменьшения отклонений скважины от заданной траектории и повышения точности ее выхода в заданную область подземного пространства. Поэтому предложенная схема была положена в основу разработки конструкции действующего образца механизма изменения траектории скважины.

Анализ известных конструктивных решений механизма передачи управляющего воздействия к рабочему органу показывает, что наиболее простыми в конструктивном отношении и в достаточной мере эффективными способами передачи управляющего усилия являются способы, основанные на использовании основных рабочих усилий бурового станка – крутящего момента и осевого напорного усилия. Для реализации механизма отклонения оси скважины за счет осевого смещения режущей головки шнекового рабочего органа разработана конструкция рабочего органа, показанная на рисунке 4. Механизм размещен внутри корпуса 1, который является продолжением обсадной трубы – кожуха. Основным несущим элементом конструкции является приводной вал 2, установленный на передней и задней подшипниковых опорах 3 и 4.

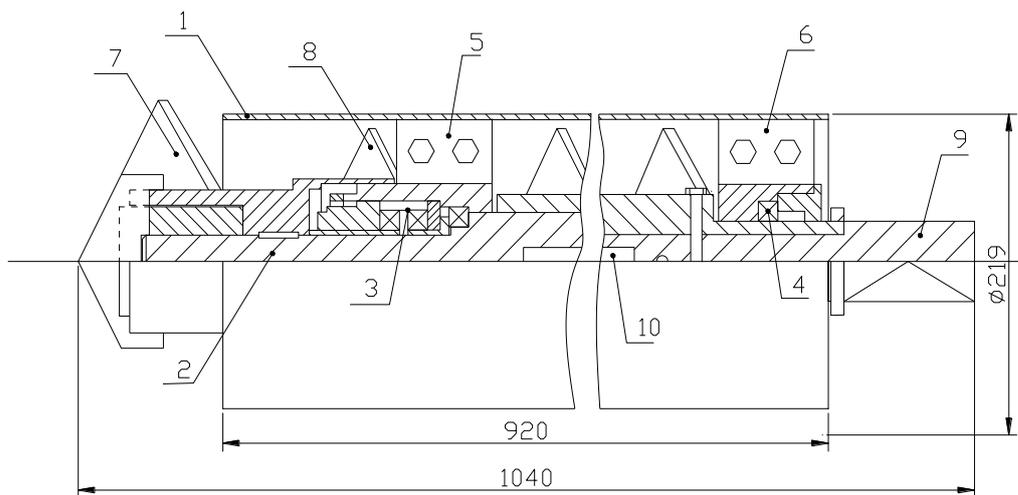


Рис. 4. Конструкция механизма изменения траектории скважины

1 – корпус; 2 – приводной вал; 3 – передняя подшипниковая опора; 4 – задняя подшипниковая опора; 5, 6 – соединительные элементы; 7 – буровая головка; 8 – шнековая лента; 9 – хвостовик; 10 – зонд-излучатель системы подземной локации

Для восприятия всех видов нагрузки передняя опора 3 имеет более сложную конструкцию, чем задняя, так как в ней установлены не только радиальные, но и упорные подшипники. Подшипниковые опоры установлены в корпусе 1 с возможностью радиального смещения. Конструкция соединительных элементов 5 и 6 допускает смещение оси вала 2 относительно оси корпуса 1 на величину до 10 мм в каждую сторону. За счет этого смещения достигается отклонение оси скважины в процессе бурения. На передней части вала установлена буровая головка 7, на боковой поверхности вала имеется шнековая лента 8, а заканчивается вал хвостовиком 9, который служит для передачи крутящего момента. Внутри приводного вала установлен зонд-излучатель 10 системы подземной локации, сигналы которого позволяют определить местоположение и пространственную ориентацию рабочего органа в породном массиве в процессе бурения. На основе этой информации производится корректирование траектории скважины в процессе бурения.

Для проведения экспериментальных исследований процесса взаимодействия рабочего органа направленного бурения с грунтовым массивом был изготовлен образец-прототип рабочего органа в натуральную величину (рисунок 5). В конструкции предусмотрена возможность смещения оси вращения буровой головки в радиальном направлении на фиксированную величину. Это позволит установить зависимость величины отклонения оси скважины от величины осевого смещения буровой головки.

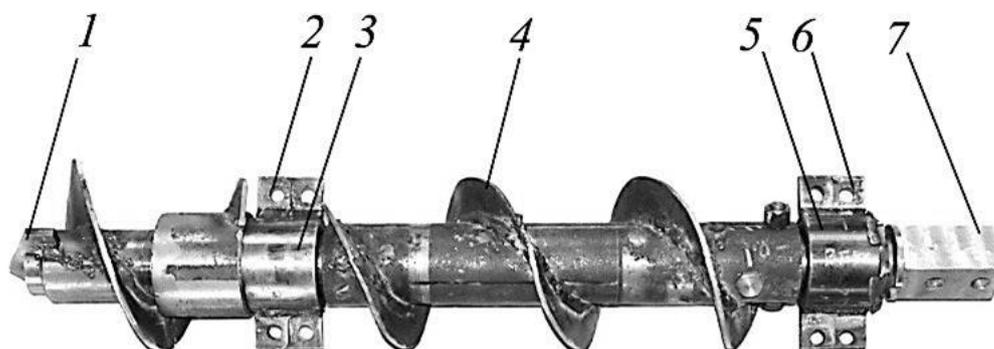


Рис. 5. Прототип рабочего органа

1 – буровая головка; 2 – передний подшипниковый узел; 3, 6 – опорные гнезда; 4 – шнек; 5 – задний подшипниковый узел; 7 – приводной вал

На экспериментальном стенде «грунтовой канал» (рисунок 6), были проведены испытания макетного образца рабочего органа для направленного бурения скважин. Грунтовой канал представляет собой стальную трубу диаметром 1000 мм и длиной 11 м, заполненную грунтом (рисунок 6). Грунт представлен уплотненным массивом супеси, плотность которой составляет 1860 - 1970 кг/м³.



Рис. 6. Экспериментальный стенд «Грунтовый канал»

Для того чтобы оценить величину смещения оси скважины от первоначального горизонтального направления на 1 метре длины скважины при смещении режущей головки, грунтовый канал был дооборудован люками в верхней части, через которые в процессе бурения при помощи щупа определялось положение верхней части рабочего органа.

Из соображений чистоты эксперимента (положительного влияния силы тяжести) было выбрано смещение оси буровой головки, а следовательно и направление отклонения вертикально вверх. По результатам измерений построена траектория движения рабочего органа (рисунок 7).

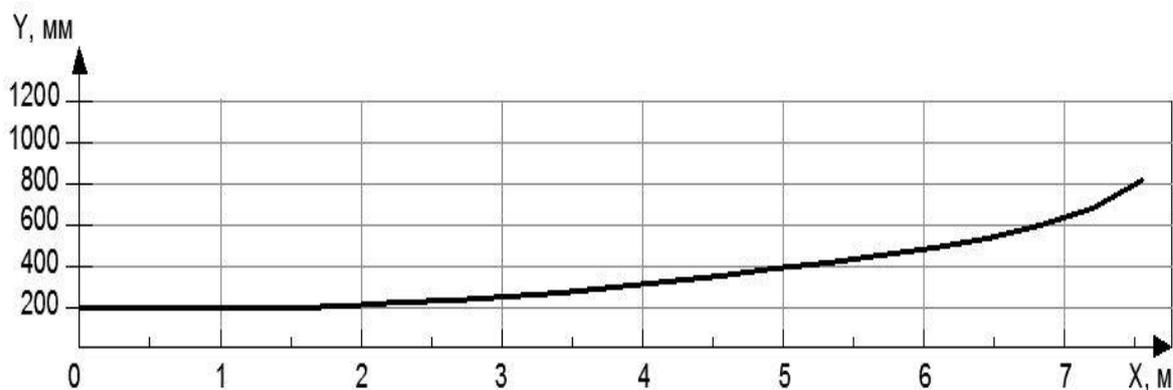


Рис. 7. Траектория движения рабочего органа в грунтовом массиве

По результатам проведенных испытаний можно сделать следующие выводы:

1. Подтверждена работоспособность предложенного принципа отклонения оси скважины и разработанной конструкции рабочего органа для направленного бурения скважин.
2. Достигнута величина отклонения оси скважины навеличину более 500 мм на 7,5 метра ее длины, что более чем достаточно для практических целей [3].
3. Механизм передачи управляющего воздействия должен обеспечивать фиксированную величину осевого смещения режущей головки.
4. Звенья обсадной трубы целесообразно соединять между собой с возможностью некоторой угловой подвижности с целью улучшения маневренности рабочего органа.

Литература

1. Рыбаков А. П. Основы бестраншейных технологий (теория и практика). М.: Пресс Бюро, 2005. 304 с.
2. Маметьев Л. Е. Обоснование и разработка способов горизонтального бурения и оборудования буровых машин: Дис. ... докт. техн. наук. Кемерово, 1992. 492 с.
3. Чепурной Н. П. Экспериментальное исследование процесса проходки криволинейных скважин в уплотняемых грунтах. // ФТПРПИ, 1996. № 6. С. 72–76.