

И. В. Тищенко^{1✉}, В. В. Червов¹

Универсальный грунтопроходческий комплекс

¹Институт горного дела им. Н. А. Чинакала СО РАН, г. Новосибирск, Российская Федерация
e-mail: ighor.tishchienko.70@mail.ru

Аннотация. В статье дано краткое описание способов проходки скважин в грунтовом массиве с использованием пневматических машин ударного действия. Проанализированы сферы их применения с указанием ограничений и недостатков. Показаны специфические особенности технологий проходки скважин как с полным уплотнением грунта, так и с его разработкой и последующим частичным извлечением. На основе этого предложено объединить их реализацию в едином универсальном грунтопроходческом комплексе, имеющем в своем составе пневмоударный привод, набор рабочих органов и силовой тяговый механизм двустороннего действия. Такая комплектация позволяет получать скважины диаметром 159 – 530 мм, с требуемой ориентацией по проектной трассе перехода.

Ключевые слова: тяговый орган, грунтопроходчик, скважина, усилие подачи, коррекция траектории, грунтовый керн, пневмопривод

I. V. Tishchenko^{1✉}, V. V. Chervov¹

Universal ground-penetrating complex

¹Chinakal Institute of Mining, Siberian Branch, Russian Academy of Sciences, Novosibirsk, Russia
e-mail: ighor.tishchienko.70@mail.ru

Annotation. The article provides a brief description of the methods of drilling wells in the ground using pneumatic impact machines. The fields of their application are analyzed, indicating the limitations and disadvantages. The specific features of well drilling technologies are shown, both with complete soil compaction and with its development and subsequent partial extraction. Based on this, it is proposed to combine their implementation in a single universal ground-penetrating complex, which includes a pneumatic shock drive, a set of working bodies and a two-way traction mechanism. This configuration makes it possible to obtain wells with a diameter of 159-530 mm, with the required orientation along the design transition route.

Keywords: traction equipment, tunneling machine, hole, force of the power draft unit, trajectory correction, soil core, air-powered drive

Бестраншейная прокладка подземных коммуникаций нашла широкое распространение в гражданском и промышленном строительстве [1]. Этому способствовало широкое развитие современных мегаполисов и целых агломераций со сложной транспортной инфраструктурой. В этих условиях сооружение технологических каналов в грунтовом массиве закрытым методом зачастую является безальтернативным. Кроме того, такое ведение работ позволяет снизить их себестоимость за счет уменьшения затрат на последующее восстановление природного ландшафта и рекультивацию территорий.

Свойство грунтового массива сжиматься позволило реализовать способ проходки с перемещением вытесняемого объема грунта и его уплотнением в поперечной от оси скважины плоскости. Для этого используется разнообразная номенклатура технических средств, в том числе и созданные в Институте горного дела СО РАН самодвижущиеся механизмы - пневмопробойники [2]. Их принцип действия основан на преобразовании потенциальной энергии сжатого воздуха в механическую работу возвратно-поступательного движения ударника, периодически наносящего удары по корпусу, являющемуся формователем скважины.

Таблица 1. Технические характеристики пневмопробойников.

Параметры пневмопробойника	СО144	ИП4605	ИП4603	СО134
Диаметр проходки (без расширителя), мм	70	95	130	150
Энергия удара, Дж	65	80	220	500
Частота ударов, Гц	5,5	5,4	6,2	4,2
Давление сжатого воздуха, МПа	0,6	0,6	0,6	0,6
Скорость проходки, м/ч	5,5 - 55	1 - 50	1 - 40	5 - 55
Длина, мм	1350	1500	1550	1720
Диаметр, мм	70	95	130	152
Масса, кг	28	50	100	150

Среди основных недостатков таких устройств и способа в целом можно выделить ограничения по размеру сечения образуемых каналов и отсутствие возможностей по повышению точности проходки. Результаты испытаний на полигоне и в реальных производственных условиях позволили рекомендовать ограничить предельный диаметр скважин на уровне 325 мм [3].

Для образования каналов большего сечения необходимо осуществлять разработку грунта в забойной зоне и его извлечение в один из рабочих приемков [4]. Это позволяет снизить энергоемкость проходки и уменьшить зону деформации прилегающего к скважине массива, что немаловажно в условиях его насыщения различными коммуникациями. Реализация такого подхода может быть осуществлена и с использованием пневмоударной техники [5, 6].

Представленная на рис. 1 проходческая установка непрерывного действия состоит из базовой машины – пневмопробойника 1, на носовой части которого смонтирован формователь скважины. Его конструкция включает центральную втулку 2 с продольными ребрами 3, на которых закреплены конусный рабочий орган 4 и цилиндрическая обечайка 5. Кольцевые ножи 6 разрезают поступающий внутрь грунт на отдельные стружки, что облегчает их дальнейшее удаление через переднее сопло 7. Задний фланец 8 с предохранительным клапаном 9 создают внутреннюю герметичную полость, в которую подается сжатый воздух от компрессорной установки. Его поток подхватывает и вытесняет разработанный

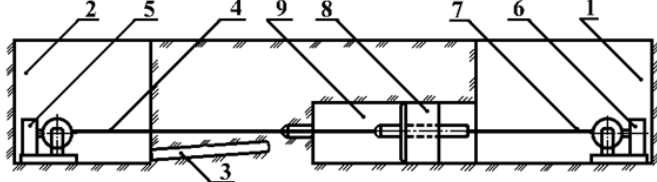
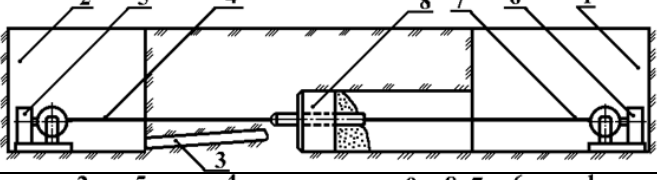
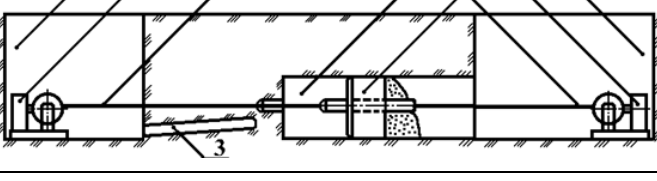
пневмопробойник; 2 – втулка; 3 – ребро; 4 – рабочий орган; 5 – обеча

6 – кольцевые ножи; 7 – сопло; 8 – фланец; 9 – предохранительный клапан;
10 – пионерный канал; 11 – скважина

Для компенсации отмеченных выше недостатков предложено способ про-

№	С
---	---

№	Схема операции	Комментарий
1		Прокладка подающей гибкой связи 4 в пионерную скважину 3 из входного прямока 1 в выходной прямоуго 2
2		Образование нового связующего канала при отклонении пионерной скважины от трассы перехода

№	Схема операции	Комментарий
3		Доставка до забоя грунторазрабатывающего устройства 8 основным тяговым органом 5 и подающей гибкой связью 4
4		Перемещение забоя грунторазрабатывающим устройством 8 при постоянном усилии подачи основного тягового органа 5
5		Извлечение грунторазрабатывающего устройства 8 с грунтом из скважины 9 дополнительным тяговым органом 6 и возвращающей гибкой связью 7

Его основной отличительной особенностью является наличие гибких связей между грунторазрабатывающим устройством, разрабатывающим забой и силовыми тяговыми органами, осуществляющими его доставку и извлечение. Такой подход позволяет управлять траекторией движения проходчика, ориентируя ее по направлению приложения вектора тягового усилия и в случае необходимости осуществлять коррекцию оси проходки в соответствии с проектной трассой перехода.

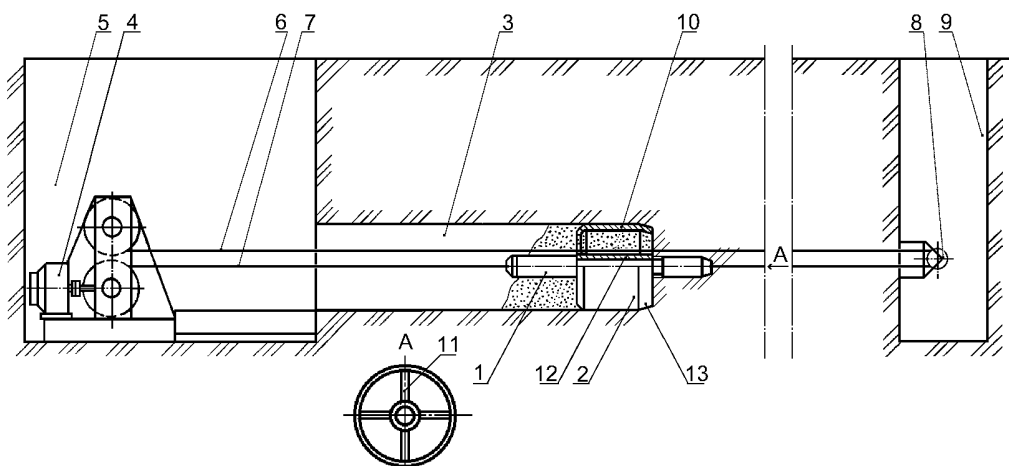


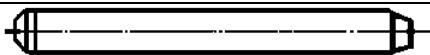
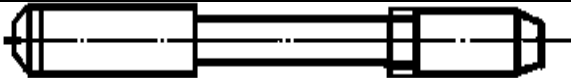
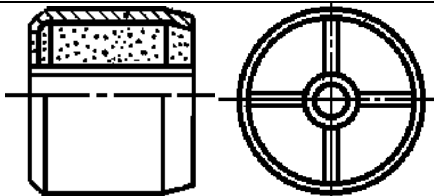
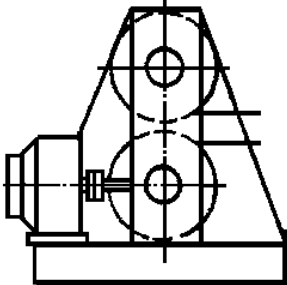
Рис. 2. Схема проходческой установки циклического действия:

1 – пневмоударный механизм; 2 – рабочий орган; 3 – скважина; 4 – тяговое устройство; 5 – рабочий котлован; 6 – подающий канат; 7 – извлекающий канат; 8 – обводной блок; 9 – выходной прямик; 10 – обечайка; 11 – ребро; 12 – втулка; 13 – уплотняющий конус

Предложенная идея реализована в конструкции проходческой установки циклического действия (рис. 2). Грунтопроходчик, состоящий из пневмоударного механизма 1 с перепускным рабочим органом 2 доставляется в скважину 3 объединенным силовым тяговым органом 4, установленным в рабочем котловане 5. Его исполнение выполнено в единой компактной двухбарабанной конструкции с подающим 6 и извлекающим 7 канатами и пневматическим приводом. Такой тяговый орган позволяет осуществлять как транспортирование грунтопроходчика, так статическое силовое воздействие на забой, что повышает эффективность его разработки. Для запасовки подающего каната предназначен обводной блок 8, смонтированный в выходном приямке 9.

Для расширения функциональных возможностей и повышения конкурентоспособности оборудования для сооружения подземных каналов с использованием пневмоударной техники целесообразно объединить возможности двух способов проходки как с полным, так и с частичным уплотнением и экскавацией грунта в едином универсальном грунтопроходческом комплексе. Его составные структурные элементы представлены в табл. 3.

Таблица 3. Состав грунтопроходческого комплекса

Схема элемента	Комментарий
	Пневмопробойник СО 144 для образования пионерного канала
	Привод грунтопроходчика на базе пневмопробойника ИП 4603 с измененным корпусом
	Перепускной рабочий орган диаметром 377, 426, 530 мм
	Двухбарабанная тяговая лебедка с усилием 32 кН

Проведенные исследования как на моделях, так и на натурных образцах устройств показали, что для эффективного воздействия на забой и надежного извлечения грунтопроходчика с набранным грунтом из скважины тяговый механизм должен обладать усилием, равным 32 кН [8, 9]. Кроме того, при проходке каналов в грунтовом массиве с полным уплотнением приложение дополнительной статической силы, ориентированной по направлению способствует повышению точности проходки.

Выводы

На основе анализа способов проходки скважин в грунтовом массиве с использованием пневмоударной техники обоснована концепция создания универсального грунтопроходческого комплекса. В его основе заложена возможность образования подземных технологических каналов как с полным уплотнением грунта, так и с частичным его извлечением, что позволяет значительно расширить возможности реализуемых технологий. Представленный комплект оборудования, входящего в грунтопроходческий комплекс, позволяет производить работы с использованием широкого набора рабочих органов диаметром от 159 до 530 мм. Наличие силового тягового устройства с гибкими канатными связями управляет траекторией движения грунтопроходчика, ориентируя его по трассе перехода.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Рыбаков А. П. Основы бестраншейных технологий (теория и практика) / А. П. Рыбаков. – М.: ПрессБюро, 2005. – 304 с.
2. Гурков К. С. Пневмопробойники / К. С. Гурков, В. В. Климашко, А. Д. Костылев и др. – Новосибирск: ИГД СО АН СССР, 1990. – 215 с.
3. Костылев А. Д. Пневмопробойники в строительном производстве / А. Д. Костылев, В. А. Григорашенко, В. А. Козлов, В. П. Гилета, Ю. Б. Рейфисов. – Новосибирск: Наука, 1987. – 142 с.
4. Кюн Г. Закрытая пркладка непроходных трубопроводов / Г. Кюн, Л. Шойбле, Х. Шлик. – М.: Стройиздат, 1993. – 168 с.
5. Ткач Х. Б. Исследование способа и устройства для пробивания скважин с частичным удалением грунта: дис. ...канд. техн. наук / Х. Б. Ткач. – Новосибирск, 1973. – 241 с.
6. Ткач Х. Б. Технология и механизация расширения скважин с частичным удалением грунта. – Ярославль: Изд-во Института ОМТПС Минстроя СССР, 1976. – 2 с.
7. Пат. 2181816 Российская Федерация. Способ образования скважин в грунте и пневмоударное устройство для его осуществления / Гилета В. П., Смоляницкий Б. Н., Леонов И. П., Тищенко И. В.; опубл. 8. 08. 2002., Бюл. № 12 – 8 с.
8. Воронцов Д. С. Обоснование принципиальной схемы и конструктивных параметров грунтопроходчика: дис. ...канд. техн. наук / Д. С. Воронцов. – Новосибирск, 2005. – 123 с.
9. Тищенко И. В. Создание оборудования для проходки скважин с частичным уплотнением и экскавацией грунта: дис. ...канд. техн. наук / И. В. Тищенко. – Новосибирск, 2006. – 124 с.

© И. В. Тищенко, В. В. Червов, 2026