

И. В. Тищенко

Компоновка проходчика для сооружения скважин в грунтовом массиве

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

Аннотация. Повышение конкурентоспособности пневмоударной техники должно сопровождаться расширением спектра ее технологических возможностей. Решение поставленной задачи может быть осуществлено за счет создания на ее основе оборудования для проходки скважин с частичным уплотнением и экскавацией грунта. В статье приведен краткий анализ известных способов сооружения подземных каналов с акцентом на создание грунтопроходческого комплекса циклического действия с приводом от пневматического генератора ударных импульсов и силового тягового механизма так же работающего от энергии сжатого воздуха. В соответствии с поставленной задачей рассмотрены предлагаемые варианты компоновки оборудования. Отмечены особенности их рационального применения в контексте с реализацией бестраншейных способов сооружения подземных переходов. Предложены конструкции грунтопроходческих устройств емкостного и перепускного типов.

Ключевые слова: бестраншейная прокладка, скважина, проходка, пневмопробойник, ударное воздействие, тяговое усилие, грунтовый массив

I. V. Tishchenko

Construction of the tunneling machine for boreholes in the soil mass

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

Abstract. Increase of competitiveness of pneumatic impact equipment is accompanied by expansion of the range of its technological capabilities. The solution of the set task is achieved by creating on its basis the equipment for borehole sinking with partial compaction and soil excavation. The article a brief analysis of known methods for constructing underground channels by suitable pneumatic equipment for creating a tunneling machine of cyclic are provided. In accordance with the task at hand, variants of equipment construction are considered. The peculiarities of their rational application in trenchless methods of the making hole are marked. Designs of the tunneling machine of with a working organ of capacitive and of a bypassing types are offered.

Keywords: trenchless pipelaying, hole, making hole, pneumodrift, impact force, tractive effort, soil mass

Введение

Прокладка коммуникаций для возводимых и реконструируемых объектов является важной составляющей строительного комплекса [1]. На сегодняшний момент все известные способы ведения работ делятся на две основных группы:

- открытые технологии, связанные с разработкой траншей и котлованов землеройными машинами;

- закрытые, в основе которых лежит проходка скважин и микротоннелей широкой номенклатурой технических средств без вскрытия поверхностного грунтового слоя.

Прогрессивные методы сооружения подземных переходов с максимально возможным сохранением дорожного полотна и природного ландшафта получили широкое развитие в 70-х и 80-х годах прошлого столетия [2]. В большей степени это было связано с появлением на рынке специальных устройств – автономных пневмопробойников и пневмомолотов конструкции ИГД СО РАН, использующих сжатый воздух передвижных компрессорных установок [3]. С их помощью стали активно прокладывать подземные каналы методами виброударного прокалывания и продавливания [4]. Для первого из них характерно полное перемещение вытесняемого объема грунта в стенки скважины, а для второго – использование металлической обсадной трубы в качестве инструмента к которому прилагается силовая импульсная нагрузка для его перемещения в породном массиве и последующем удалении образовавшегося грунтового керна в затрубное пространство.

Другим перспективным направлением является реализация на базе пневмоударной техники комбинированного способа проходки с разделением грунтовой массы на две фракции, одна из которых служит для укрепления стенок образуемого канала, а другая – удаляется за его пределы в рабочий приямок.

Первая попытка создания опытного образца оборудования непрерывного действия для реализации данной технологии заключалась в оснащении базовой машины – пневмопробойника 1 (рис. 1) кольцевым режущим рабочим органом 2 [5]. При этом часть проходящего через него грунта удалялась по проложенному ранее технологическому каналу 3 воздушным потоком. За пределами машины оставалась скважина 4, соответствующая требуемому проектному диаметру и направлению.

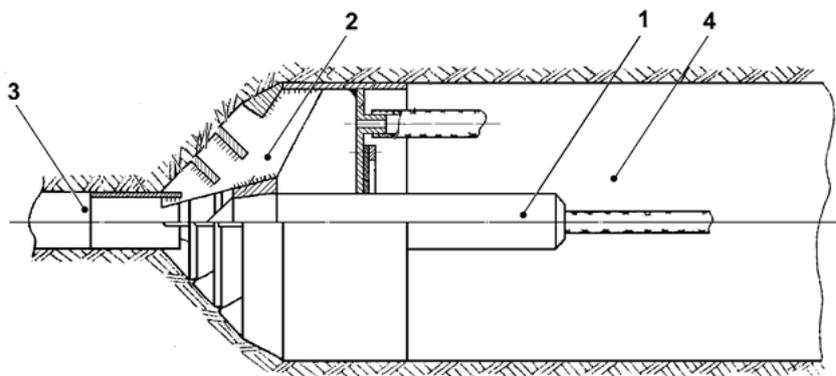


Рис. 1. Проходческая установка с пневмотранспортированием грунта:
1 – пневмопробойник; 2 – рабочий орган; 3 – технологический канал; 4 –
проектная скважина

Несмотря на свою привлекательность, данное направление не получило дальнейшего развития из-за выявленных недостатков:

- неудовлетворительная производительность, особенно на тяжелых грунтах;
- частое зависание транспортируемой грунтовой массы с образованием пробки в используемом для этого технологическом канале и, как следствие, остановками процесса;
- отсутствие механизма коррекции траектории движения грунтопроходчика с потерей заданного направления прокладываемой скважины.

Начиная с конца 90-х начала 2000 годов и по настоящее время широкое распространение в данном сегменте строительного производства получили установки горизонтального направленного бурения [6]. Такая тенденция обуславливается высокой производительностью оборудования, возможностью использовать неметаллические трубы без каких-либо ограничений, способностью корректировать направление проходки скважины в соответствии с проектной трассой перехода. К наиболее существенным недостаткам следует отнести:

- необходимость использования закрепительного раствора на основе бентонитовой глины;
- невозможность исключения размыва стенок канала с появлением пустот и каверн в зоне забоя, которые в дальнейшем могут привести к аварийным ситуациям, обусловленным обрушением вышерасположенных слоев грунта с повреждением дорожного покрытия.

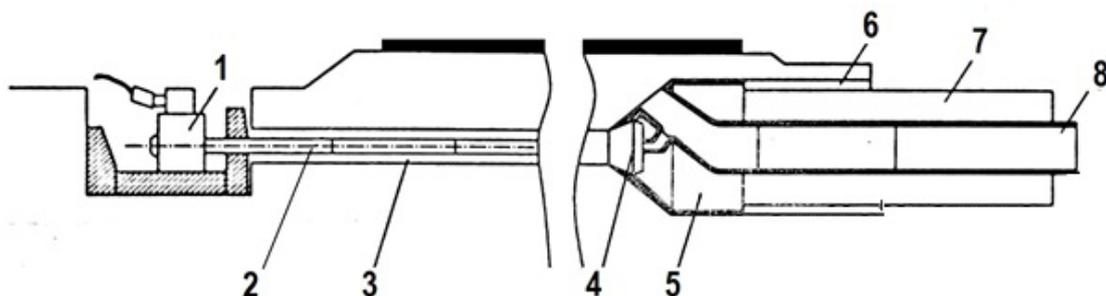


Рис. 2. Экспериментальная буровая установка с прямой схемой продувки:

- 1 – вращательно-подающий механизм; 2 – буровая колонна; 3 – пионерный канал; 4 – пневмоударник; 5 – расширитель; 6 – проектная скважина; 7 – обсадная труба; 8 – шламопровод

Учитывая характерные особенности и области рационального применения оборудования непрерывного действия, представленного на рис. 1 и буровых комплексов горизонтального направленного бурения, в ИГД СО РАН предложена концепция гибридной проходческой установки с прямой схемой продувки (рис. 2). Ее основная идея заключалась в создании более благоприятных условий для использования эффекта пневмотранспортирования грунта [7]. Для этого крутящий момент и напорное усилие от блока вращателя с подачиком 1, заимствованного от типовой установки «Impakt Drilling» [8] передается посредством бу-

ровой колонны 2, размещенной в пионерной скважине 3 на пневмоударник 4 с расширителем 5. В результате образуется проектная скважина 6 с обсадной трубой 7, а излишки грунтовой массы попадают во вращающийся шламопровод 8 и выносятся в приямок. Таким образом реализуется «сухой» способ прокладки коммуникаций с исключением необходимости использования закрепительного глиняного раствора, а наличие специального крутящегося технологического трубопровода создает более благоприятные условия для реализации эффекта пневмотранспортирования грунта. К существенным недостаткам можно отнести усложнение и удорожание оборудования, а также необходимость использование двух видов энергоносителя: рабочей жидкости для привода вращательно-подающего механизма и сжатого воздуха для питания пневмоударника и удаления грунтового керна. Это усложняет обслуживание и эксплуатацию оборудования.

Цель работы

Обоснование компоновочной схемы и конструктивных особенностей оборудования циклического действия для проходки скважин с частичным уплотнением и экскавацией грунта.

Способ проходки и оборудование

Технология циклической проходки скважин комбинированным способом характеризуется совокупностью последовательных воздействий на породный массив и состоит из набора определенных операций [8] (рис. 3).

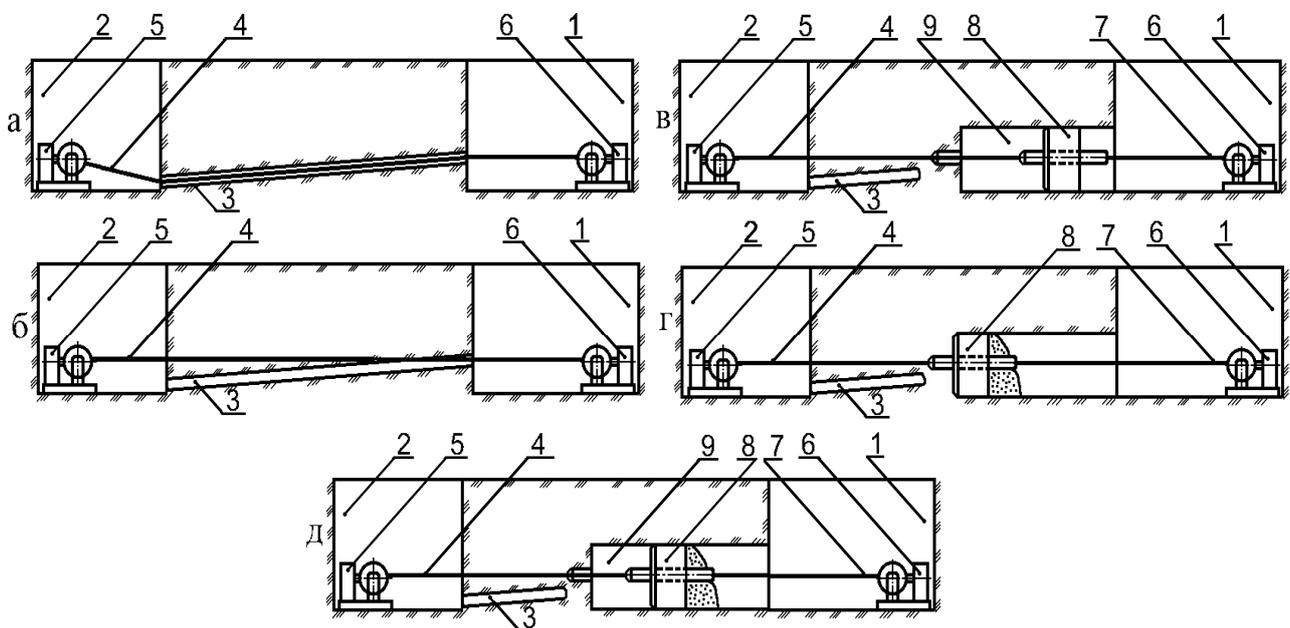


Рис. 3. Стадии проходки скважины комбинированным методом: 1 – рабочий приямок; 2 – выходной приямок; 3 – пионерная скважина; 4 – подающая гибкая связь; 5 – основной тяговый орган; 6 – дополнительный тяговый орган; 7 – возвращающая гибкая связь; 8 – грунтопроходчик; 9 – прокладываемая

В него входят как подготовительные, так и основные операции, включающие:

- размещение подающей гибкой связи 4 в образованной ранее с помощью пневмопробойника пионерной скважине 3 (рис. 3, а);

- в случае необходимости при значительном отклонении пионерного канала 3 от проектной трассы перехода выполнение коррекции продольной оси скважины путем прорезания грунта гибким режущим органом (рис. 3, б);

- доставка к забою грунтоработывающего устройства 8, соединенного с силовым тяговым органом 5 посредством подающей гибкой связи 4 (рис. 3, в);

- перемещение забоя грунтоработывающим устройством 8 при работе его ударного механизма и постоянном усилии подачи со стороны силового тягового органа 5 (рис. 3, г);

- эвакуация грунтоработывающего устройства 8 с набранным грунтом из образуемой скважины 9 извлекающим тяговым органом 6 с возвращающей гибкой связью 7 (рис. 3, д).

Основным конструктивным элементом такой проходческой установки является грунтопроходчик, определяющий структуру и параметры как всего комплекса, так и его отдельных составных частей и напрямую влияющий на технологические возможности оборудования. Его основными параметрами, во многом определяющими производительность проходки, являются величина и скорость перемещения забоя, а также количество извлекаемого грунтового керна за каждый отдельный один рабочий цикл.

Исследования, проведенные в лаборатории Механизации горных работ ИГД СО РАН [9 - 11], позволили определить рациональную с точки зрения обеспечения отмеченных выше требований конструкцию грунтоработывающего устройства. В него входит несколько основных функциональных элементов:

1. Лидирующая носовая часть, напрямую связанная с подающим тяговым канатом.

2. Режущий орган, непосредственно взаимодействующий с забоем и разделяющий весь объем грунта на уплотняемую и извлекаемую фракции.

3. Калибрующая обечайка, обеспечивающая формирование стенок скважины.

4. Грунтоприемная полость, служащая для размещения в ней транспортируемой грунтовой массы.

5. Импульсный привод для разработки забойной зоны ударным методом.

Конструктивная схема определяет компоновку, взаиморасположение и геометрию исполнения данных основных элементов.

В зависимости от их формы, взаиморасположения можно выделить несколько основных вариантов компоновки (рис. 4). В устройствах первой группы ударный привод находится в пределах режущего органа и грунтоприемной капсулы (рис. 4, а, в, д). Такая компоновка позволяет сократить общую длину грунтопроходчика и требуемые размеры технологического приямка. Однако при этом фактор пережатия внутреннего сечения рабочего органа и создания тем самым дополнительного сопротивления на прохождение через него грунтового керна,

накладывает существенные ограничения на массогабаритные и энергетические характеристики устанавливаемого ударного привода.

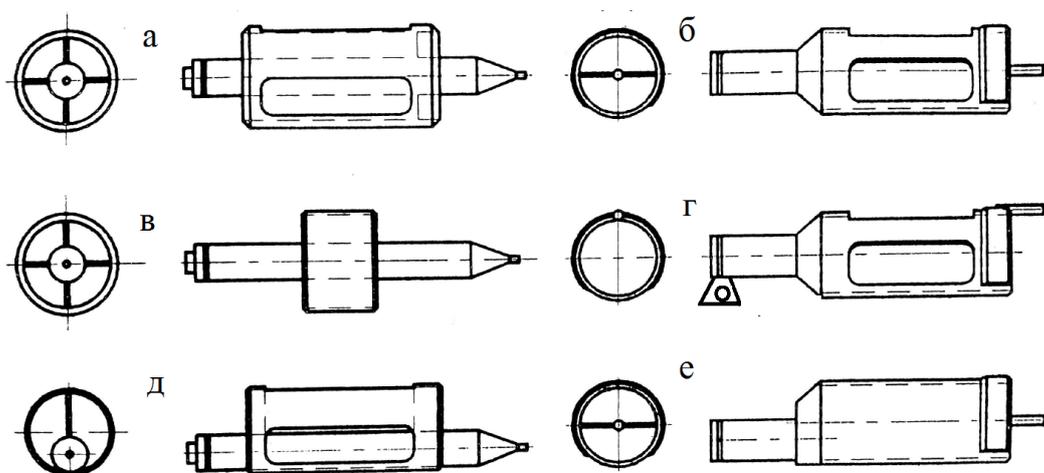


Рис.4. Варианты взаиморасположения узлов грунтопроходчика

В устройствах, изображенных на рис. 4, б, г, е приводной импульсный генератор закреплен на задней поперечной перегородке капсулы, что облегчает набор разрабатываемого грунта и возможных более крупных включений. Так же снимаются ограничения по размерам и энергетической компоненте ударной мощности привода. Вместе с тем происходит смещение назад центра тяжести всего грунтопроходчика, что может приводить к его перекосу при движении по скважине и подрезанию ее стенок. Появляется необходимость установки дополнительной задней опоры в виде скользящей лыжи, которая может быть выполнена из легкого композитного материала, например, полиамида (рис. 4, г).

Наиболее эффективно передача ударного импульса от привода на рабочий орган осуществляется при их соосном взаиморасположении (рис. 4, а, б, в, г). При этом схема на рис. 4, в рассчитана на работу с перепуском грунта через обечайку. Ее длина и место установки на корпусе пневмоударного механизма выбрана из условия сохранения собственной устойчивости независимо от изменения положения центра тяжести при возвратно-поступательном движении ударника. В результате уменьшается масса конструкции, упрощается разгрузка извлекаемого грунтового керна и улучшается отклик системы на управляющие усилия со стороны тягового органа в ходе ее перемещения по скважине (рис. 3). Вместе с тем одним из главных недостатков такой компоновки грунтопроходчика является ограничение на величину разработки забоя за рабочий цикл, поскольку перепущенный через цилиндрическую обечайку и поперечные ребра грунт при его чрезмерном количестве может создавать анкерный эффект в ходе вытягивания устройства в прямом для дальнейшей разгрузки. Как показали эксперименты на физической модели, предельный объем извлекаемого керна не может превышать трех диаметров скважины [9].

Результаты

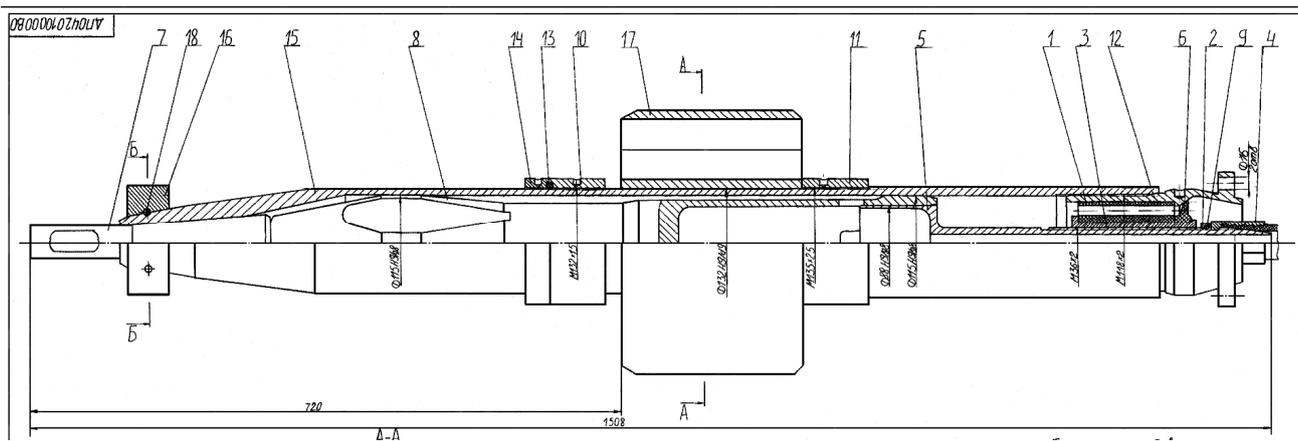


Рис. 5. Общий вид грунтопроходчика с перепускным рабочим органом

Исходя из краткой оценки свойств приведенных выше вариантов компоновки грунтопроходчика, в качестве рабочей была принята схема, обеспечивающая разработку забоя с перепуском грунта через обечайку. Натурный образец устройства для образования каналов диаметром 325, 370, 426 мм выполнен на базе пневмопробойника ИП4603А, обладающего достаточной энергией удара 220 Дж при частоте 6,2 Гц [12]. Конструкция базового привода подверглась минимальным изменениям и доработкам, связанным в основном с размещением на его корпусе рабочего органа и наличием мест крепления тяговых канатов (рис. 5). Для этого в центре корпуса выполнена наружная проточка с метрической резьбой для навинчивания передней и задней упорных гаек. Сменный рабочий орган состоит из внутренней втулки с приваренными четырьмя поперечными ребрами и наружной обечайки с коническим формователем стенок скважины. Задняя гайка с патрубком и передняя наковальня дополнительно имеют места для запасовки подающего и извлекающего канатов тягового механизма.

На основе грунтопроходческого устройства, разрабатывающего забой с перепуском грунта, создан опытный образец комплекса для бестраншейного сооружения горизонтальных и наклонных поземных каналов различного назначения.

Выводы

1. Предложен один из способов циклической проходки скважин в породном массиве с частичным уплотнением и экскавацией грунта.

2. Рассмотрены различные варианты взаиморасположения узлов проходческого устройства, исходя из чего выбрана наиболее оптимальная схема компоновки с соосным размещением импульсного механизма и рабочего органа перепускного типа.

3. На базе серийного пневмопробойника ИП4603А разработан и изготовлен опытный натурный образец грунтопроходчика для образования скважин диаметром 325, 370, 426 мм различного назначения.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Нестле Х. Справочник строителя: Строительная техника, конструкции и технологии / Нестле Х. – М.: Техносфера, 2007. – 378 с.
2. Кюн Г. Закрытая прокладка непроходных трубопроводов / Г. Кюн, Л. Шойбле, Х. Шлик. – М.: Стройиздат, 1993. – 168 с.
3. Костылев А. Д. Пневмопробойники в строительном производстве / А. Д. Костылев, В. А. Григоращенко, В. А. Козлов, В. П. Гилета, Ю. Б. Рейфисов. – Новосибирск: Наука, 1987. – 142 с.
4. Кершенбаум Н. Я. Прокладка горизонтальных и вертикальных скважин ударным способом / Н. Я. Кершенбаум, В. И. Минаев. – М.: Недра, 1984. – 245 с.
5. Ткач Х. Б. О работе пневматического поршневого привода с выхлопом в среду с давлением большим атмосферного / Х. Б. Ткач // ФТПРПИ. – 1996 - № 6. С. 34 – 42.
6. Рыбаков А. П. Основы бестраншейных технологий / А. П. Рыбаков. – М.: Пресс Бюро, № 1. 2005.
7. Данилов Б. Б. Повышение эффективности бестраншейных способов подземного строительства за счет применения пневмотранспорта / Б. Б. Данилов // ФТПРПИ. – 2006 - № 6. С. 75 – 86.
8. Патент 2181816 РФ. Гилета В. П., Смоляницкий Б. Н., Леонов И. П., Тищенко И. В. Способ образования скважин в грунте и пневмоударное устройство для его осуществления. – Оpubл. в БИ, 2002, № 12.
9. Тищенко И. В. Комбинированная проходка скважин в грунте ударными устройствами с кольцевым инструментом / И. В. Тищенко, Б. Н. Смоляницкий, В. П. Гилета // ФТПРПИ. – 2014 - № 3. С. 87 – 97.
10. Тищенко И. В. Определение основных параметров грунтопроходчика с пневмоударным приводом кольцевого рабочего органа / И. В. Тищенко, Б. Н. Смоляницкий // ФТПРПИ. – 2007 - № 5. С. 41 – 51.
11. Воронцов Д. С. Проходка скважин в грунте ударным устройством с кольцевым инструментом / Д. С. Воронцов, А. М. Петреев, Б. Н. Смоляницкий // ФТПРПИ. – 2005 - № 2. С. 53 – 58.
12. Гурков К. С. Пневмопробойники / К. С. Гурков, В. В. Климашко, А. Д. Костылев, В. Д. Плавских, Е. П. Русин, Б. Н. Смоляницкий, К. К. Тупицын, Н. П. Чепурной. – Новосибирск: ИГД СО АН СССР, 1990. – 215 с.

© И. В. Тищенко 2024