

УДК 624.132.3

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ПРОКОЛУ ГРУНТУ З КОРРЕКЦІЮ ТРАЕКТОРІЇ РУХУ

БАЛЕСНИЙ С.П., *аспірант*.

Кафедра будівельних і дорожніх машин, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, вул. Петровського, 25, 61002, Харків, Україна, тел. +380956012543, e-mail: sergey.balesnyy@mail.ru, ORCID ID: 0000-0003-2861-2634.

Анотація. В останні роки в усьому світі в міських умовах для прокладки інженерних комунікацій все ширше застосовується технологія проколу ґрунту. Одним з недоліків традиційної технології проколу ґрунту конусним робочим органом є відхилення його руху від заданої траєкторії, особливо в масиві ґрунту з шарами різної щільності. Пошук можливості підвищення точності проколу ґрунту, є вельми актуальним завданням. Проведений огляд досліджень і технічних рішень дозволив виявити тенденції розвитку безтраншейних технологій прокладки підземних комунікацій методом статичного проколу, спрямованих на забезпечення точності траєкторії проколу ґрунту. Отримані уявлення про основи керованого проколу ґрунту і конструкції обладнання для його реалізації дозволяють досить добре оцінити особливості процесів, які відбуваються при цьому. Керований прокол, який реалізується методом горизонтально-направленого буріння – складний і дорогий процес, застосування якого ефективно при розробці свердловини складної траєкторії і на великих ділянках більш ніж 100 м. На відносно коротких ділянках від 15-20 м до 100 м, як правило, необхідно траєкторію проколу витримувати максимально прямолінійно. Оскільки в силу ряду причин виконати цю умову практично не реально, то пропонується дослідити можливість корекції траєкторії проколу із застосуванням досить простого пристрою для реалізації поступального і при необхідності обертального руху для зміни положення проколюючої головки зі скошеною робочою поверхнею за допомогою спеціального гідроциліндра з вбудованою всередині несамогальмівної гвинтової пари. **Мета** роботи є наукове обґрунтування параметрів і особливостей обладнання для проколу ґрунту з оперативною корекцією траєкторії руху, отримане на основі експериментальних даних за допомогою комплексу обладнання для реалізації і дослідження процесу проколу в натурних ґрунтових умовах. **Висновок.** За результатами проведених випробувань на полігоні НПП «Газтехніка» підтверджена працездатність і унікальність конструкції силової установки, яка дозволяє створювати зусилля поступального руху штанг, а в потрібних умовах забезпечувати обертання штанг і робочої головки. За допомогою експериментального комплексу встановлено, що зусилля прокол ґрунту з обертанням конусом в 1,5 ... 2 рази менше, ніж при статичному проколі.

Ключові слова: безтраншейні технології, комунікації, горизонтальна свердловина, установка, прокол, траєкторія руху, корекція руху.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССА ПРОКОЛА ГРУНТА С КОРРЕКЦИЕЙ ТРАЕКТОРИИ ДВИЖЕНИЯ

БАЛЕСНИЙ С.П., *аспірант*.

Кафедра строительных и дорожных машин, Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет, ул. Петровского, 25, 61002, Харьков, Украина, тел. +380956012543, e-mail: sergey.balesnyy@mail.ru, ORCID ID: 0000-0003-2861-2634.

Аннотация. В последние годы во всем мире в городских условиях для прокладки инженерных сооружений все шире применяется технология прокола грунта. Одним из недостатков традиционной технологии прокола грунта конусным рабочим органом является отклонение его движения от заданной траектории, особенно в массиве грунта со слоями различной плотности. Поиск возможности повышения точности прокола грунта, является весьма актуальной задачей. Проведенный обзор исследований и технических решений позволил выявить тенденции развития бестраншейных технологий прокладки подземных коммуникаций методом статического прокола, направленных на обеспечение точности траектории прокола грунта. Полученные представления об основах управляемого прокола грунта и конструкции оборудования для его реализации позволяют достаточно хорошо оценить особенности происходящих при этом процессов. Управляемый прокол, реализуемый методом горизонтально-направленного бурения – сложный и дорогой процесс, применение которого эффективно при разработке скважины сложной траектории и на больших участках более 100м. На относительно коротких участках от 15-20м до 100м, как правило, требуется траекторию прокола выдерживать максимально прямолинейной. Поскольку в силу ряда причин выполнить это условие практически не реально, то предлагается исследовать возможность коррекции траектории прокола с применением относительно простого устройства для реализации поступательного и при необходимости вращательного движения для изменения положения прокольной головки со скошенной рабочей поверхностью с помощью специального гидроцилиндра со встроенной внутри несамотормозящейся пары. **Цель.** Целью работы является научное обоснование параметров и особенностей оборудования для прокола грунта с оперативной коррекцией траектории его движения, полученное на основе экспериментальных данных с помощью комплекса оборудования для реализации и исследования процесса прокола в натурных грунтовых условиях. **Вывод.** По результатам проведенных испытаний на полигоне НПП «Газтехника» подтверждена работоспособность и уникальность конструкции силового установки, которая позволяет создавать усилия поступательного движения штанг, а в нужных условиях обеспечивать вращение штанг и рабочей головки. С помощью экспериментального комплекса установлено, что проколы грунта вращающимся конусом в 1,5...2 раза меньше, чем при статическом проколе.

Ключевые слова: бестраншейные технологии, инженерные коммуникации, горизонтальная скважина, установка, траектория движения, прокол, коррекция траектории.

EXPERIMENTAL COMPLEX FOR RESEARCH OF THE SOIL THRUST PROCESS WITH CORRECTION OF BORING TRAJECTORY

Balesniy S.P., *postgraduate.*

Department building and road machine, Kharkov National Automobile and Highway University, Petrovskogo str., 25, 61002, Kharkov, Ukraine, tel. +380956012543, e-mail: sergey.balesnyy@mail.ru, ORCID ID: 0000-0003-2861-2634.

Abstract. Lately soil thrust boring technique has been widely used for construction of the service lines in urban areas all over the world. The deflection of the trajectory of the working body from the designed one is one of the disadvantages of the traditional technique of soil thrust boring by the conic working body, especially in the soil with a different density. Thus, the research of the ways to improve the accuracy of the soil thrust boring is a topical issue. A review of the researches and technical solutions allows to find out the trends in development of trenchless technique of service lines by soil thrust boring with correction of the trajectory. The idea of correction of soil thrust boring trajectory and structures of the plants for implementation of this method have been received. The steerable soil thrust boring by horizontal directional drilling is a difficult and expensive process, which is effective for curve trajectories and long boring distances over 100 m. For relatively short distances (from 15-20 to 100 m) a rectilinear trajectory is required. It is difficult to obtain such condition for a number of reasons; it was proposed to research the possibility of the correction of trajectory by using quite a simple plant for implementation the translation motion and in some cases to provide the rotation motion in order to change the position of the slanted soil thrust head by the specific hydro cylinder with built-in screw gage. The aim of the research is to justify scientifically the parameters and features of the soil thrust boring equipment with active correction of the boring trajectory, which were received from experimental data using the equipment for implementation of the research process in natural soil condition. Conclusion. According to the results of the tests which were carried out at the test site of "NPP "Gaztehnika" the operability and unique design of the power plant, which allows to create translation motion of the connecting rods and in some cases to provide the rotation of the connecting rods and soil thrust head were confirmed. Using the experimental plant it was found out that the soil thrust boring by rotating conical working body is 1.5...2 times less than by the static soil thrust boring.

Keywords: trenchless technology, service lines, horizontal well, plant, soil thrust boring, motion trajectory, trajectory correction.

Введение. В последние годы во всем мире в городских условиях для прокладки инженерных сооружений все шире применяется технология прокола грунта. Одним из недостатков традиционной технологии прокола грунта конусным рабочим органом является возможное отклонение его движения от заданной траектории, особенно в массиве грунта со слоями различной плотности. В итоге такого неуправляемого прокола не удастся обеспечить точного выхода рабочего органа в заданной точке. Поэтому повышение точности прокола грунта является весьма актуальной задачей.

Цель и постановка задачи Целью работы является научное обоснование параметров и особенностей оборудования для прокола грунта с оперативной коррекцией траектории его движения, полученное на основе экспериментальных данных с помощью комплекса оборудования для реализации и исследования процесса прокола в натурных грунтовых условиях.

Анализ публикаций. Общие закономерности процессов прокола и расширения скважин изложены в работах [3,

9]. Результаты исследований влияния конструкций рабочих головок на точность прокола грунта (отклонения скважины от заданной траектории) изложено в работах [1, 2, 7]. В диссертационных работах [4, 8] предлагаются основы управляемого прокола грунта, конструкции оборудования для его реализации.

Изложение материала. В основу экспериментального оборудования (Рис. 1) положены принципы создания малогабаритного гидравлического привода, которые обеспечивают не только поступательное движение штока гидроцилиндра, но и в необходимый момент – вращательное, принципы работы которого изложены в работах [5; 6]. Это является необходимым условием для реализации принципа управляемости прокола, который заключается в том, что при поступательном продвижении в грунт прокалывающей головки со смещённым конусом или скошенной головкой будет происходить её отклонение от заданной траектории в сторону смещения рабочей поверхности относительно оси цилиндрической части снаряда. А, при его подаче с

одновременным вращением, должно осуществляться движение по прямой траектории.

Состоит комплекс из силовой установки (1), рама которой закрепляется ко дну прямка винтовыми анкерами (2). Силовой привод представляет собой гидроцилиндр с диаметром цилиндра 180 мм и штока 45 мм, работа которого осуществляется с помощью гидравлической жидкости, поступающей от

гидравлической станции (2) с давлением 20 МПа, которое обеспечивается насосом НШ-6. Скорость прямого хода составляет 0,05 м/сек. Обратного – 0,065 м/с. Шток гидроцилиндра соединен со штангой (3), которая, в свою очередь, соединена с прокалывающей головкой (4) через специально разработанный узел для замера крутящего момента (5)

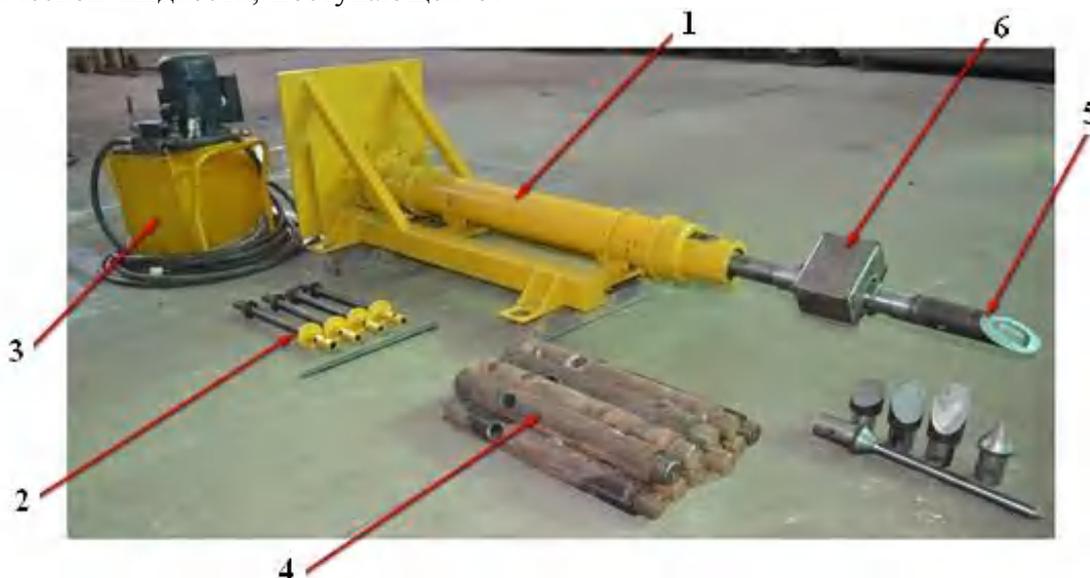


Рис. 1. Экспериментальная установка для исследования процессов прокола грунта: 1 – силовая прокалывающая установка; 2 – винтовые якоря; 3 – гидравлическая станция; 4 – наборные штанги; 5 – прокалывающая головка; 6 – устройство для замера крутящего момента.

Особенностью силового привода комплекса прокола грунта является наличие внутри силового цилиндра несамотормозящей пары. Суть сказанной модернизации может быть представлена следующей схемой (Рис. 2).

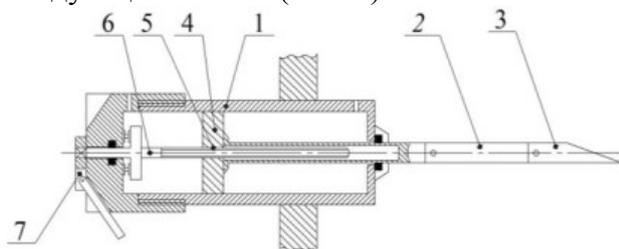


Рис. 2. Схема гидроцилиндра, обеспечивающего поступательное и, при необходимости, вращательно-поступательное движение штока.

На штоке гидроцилиндра (1) закрепляется штанга (2), которая в свою очередь через такие же штанги соединяется с прокалывающей головкой (3). Внутри цилиндра встроен блок вращения и осевого

перемещения штока. В качестве преобразователя поступательного движения поршня (4) во вращательно-поступательное движение рабочего органа использована винтовая пара (5). Особенностью конструкции гидроцилиндра является наличие центрального винта (6), установленного в опорном узле и имеющего стопорное устройство (7). При включении в работу стопорного устройства производится завинчивание и вывинчивание прокалывающей головки, а при отключении - поступательное перемещение, то есть создание толкающей и тяговой нагрузки.

Осевое усилие определяется опосредованно через известные рабочие площади штоковой и поршневой полостей гидроцилиндра и рабочее давление в системе подачи гидрожидкости, которое определяется с помощью встроенного в нее преобразователя давления WIKA ECO-1.

Тарировка датчика проводилась в пределах значений рабочего давления от 0 до 16 МПа.

Для установления моментов вращения рабочей головки со скошенной поверхностью, необходимой для коррекции траектории прокола грунта, был изготовленный специальный динамометрический блок. Принципиальная

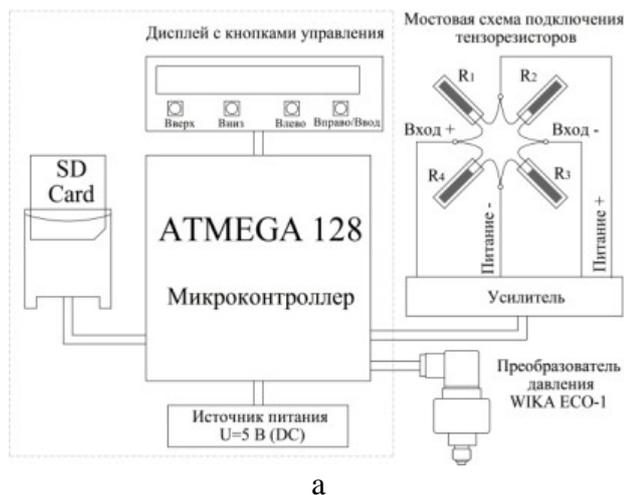


схема измерительного блока показан на Рис. 4а, а его общий вид с переходной муфтой представлен на Рис. 4б. Промежуточная муфта рассчитана по прочностным возможностям на крутящий момент до 1000 Н/м и тарирована в пределах 0 – 500 Н/м.



Рис. 3. Измерительный блок: а – схема подключения тензомоста и преобразователя давления к измерительному блоку; б – общий вид переходной муфты и измерительного блока.



Рис. 4. Конструкции рабочих наконечников для прокола грунта: а – конусные наконечники; б – с наклонными под углом к оси плоскими поверхностями

Для исследования процессов прокола, вернее, влияния конструкций рабочих органов на точность прокола были

изготовлены следующие типы наконечников (Рис. 4 а, б).

Для контроля траектории движения рабочего оборудования в грунте экспериментальный комплекс оснащен поисковым прибором «СПРУТ-5М» с генератором импульсов «ГИ СПРУТ-5М», производства ООО ПКФ «КРОМ» (г. Днепропетровск). Общий вид прибора представлен на рис.5.



Рис. 5. Общий вид поисковой системы «СПРУТ-5М»: 1 – антенна; 2 – приемник «СПРУТ-5 М»; 3 – генератор импульсов «ГИ СПРУТ-5М»; 4 – наушники.

Процесс определения местоположения грунтопрокалывающей головки в грунте с помощью поисковой системы представлен на рис. 6. Звуковая информация снимается с помощью наушников, а визуальный контроль осуществляется по индикатору прибора. При этом оператор перемещает антенну над поверхностью грунта по оси трассы над штангой и прокалывающей головкой, на которые с открытой их части передаются сигналы высокой частоты.

Точность определения с помощью прибора местоположения рабочего органа в грунте составляет ± 1 см при глубине заложения до 2 м и ± 5 см, а при глубине заложения до 10 м, что является достаточно высокой точностью для установления местоположения штанги и прокалывающей головки в грунте.



Рис. 6 Определение местоположения грунтопрокалывающей головки при проколе.

Испытания экспериментального комплекса и поисковые экспериментальные исследования проводились в условиях полигона ООО НПП «Газтехника». Проколы проводились на глубине более 1,2 м в глинистых, суглинистых и супесчаных грунтах. Дистанция между стартовым и приёмным котлованами составляла 12 м.

Поисковые эксперименты с образцами рабочих органов разного типа позволили установить следующее.

Наихудший результат по соответствию заданной траектории, как и предполагалось, был у образца рабочего органа со стандартным конусным наконечником. Его отклонение от оси на дистанции 12 м составило 0,4 м.

На 0,15 м отклонилась прокалывающая головка с выступающей иглой, что соответствует известным рекомендациям по повышению точности траектории.

Исследование влияния скошенной головки на отклонение траектории движения показало, что его максимальное значение при поступательном движении штока гидроцилиндра было достигнуто при использовании насадки с минимальным углом скоса рабочей поверхности 30° относительно оси движения. В глинистых грунтах на дистанции 12 м отклонение от заданной точки составило 0,5 м в сторону скоса поверхности головки.

Прокол грунта с наконечником с максимальным скосом 60° в данных грунтовых условиях не оказал практически никакого влияния на процесс, поскольку на его рабочей поверхности образовалось плотное сферическое ядро уплотнения, которое в итоге сделало процесс не управляемым.

При поступательном движении штока и его вращении значительных отклонений образцов головок со скошенной рабочей поверхностью от заданной траектории во всех случаях не наблюдалось.

Интересные данные прокола грунта с моделями конусных рабочих органов диаметром от 20 мм, 40 мм, 60 мм, 80 мм и 100 мм представлены на Рис. 7 и Рис. 8, которые наглядно показывают, что представленные зависимости позволяют уточнить усилия прокола грунта для разных грунтовых условий, что важно при проектировании конкретных рабочих органов и приводов. Особенно важно, что прокол грунта при вращающемся конусе в 1,5...2 раза меньше, чем при проколе без вращения конуса.

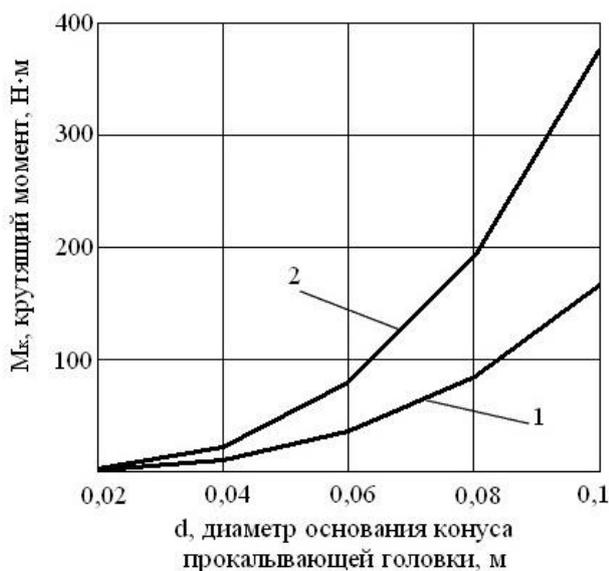


Рис. 7. Крутящий момент при шаге завинчивания 60 мм: 1 – в суглинке; 2 – в глине.

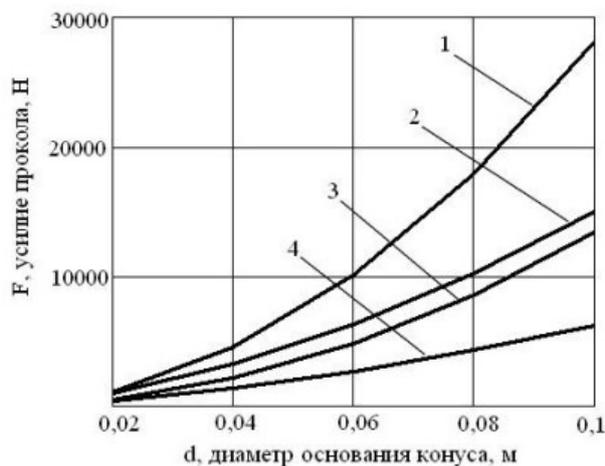


Рис. 8. Зависимости усилия прокола от диаметра основания конуса головки: 1 – усилие статического прокола в глине; 2 – усилие статического прокола с вращением в глине; 3 – усилие статического прокола в суглинке; 4 – усилие статического прокола с вращением в суглинке.

Представленные результаты проведенных поисковых экспериментов подтвердили технические возможности экспериментального комплекса при проведении исследований процессов прокола, в частности его реализацию с возможностью коррекции траектории движения грунтопрокалывающей головки в грунте. Полученные данные будут использованы при планировании экспериментов в дальнейших исследованиях. Некоторые результаты проведенных исследований могут быть так же использованы при проектировании конкретных рабочих органов и приводов.

Выводы. 1. По результатам проведенных испытаний на полигоне НПП «Газтехника» подтверждена работоспособность и уникальность конструкции силовой установки, которая позволяет создавать усилия поступательного движения штанг, а нужных условиях обеспечивать вращение штанг и рабочей головки.

С помощью экспериментального комплекса установлено, что проколы грунта вращающимся конусом в 1,5...2 раза меньше, чем при статическом проколе.

2. Применение поисковой системы типа «СПРУТ-5М», входящей в состав комплекса, позволяет отслеживать перемещение прокалывающего инструмента в грунте, и при значительных отклонениях принимать решение о траектории его движения.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Вазетдинов А.С. Опыт определения усилий внедрения и местоположения в грунте головного снаряда при проколе / А.С. Вазетдинов // Водоснабжение и санитарная техника. – 1958. – №1. – С. 21 – 26.
2. Васильев С.Г. Подземное строительство неглубокого заложения / Васильев С.Г. – Львов: Вища школа. Изд-во при Львов. ун-те, 1980. – 144 с.
3. Ипатов Н.К. О выборе формы головки грунтопрокалывающего снаряда / Н.К. Ипатов, В.В. Чижов // Известия высших учебных заведений. Серия «Строительство и архитектура». – 1971. №4. – С. 114 – 117.
4. Олексин В.І. Вибір та обґрунтування параметрів робочого обладнання грунтопроколюючих установок для створення горизонтальних свердловин комбінованим методом: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. тех. наук: спец. 05.05.04 «Машини для земляних, дорожніх та лісотехнічних робіт» / В.І. Олексин. – Харків, 2013. – 200 с.
5. Пенчук В.А. Винтовые сваи и анкера для опор / Пенчук В.А. – Киев: Будівельник, – 1985. – 96 с.
6. Пенчук В.А. Винтовые сваи и анкера для опор: монография / Пенчук В.А. – Донецк: изд-во «Ноулидж» (донецкое отделение). – 2010. – 179 с.

7. Полтавцев И.С. Специальные землеройные машины и механизмы для городского строительства / И.С. Полтавцев, В.Б. Орлов, И.Ф. Ляхович – К.: «Будівельник», 1977. – 136 с.
8. Рогачёв А.А. Обоснование конструктивных параметров и режимов работы исполнительного органа управляемой прокалывающей установки: автореф. дис. на соискание науч. степени канд. тех. наук: спец. 05.05.06 «Горные машины»/А.А.Рогачев. – Тула, 2007. – 135 с.
9. Супонев В.Н. Требования, выдвигаемые к параметрам горизонтальных скважин и эффективность бестраншейных методов их разработки / В.Н Супонев, В.И. Олексин, С.М. Вивчар // Вестник ХНАДУ. Сб. науч. ст. X.: – 2014. Вип. 65-66. – С. 102 – 107.

REFERENCES

1. Vazetdinov A.S. *Oпыт opredelenija usilij vnedrenija i mestopolozhenija v grunte golovного snarjada pri prokole* [Experience of determination of the thrust boring force and location of the soil thrust boring head in the soil during the well development]. *Vodosnabzhenie i sanitarnaja tehnika. – Water supply and sanitary equipment.* 1971. no. 4. pp. 21–26. (in Russian)
2. Vasil'ev S.G. *Podzemnoe stroitel'stvo neglubokogo zalozenija* [Underground construction of shallow emplacement]. L'vov: Vishha shkola, 1980. 144 p. (in Russian)
3. Ipatov N.K., Chizhov V.V. *O vybore formy golovki gruntoprokalyvajushhego snarjada* [About the selection of the form of the soil thrust head]. *Izvestija vysshih uchebnyh zavedenij. Serija «Stroitel'stvo i arhitektura».* 1971. no. 4. pp 114 – 117 (in Russian)
4. Olexsin V.I. *Vibir ta obruntuvannja parametriv robochого obladdannja truntoprokoljuchih ustanovok dlja stvorenija gorizont'nih sverdlovin kombinovanim metodom* [The selection and substantiation of parameters for work equipment of soil puncturing plants to create horizontal wells by combined method] PhD dissertation. Kharkiv. 2013. 200 p. (in Russian)
5. Penchuk V.A. *Vintovye svai i ankera dlja opor* [Screw piles and anchors for supports]: monografija / Penchuk V.A. – Doneck: izd-vo «Noulidzh» (doneckoe otdelenie). 2010. 179 p. (in Russian)
6. Penchuk V.A. *Vintovye svai i ankera dlja opor* [Screw piles and anchors for supports] / Penchuk V.A. – Kiev: Budivel'nik, – 1985. – 96 s. (in Russian)
7. Poltavcev I.S., Orlov V.B., Ljahovich I.F. *Special'nye zemlerojnye mashiny i mehanizmy dlja gorodskого stroitel'stva* [Specific earthmoving machines and mechanisms for urban construction]. К.: «Budivel'nik». 1977. 136 p. (in Russian)
8. Rogachjov A.A. *Obosnovanie konstruktivnyh parametrov i rezhimov raboty ispolnitel'nogo organa upravljajemoj prokalyvajushhej ustanovki* [Justification of the design parameters and operating modes of the working body of the steerable soil thrust plant] PhD dissertation. Tula, 2007. 135 p. (in Russian)
9. Suponev V.N., Olexsin V.I., Vivchar S.M. *Trebovanija, vydvigaemye k parametram gorizont'nyh skvazhin i jeffektivnost' bestranshejnyh metodov ih razrabotki* [The requirements to parameters of horizontal wells and effectiveness of trenchless method of their development] .*Vestnik HNADU. Sb. науч. st. Kharkov.* 2014. Issue 65–66. pp. 102 – 107. (in Russian)