

6. Пат. 92260 Україна, МПК Е 02 F5/18. Спосіб розширення горизонтальної свердловини / Пенчук В. О., Супонев В. М., Белицький Д. Г., Олексин В. І., Вівчар С. М.; заявник та патентовласник Харківський національний автомобільно-дорожній університет, Пенчук В. О., Супонев В. М., Белицький Д. Г., Олексин В. І., Вівчар С. М., – №u201401855; заявл. 25.02.2014; опубл. 11.08.2014, Бюл. №15.

7. Пономаренко С. Н. Влияние размера частиц горной породы на параметры пневмотранспортирования / С. Н. Пономаренко // Геотехническая механика. – Дн-вск: ИГТМ НАНУ, 2012. – Вып. 97. – С. 264 – 271.

8. Ромакин Н. Е. Машины непрерывного транспорта: учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / Н. Е. Ромакин. – М. : Издательский центр «Академия», 2008. – 432 с.

УДК 624.132.3

В. А. ПЕНЧУК, д. т. н.

Донбасская национальная академия строительства и архитектуры

В. Н. СУПОНЕВ, к. т. н., С. П. БАЛЕСНЫЙ, аспирант.

Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет

ОСОБЕННОСТИ И ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ ПРОЦЕССОВ ГОРИЗОНТАЛЬНОГО ПРОКОЛА ГРУНТА

Актуальность темы. Современные города оснащены сложными инженерными подземными коммуникациями, поэтому во многих зарубежных странах прокладка и ремонт инженерных коммуникаций открытым способом уже запрещена. Поэтому для бестраншейной прокладки труб, кабелей и других подземных элементов разработки и используется различные технологии и оборудование. Бестраншейные прокладки горизонтальных и наклонных скважин позволяют уменьшить объемы земляных работ при существенном сокращении стоимости и сроков выполнения строительномонтажных работ. В связи с развитием инженерных сетей и перспективой их реконструкции - совершенствование рассматриваемых технологий и рабочих процессов является актуальной задачей.

Анализ публикаций. Определению рациональных областей применения различных технологий и оборудования для бестраншейной прокладки коммуникаций посвящено ряд работ [1, 2, 3]. Установленные закономерности прокладки скважин методом прокола изложены в работах [4, 5, 6].

Целью данной работы является уточнение рациональной области применения метода статического прокола и тенденций его дальнейшего развития.

Основанная часть. При проколе скважина формируется путем радиального уплотнения грунта рабочим органом с конусным наконечником внутрь массива. После первого прокола диаметр скважины можно расширять поэтапным протягиванием через нее специальных расширителей. С учетом результатов исследований [1, 2, 3, 4, 5, 6] области применения существующих методов бестраншейной прокладки подземных коммуникаций представлены в табл. 1.

Как видно из представленных данных, каждый из известных методов имеют свою конкретную область применения. Статический прокол пока во всех странах мира самый распространенный, но при этом имеет еще, по крайней мере, пять конкурирующих методов.

Сопоставительные показатели различных методов и установок для реализации представлены в табл. 2.

По обобщенному показателю $\Pi_{NG} = \frac{NG_{ОБЩ}}{\Pi^2} \rightarrow \min$, где N ; $G_{ОБЩ}$ и Π - соответственно мощность привода, общая масса и производительность установки, в указанных областях применения (табл. 1), наиболее эффективными являются установки статического прокола.

Установка статического прокола представляет собой силовой гидродомкрат, установленный в опорной силовой раме, соединенный через рукава высокого давления с маслостанцией. Комплектуется сменным набором штанг и прокалывающим рабочим органом.

Именно простота конструкции и технологии применения установок статического прокола, относительно низкие капитальные затраты и обеспечивают их широкое применение. Главным недостатком существующего оборудования, реализующего метод статического прокола траектории - сложность управления траекторией движения рабочего органа, особенно в грунтах с каменистыми включениями и грунтах с разной плотностью.

Таблица 1.

Области применения различных методов бестраншейной прокладки коммуникаций

Группа	Метод создания скважины	Скважина		Рекомендуемые грунтовые условия к применению	Не рекомендуемые грунтовые условия к применению
		диаметр, мм	длина, м		
Вдавливание грунта в стенки скважины	Статический прокол	50-350	60-80	Песчаные и глинистые грунты без твердых включений	Скальные и кремнистые грунты
	Динамический прокол	55-400	30-40	Грунты I-III категории	Грунты с повышенным водонасыщением и малым сцеплением
	Раскатка	50-370	20-30	Грунты I-III категории без твердых включений	Скальные и кремнистые грунты, а также грунты с каменистыми включениями
Извлечение грунта из полости скважины	Продавливание	250-2000	60-80	Грунты I-III категории	Затруднено применение в твердых и плавунных породах грунта
	Шнековое бурение	325-1420	40-60	Грунты I-III категории	Затруднено применение в твердых и плавунных породах грунта
	Горизонтально направленное бурение (ГНБ)	50-1500	до 2000	Грунты I-IV категории	Плывунные и скальные породы грунта
Комбинированная группа	Динамический прокол и продавливание	70-530	30-40	Грунты I-III категории	Грунты с повышенным водонасыщением и малым сцеплением
	Статический прокол и шнековое бурение	150-600	40-50	Грунты I-III категории без твердых и каменистых включений	Скальные, кремнистые и плавунные грунты
	Раскатка и шнековое бурение	80-370	20-30	Грунты I-III категории без каменистых включений	Скальные и кремнистые грунты, а также грунты с каменистыми включениями

Наглядным примером сказанному являются результаты лабораторных исследований отклонений прокалывающих рабочих органов при встрече их с некоторой прочностной средой, препятствием, которая могла располагаться под различными углами. Основную среду испытаний представлял грунт с числом ударника ДорНИИ $c=2$, а прочность препятствия составляла $c=12$ [8].

Таблица 2.

Сопоставительные показатели различных методов и установок

Метод	Динамический прокол			Статический прокол			Комбинированный метод		Продавливание			Шнековое бурение		
	СО 134	HAMMER-HEAD145 SR	Тайфун-70	ПУ-2	УПГ-25У «Стрела»	ГУПГС 2-35/250	Газтехника МП-250 К	Bohrtec VM 150 D	УБПТ Горизонт-400	ЭСМ-3	ГПУ-600	ДМ-1	УГБ-4	Barbo 24-100
$G_{\text{общ}}$, т	1,7	1,69	1,7	0,86	0,87	0,94	0,58	1,44	4,7	3,1	8	3,1	12,9	1,44
N , кВт	60	60	60	7	7	7	7	24	13	7,5	18	20	45	20
P , мЗ/ч	1,23	1,23	1,23	0,83	0,92	0,74	0,25	0,2	0,15	0,05	0,15	0,15	0,59	0,49
P_{NG}	63,7	67,3	67,3	8,65	6,32	12,14	64,9	864	2817,5	9649	6640,2	2859	1673	119,5

Результаты экспериментальных исследований (рис. 1), позволяют сделать однозначный вывод, что при встрече с препятствием рабочие прокалывающие органы всех пяти типов конструкций головок имеют боковые отклонения от заданной траектории движения. Закономерно, что грунтопрокалывающие рабочие органы комбинированного типа (конус – выступающая игла) имеют минимальные отклонения от траектории движения, так как выступающая игла создает центрирующее воздействие на весь рабочий орган.

Результаты экспериментальных исследований (рис. 1), позволяют сделать однозначный вывод, что при встрече с препятствием рабочие прокалывающие органы всех пяти типов конструкций головок имеют боковые отклонения от заданной траектории движения. Закономерно, что грунтопрокалывающие рабочие органы комбинированного типа (конус – выступающая игла) имеют минимальные отклонения от траектории движения, так как выступающая игла создает центрирующее воздействие на весь рабочий орган.

В исследовании [9] наглядно показано, что из-за отклонения от заданной траектории, возможен даже выход рабочего органа на поверхность, а не только отклонение по горизонтали. Оригинальные исследования и их результаты проведены были в Днепропетровском инженерно-строительном институте, которыми показано,

что за счет геометрии прокалывающего рабочего органа (рис. 2) можно изменять траекторию его движения.

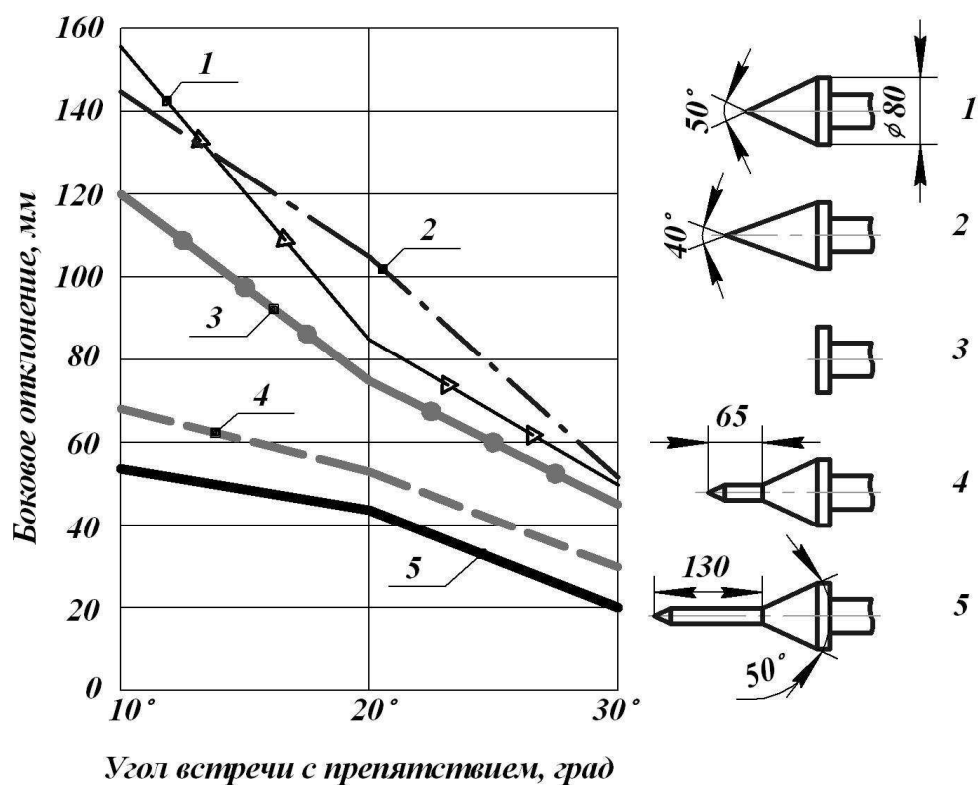


Рис. 1. Графики зависимостей величины боковых отклонений грунтопрокалывающего снаряда с головками разной формы от углов встречи их со слоем более плотного грунта.

Направление плоскости скола наконечника рабочего органа определяет принудительное изменение траектории его движения. В дальнейшем в работах [10, 11] даны первые математические модели процессов прокола грунта рабочими органами с головкой со скошенной плоскостью, а также основы управления траекторией движения. Указанный метод изменения траектории движения рабочего органа успешно реализован в установках горизонтально-направленного бурения [12]. По мере перемещения рабочего органа контролируется положение его головки в пространстве с помощью встроенного в нее датчика и специальных навигационных приборов.

В случае отклонения рабочего органа от заданной траектории производится его коррекция при поступательном вдавливании головки со скошенной плоскостью в массив грунта. Таким образом, заданное направление прокола грунта достигается за счет специальной конструкции наконечника и чередовании поступательного и вращательного его движения.

Оригинальным является техническое решение, предложенное авторами [13], в котором в одном силовом гидроцилиндре размещены блоки поступательного и

вращательного движения штанги, при этом можно чередовать эти движения, т.е. вести управляемый прокол.

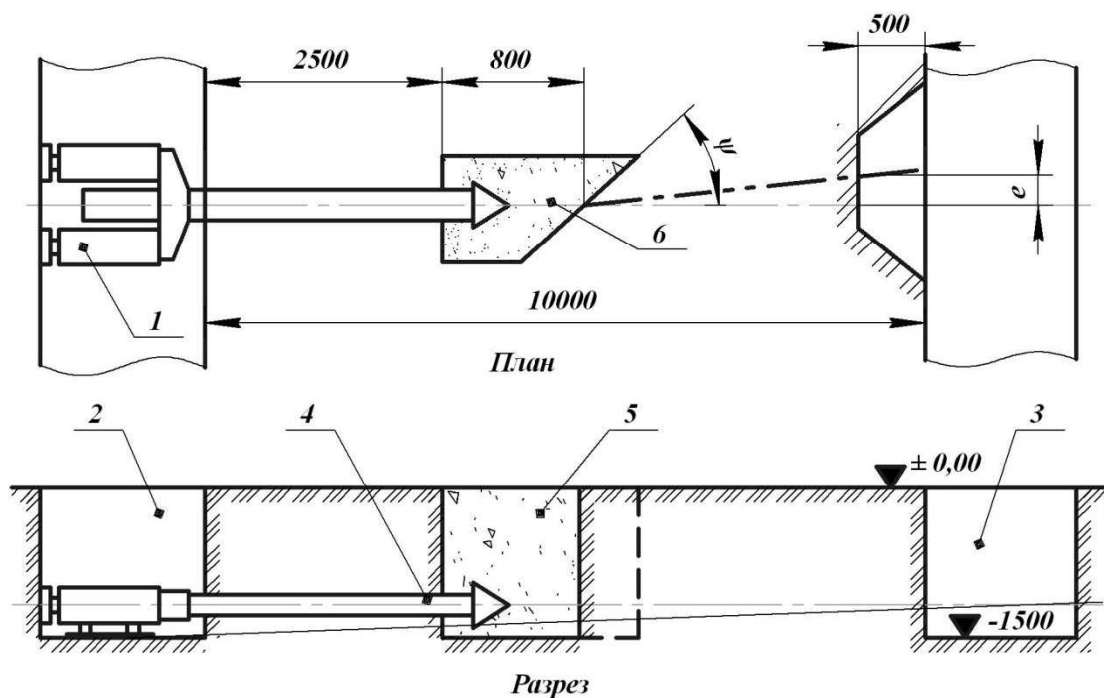


Рис. 2. Схема подготовки и проведения экспериментов на полигоне: 1 – грунтопрокальвающий станок; 2 – исходный приямок; 3 – приемный приямок; 4 – штанга с головкой; 5 – промежуточный приямок; 6 – скос поверхности головки рабочего органа.

Суть предложенного оборудования для управляемого прокола объясняется примером его реализации. На рис. 3 – изображен привод на базе типичного гидроцилиндра, который обеспечивает поступательно-вращательное движение буровой головки. На рис. 3а – возвращение штока в исходную позицию и установление секции штанги. На рис. 3б – поступательное движение вращательного рабочего органа. На рис. 3в – коррекция угла поворота плоскости скоса пилотной головки. На рис. 3г – последующее движение за управляемой траекторией. В поршневую полость гидроцилиндра 1 подается давление от гидравлической станции 8 при фиксации храпового механизма 4 гайка-поршень 3, осуществляется поступательно-вращательное движение вдоль винта 2, усилие вдавливания с вращением сквозь соединение 6 передается на пилотную головку 5 со скошенной поверхностью (рис. 3). Таким образом, обеспечивается прямое движение буровой колонны со скоростью V . Следует отметить, что благодаря постоянному шагу винта, за один ход поршня скошенная поверхность будет каждый раз превращаться в одинаковый определенный угол ϕ . Соединив пилотную головку 5 направляется давление в штоковую полость, возвращая поршень в исходное положение (рис. 3б).

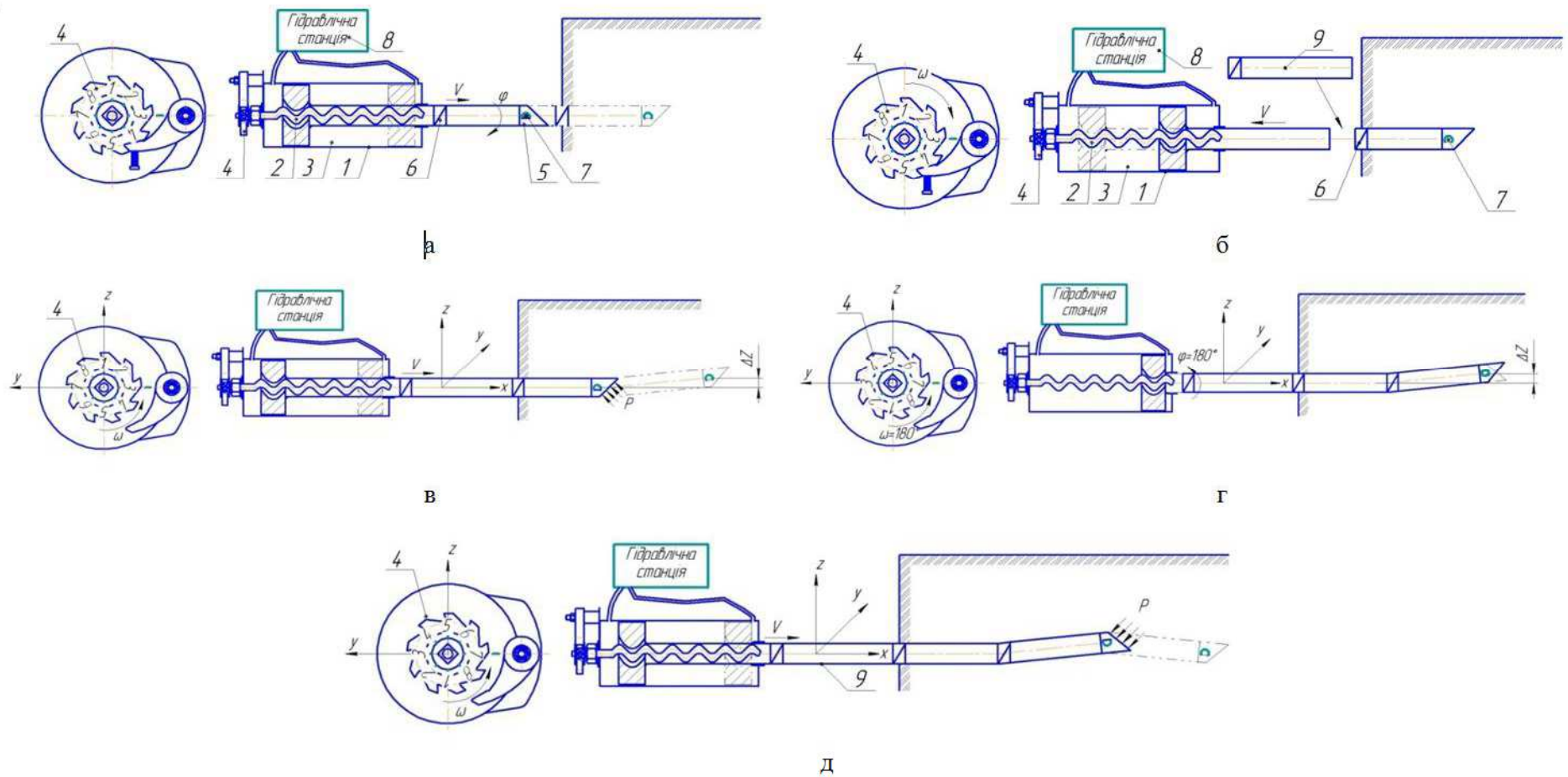


Рис. 3 - Установка для управляемого прокола: а) начальный процесс прокола; б) вставка штанги; в) прокол с вращением головки (схема отклонений); г) отстопорение винтовой пары; д) прокол без вращения (корректировка траектории); 1 – силовой гидроцилиндр; 2 – винтовой головка пара; 3 – поршень-гайка; 4 – храповое устройство; 5 – головка; 6 – резьбовая часть штанги; 7 – датчик положения; 8 – гидростанция; 9 – штанга.

Между пилотной головкой и штоком вставляется секция 9 штанги и проводится последующий прокол. Сняв фиксатор храпового механизма 4 гайка-поршень 3 под давлением рабочей жидкости осуществляется исключительно поступательное движение, таким образом, обеспечивается усилие вдавливания буровой колонны и отклонения ΔZ пилотной головки 5 за счет скошенной поверхности, на которую жмет почва с усилием P (рис. 3в). Для отслеживания траектории движения пилотной головки используются элементы беспроводной локации 7. Для корректирования траектории последующего движения нужно повернуть буровую колонну вместе с храповым колесом на нужный угол. Определить угол поворота скоса пилотной головки помогает цифровая шкала на храповом колесе (рис. 3г). Руководить и отслеживать направление движения возможно, как по оси Z , так и по осе Y . Для промышленного внедрения установки для управляемого прокола (рис. 3) необходимы дополнительные исследования по установлению рациональных параметров привода и отработки механизма управления траекторией движения рабочего органа.

Выводы: 1. Установки статического прокола находят широкое применение из-за своей простоты конструкции и эксплуатации, надежности в работе. 2. Для повышения эффективности установок статического прокола в течение многих лет проводились исследования для возможности оперативной корректировки траектории прокола. 3. В настоящее время разработаны технологии и методы управления траекторией движения прокалывающего рабочего органа за счет конструкции его головки и чередования вращающих и поступательных ее движений. 4. Наиболее проста по конструктивному исполнению и технологии направленного прокола грунта установка по авторскому свидетельству UA 92260 U «Способ расширения горизонтальной скважины».

ЛИТЕРАТУРА

1. Супонев В. Н. Бестраншейные технологии прокладки распределительных инженерных коммуникаций / В. Н. Супонев, Н. Д. Каслин, В. И. Олексин // Науковий вісник будівництва. – Харьков: ХНУБА, 2008. – №49. – С. 213 – 217.
2. Машины для бестраншейной прокладки подземных коммуникаций / С. В. Кравец, Н. Д. Каслин, В. К. Руднев, В. Н. Супонев. – Х.: ООО «Фавор», 2008. – 256 с.
3. Григорьев А. С. Обоснование и выбор параметров продавливающих установок для бестраншейной технологии строительства подземных инженерных коммуникаций: дис. канд. тех. наук: 05.05.06 / Григорьев Александр Сергеевич. – М., 2005. – 112 с.

4. Бородавкин П. П. Подземные магистральные трубопроводы / Бородавкин П.П. – М.: Недра, 1982. – 384 с.
5. Звезховска А. Б. Безтраншейне прокладання трубопроводів за допомогою гідравлічних агрегатів для продавлювання із пілотним бурінням / А. Б. Звезховска // Ринок інсталяцій. – 2009. – №9. С. 6 – 12.
6. Земсков В. М. Анализ исследования лобового сопротивления при бестраншейной прокладке трубопроводов методом прокола / В. М. Земсков, А. В. Судаков // Известия ТулГУ. Серия Подъёмно-транспортные машины и оборудование. – Тула: ТулГУ, 2005. Вып.6. – С. 35 – 38.
7. Ромакин Н. Е. Параметры рабочего инструмента для статического прокола грунта / Н. Е. Ромакин, Н. В. Малкова // Строительные и дорожные машины. – 2007. - № 11. – С. 31 – 33.
8. 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.
9. Олексин В.И. Комбинированный метод разработки горизонтальной скважины при бестраншейной прокладке коммуникаций / В. И Олексин // Вестник ХНАДУ. – Х.: – 2012. Вып. 57. – С. 207 – 213.
10. Гусев И. В. Применение управляемого прокола грунта при бестраншейной прокладке труб / И. В. Гусев, Ф. Л. Чубаров // Потенциал современной науки №2, 2014. – С. 30 – 33.
11. Лукиенко Л. В. Определение необходимого усилия подачи исполнительного органа для установки управляемого прокола / Л. В. Лукиенко, К. А. Головин, А. Е. Пушкарев, М. Н. Каменский // Известия ТулГУ. Технические науки. Секция «Машиностроение и машиноведение». Вып. 4: в 2 ч. Тула: ТулГУ, 2010. – С. 15 – 21.
12. Установки горизонтально-направленного бурения (ГНБ) и прокола. [Электронный ресурс]. – Режим доступа к журналу: <http://eltkom-electro/ru>..gorzontalnogo...dnb-i-prokola-un>.
13. Патент № 95501 Україна, МПК Е 02 F5/18. Установка для кероаного проколу ґрунту / Пенчук В. О., Белицький Д. Г., Супонев В. М., Олексин В. І., Балесний С. П.; заявник та патентовласник Харківський національний автомобільно-дорожній університет, Пенчук В. О., Белицький Д. Г., Супонев В. М., Олексин В. І., Балесний С. П., – №u201407764; заявл. 10.07.2014; опубл. 25.12.2014, Бюл. №24.