

КОМБИНИРОВАННЫЙ СПОСОБ ОЧИСТКИ ТРУБ ОТ ГРУНТОВОГО КЕРНА

Игорь Владимирович Тищенко

Институт горного дела им. Н. А. Чинакала СО РАН, 630091, Россия, г. Новосибирск, Красный пр., 54, кандидат технических наук, старший научный сотрудник лаборатории механизации горных работ, тел. (383)205-30-30, доп. 210, e-mail: ighor.tishchienko.70@mail.ru

Статья посвящена решению актуальной проблемы – совершенствованию технологии экскавации грунта при бестраншейной прокладке коммуникаций методом виброударного продавливания с лидирующей обсадкой скважины стальным кожухом. Предложен новый способ извлечения керна, основанный на эффекте его вибротранспортирования под действием комбинированной статико-динамической нагрузки. Экспериментально определен оптимальный уровень влажности грунтовой среды, способствующий снижению бокового трения при ее перемещении по металлической трубной полости. Приведены результаты опытно-промышленных испытаний способа при очистке трубы диаметром 530 мм, погруженной в грунт на всю проектную длину перехода пневмомолотом «Тайфун-190» с массой ударника 190 кг. Получена скоростная характеристика перемещения керна при изменении его влажности.

Ключевые слова: бестраншейная прокладка коммуникаций, скважина, виброударное продавливание, грунтовый керн, влажность грунта, пневмомолот, комбинированное воздействие, экскавация грунта, энергия и частота ударов, трение.

COMBINED METHOD FOR CLEANING PIPES FROM SOIL CORE

Igor V. Tishchenko

Chinakal Institute of Mining SB RAS, 54, Krasny Prospect St., Novosibirsk, 630091, Russia, Ph. D., Senior Researcher, Mining Mechanization Laboratory, phone: (383)205-30-30, extension 210, e-mail: ighor.tishchienko.70@mail.ru

The paper is devoted to solving an urgent problem – improving the technology of soil excavation during trenchless pipe laying by vibro-impact pushing with the leading steel casing of the well. A new method for core extraction is proposed, which is based on the effect of its vibration transportation under the influence of combined static-dynamic load. The optimum level of soil moisture is experimentally determined, which contributes to a decrease in lateral friction when it moves along a metal pipe cavity. The results of pilot tests on cleaning a pipe 530 mm in diameter, immersed in soil at full design length of transition using Typhoon-190 pneumatic hammer with a mass of 190 kg are presented. The velocity characteristic of core displacement at changing its moisture content is obtained.

Key words: trenchless pipe laying, well, vibro-impact pushing, soil core, soil moisture, pneumatic hammer, combined effect, soil excavation, impact energy and frequency, friction.

Бестраншейные технологии прокладки подземных коммуникаций находят все большее распространение в современной практике подземного строительства ввиду их неоспоримых преимуществ, а так же существенного ужесточения требований норм и правил, касающихся уменьшения техногенной нагрузки на существующие природные ландшафты и максимально возможного сохранения структуры наземных транспортных магистралей [1–5]. Среди таких технологи-

ческих приемов определенное место на рынке может занять предложенный в ИГД СО РАН комбинированный способ проходки скважин в породном массиве, когда часть грунта уплотняется в радиальном направлении, обеспечивая тем самым устойчивость стенок канала, а другая – удаляется за его пределы. Исследования показали, что в результате удалось достичь снижения энергоемкости и упрощения техники ведения работ за счет отказа от применения закрепительных растворов, устранения переуплотнения грунтового массива и исключения необходимости разработки всего сечения забойной зоны [6–8].

Из известных технологических приемов бестраншейного сооружения подземных каналов в строительной практике широкое распространение получили методы виброударного прокалывания и продавливания, основанные на лидирующем погружении металлических кожухов в упругопластическую грунтовую среду устройствами ударного действия, работающими на различных видах энергоносителя, в том числе и сжатом воздухе [3, 4]. Созданный в ИГД СО РАН для этих целей модельный ряд пневмомолотов «Тайфун» благодаря оригинальной клапанной системе воздухораспределения отличается от своих аналогов высокими энергетическими и уменьшенными удельными расходными показателями. Данный тип машин ориентирован на применение типовых компрессорных установок с номинальным выходным давлением 0,6–0,7 МПа и позволяет прокладывать трубы диаметром от 100 до 1200 мм при длине перехода до 60 м [5]. Их техническая характеристика приведена в таблице.

Техническая характеристика пневмомолотов «Тайфун»

Машина	Энергия удара, Дж	Частота ударов, Гц	Расход воздуха, м ³ /мин	Диаметр забиваемых труб, мм	Диаметр/длина машины, мм	Масса машины/ударника, кг
«Тайфун-70»	700	2,5–3,7	3,0 – 4,8	До 273	160/1400	140/70
«Тайфун-130»	1300	2–4	3,6 – 7,8	До 325	240/1330	280/130
«Тайфун-190»	1800	2–3,2	4,8 – 7,8	До 530	240/1700	370/190
«Тайфун-320»	3000	1,5–2,5	6,0 – 9,0	До 630	270/1920	650/320
«Тайфун-500»	4300	1–1,7	6,0 – 10,2	До 820	400/2000	1350/500
«Тайфун-740»	6000	1–1,5	7,8 – 12,0	До 1020	400/2650	1750/740
«Тайфун-1000»	8500	0,8–1,3	10,2 – 15,0	До 1220	460/2670	2500/1000

Виброударное продавливание применяют при сооружении переходов диаметром от 250 мм и более. При этом труба забивается открытым передним торцом, а поступающий в ее внутреннюю полость грунтовый керн впоследствии удаляется с использованием одного из следующих способов [1–4]:

- циклическая разработка и выемка грунта самодвижущимся грунтозаборным устройством;

- выбуривание со шнековым конвейером;
- гидроразрыв струей высокого давления;
- выдавливание кернаовой массы сжатым воздухом.

Каждый из них имеет свои недостатки и ограниченную область применения, связанные с конструктивными особенностями применяемого оборудования, требованиями правил техники безопасности производства работ, санитарно-гигиеническими условиями труда обслуживающего персонала. В этой связи в ИГД СО РАН предложена принципиально новая комбинированная технология очистки, основанная на эффекте вибротранспортирования массы и заключающаяся в одновременном приложении на грунтовый керн двух нагрузок: статической – давлением поршня со стороны переднего торца трубы и динамической – ударным воздействием пневмомолота с противоположного направления [6].

Единственным обязательным условием реализации данного способа является необходимость выхода переднего конца прокладываемой трубы в приемный приямок для создания поршневой камеры (рис. 1). Статическое напорное усилие F_c создается давлением сжатого воздуха. Периодические возвратно-поступательные колебания трубной плети вызваны действием вынуждающей силы F_d генератора ударных импульсов в одном направлении, а также возникающей при его работе отдачей F_o и упругой реакцией упора F_y – в другом. При ускоренном движении трубы вперед после нанесения удара в керне массой m возникает инерционная составляющая F_{in} , имеющая противоположную направленность. Перемещение грунта по внутренней трубчатой поверхности в сторону разгрузочного окна возможно в случае уравнивания силы трения $F_{тр}$.

$$F_{mp} = F_u + F_c$$

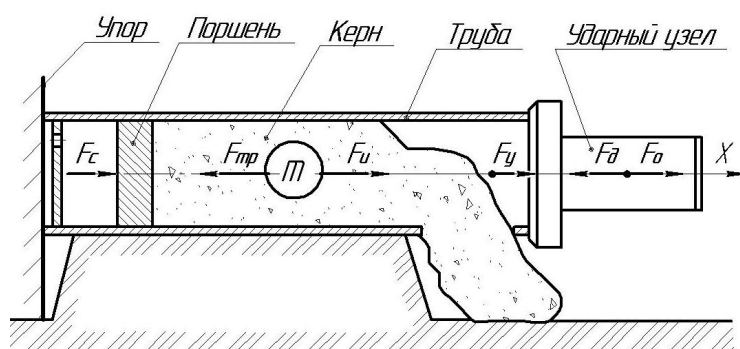


Рис. 1. Схема комбинированного способа перемещения грунтового керна

Выход керна из трубы имеет пульсирующий характер, определяемый частотой ударных импульсов. Расстояние его перемещения в каждом цикле нагружения зависит от амплитуды возвратно-поступательного движения системы, которая прямо пропорциональна энергии единичного удара пневмомолота.

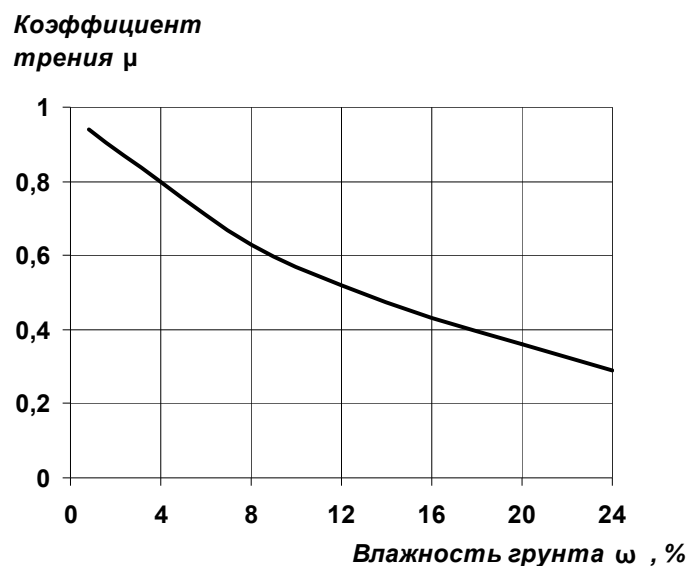


Рис. 2. Зависимость коэффициента трения от влажности грунта

Проведенные лабораторные эксперименты показали, что важным фактором эффективности данного способа является влажность грунта, влияющая на коэффициент его трения о внутреннюю поверхность трубы (рис. 2). В случае необходимости она увеличивается искусственно подачей воды в переднюю трубную полость. Под давлением сжатого воздуха жидкость выдавливается из камеры, по зазорам между поршнем и стенками трубы проникает в грунтовую массу, тем самым увлажняя ее. При моделировании процесса в грунтовом канале на трубах диаметром 54–159 мм оптимальная скорость выхода керна отмечалась при достижении показателя влажности $\omega = 18$ %, когда коэффициент трения «металл-грунт» снижался до уровня $\mu = 0,4$.

Первая апробация способа в промышленных условиях была осуществлена при сооружении перехода длиной 20 м, необходимого для прокладки силовой кабельной линии под автодорожной магистралью в г. Новосибирске [7]. При этом для погружения трубы диаметром 273 мм и ее последующей очистки использовался пневмомолот «Тайфун-70» (табл. 1). Время очистки фиксировалось после добавления необходимого количества воды в трубную полость, подачи в нее сжатого воздуха и включения ударной машины. Длительность процесса составила около 40 мин. Расход энергоносителя в ходе погружения и последующей очистки трубы не превышал 5 м³/мин.

В дальнейшем такая комбинированная технология была применена при прокладке магистральной водотранспортной сети на объектах реконструкции Учалинского горно-обогатительного комбината, г. Учалы, Республика Башкортостан, крупнейшего в России производителя медного, цинкового и пиритного концентратов. Выполняя экологическую программу по охране русла реки Буйда от загрязнения стоками с большим содержанием тяжелых металлов, на предприятии в 2008 г. был реализован проект по строительству дренажных соору-

жений с насосной станцией и трассой трубопроводов из полиэтиленовых и стальных труб марок: ПНД190, ПНД400 и DN300. При этом водоводы пересекались с веткой однопутной железнодорожной магистрали промышленного назначения по транспортировке добываемого сырья на обогатительную фабрику тяжелыми составами вагонов думпкаров.

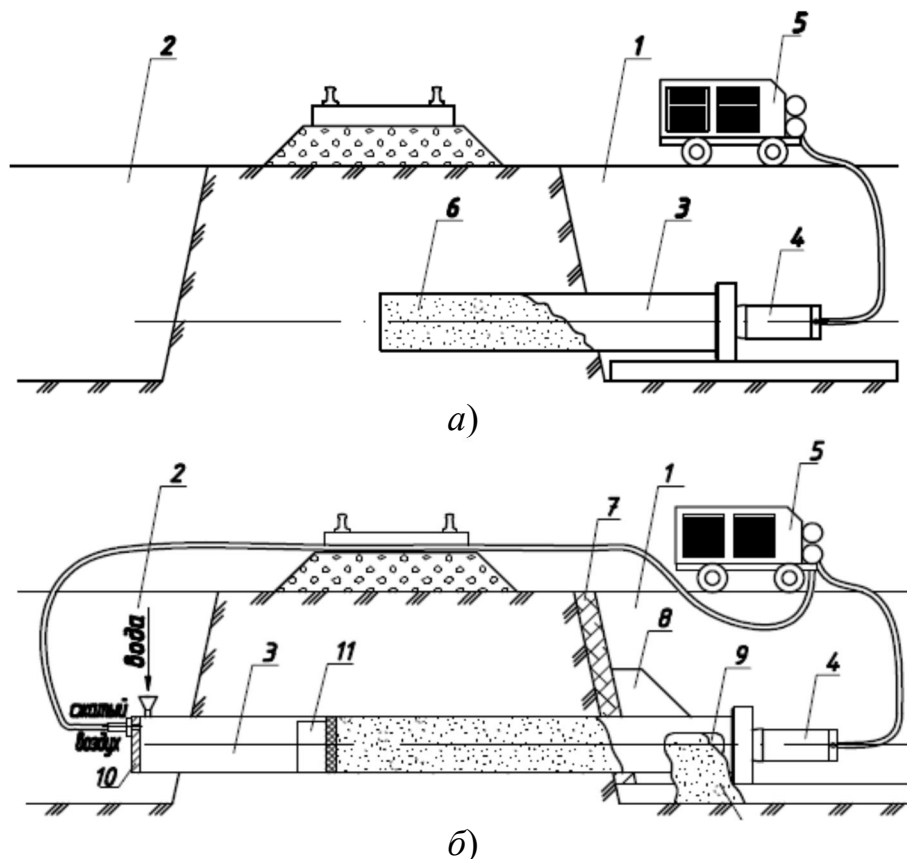


Рис. 3. Сооружение перехода диаметром 530 мм виброударным продавливанием с забивкой стальной трубы (а) и последующей ее очисткой от грунтового керна (б):

1, 2 – входной и выходной прямки; 3 – труба-кожух; 4 – пневмомолот; 5 – источник сжатого воздуха; 6 – грунтовой керн; 7 – опорная стенка; 8 – упорная косынка; 9 – выпускное окно; 10 – крышка; 11 – поршень

Сооружение подземного перехода протяженностью 10 м осуществлялось виброударным продавливанием трубной плети диаметром 530 мм. Работы выполнялись на глубине 2,5 м в сухих полутвердых и тугоплавких коричневых суглинках с включением песка от 5 до 10 %. На первой стадии (рис 3, а) входной 1 и выходной 2 прямки соединялись горизонтальным каналом, защищенным трубой-кожухом 3, забитым в грунт пневмомолотом 4 типа «Тайфун-190» (см. таблицу) на всю длину перехода без промежуточных остановок. Источником сжатого воздуха 5 служила передвижная компрессорная станция ПВ-10

максимальной производительностью 10 м³/мин при номинальном давлении энергоносителя 0,6 МПа.

Для последующей выемки грунтового керна 6 комбинированным методом (рис. 3, б) был выполнен комплекс подготовительных операций. Он включал предварительную очистку переднего торца трубы на глубину 0,8 м, установку внутри нее металлического поршня 11 диаметром 480 мм с резиновым уплотнительным элементом, последующее закрытие полости герметичной стальной крышкой 10, имеющей штуцеры для подачи сжатого воздуха и воды. С целью ограничения поступательного перемещения трубной плети, она оснащалась упорными косынками 8, взаимодействующими с опорной стенкой 7, организованной на откосе входного прямка. Для прохождения грунтового керна в боковых стенках трубы со стороны ударного устройства прорезались выпускные окна 9. Гибкий рукав, соединяющий поршневую полость с компрессором, проходил под рельсошпальной решеткой и не препятствовал движению грузовых составов.

Комбинированное воздействие на керовую массу включало статическое усилие, создаваемое давлением сжатого воздуха и динамическое, формируемое под действием ударных импульсов того же пневмомолота, которым и была забита труба. Начальный объем заливаемой воды составлял 80 л и в дальнейшем увеличивался на 60 и 100 л. При очередной подаче жидкости процесс временно приостанавливался. Давление компрессора поддерживалось на уровне 0,4 МПа.

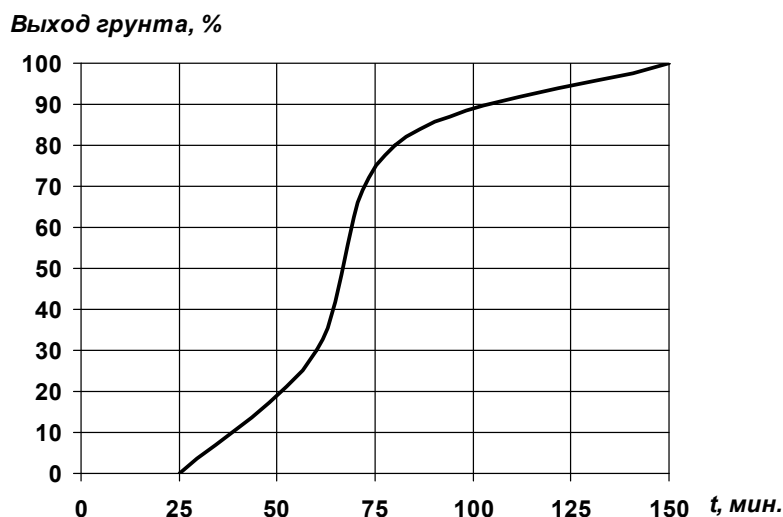


Рис. 4. Выход керна из трубы диаметром 530 мм и длиной 10 м

Видимый выход грунтового керна через выпускные окна трубы отмечался спустя 25 мин. после подачи сжатого воздуха в трубную полость и включения пневмомолота (рис. 4). Наибольшая скорость очистки была достигнута после второго этапа подачи жидкости, когда влажность грунта достигла своего опти-

мального значения. При этом отрезок керна длиной 3,5–4 м был удален из трубы в течение 18–20 мин. В дальнейшем производительность процесса начала снижаться из-за появления утечек сжатого воздуха между уплотнением и внутренней очищаемой полостью, вызвавших падение давления в поршневой камере. Выявленный недостаток обуславливался наличием дефектов трубы-кожуха в виде эллипсности ее профиля, деформаций и вмятин боковых стенок. Кроме того, их внутренняя поверхность была покрыта слоем грата, представляющего собой твердые осадки химических соединений обогатительного производства, что резко повышало коэффициент трения «металл-грунт» и приводило к дополнительному увеличению энергоемкости процесса. Общее время очистки составило 2,5 часа.

По результатам испытаний в производственных условиях, способ рекомендован для дальнейшего практического использования в качестве средства удаления грунта из полости обсадного металлического элемента при сооружении горизонтальных скважин виброударным продавливанием.

Выводы

1. Технология комбинированного воздействия на грунтовый керн пригодна для очистки стальных труб любого диаметра, забитых открытым торцом на всю длину перехода.

2. Применение способа для получения промышленных скважин под различные инженерные коммуникации показало:

- высокую производительность и полную механизацию процесса (ручной труд применялся только на подготовительно-заключительных операциях);
- незначительные затраты на дополнительное оборудование и оснастку;
- приемлемый уровень безопасности.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Кюн Г., Шойбле Х., Шлик М. Закрытая прокладка непроходных трубопроводов. – М.: Стройиздат, 1993.
2. Руководство по проходке горизонтальных скважин при бестраншейной прокладке инженерных коммуникаций / ЦНИИОМТП Госстроя СССР. М.: Стройиздат, 1987.
3. Кершенбаум Н. Я., Минаев В. И. Прокладка горизонтальных и вертикальных скважин ударным способом. М.: Недра, 1984.
4. Костылев А. Д., Григорашенко В. А., Козлов В. А. и др. Пневмопробойники в строительном производстве. Новосибирск: Наука, 1987.
5. Смоляницкий Б. Н., Червов В. В., Трубицын В. В. и др. Новые пневмоударные машины «Тайфун» для специальных строительных работ // Механизация строительства. 1997. № 7.
6. Патент РФ № 2130997. Способ очистки трубы от грунтового керна и устройство для его осуществления / Смоляницкий Б. Н., Червов В. В., Трубицын В. В., Тищенко И. В., Вебер И. Э. Опубл. в Б.И. 1999. № 15.
7. Червов В. В., Кондратенко А. С. Пневмомолот «Тайфун-70» и новый метод очистки трубы от грунтового керна // Механизация строительства. 2006. № 8.

© И. В. Тищенко, 2020