

УДК 641.132.002.51.001.24

В. Н. СУПОНЕВ, канд. техн. наук, директор НПП «Газтехника», г. Харьков

В. И. ОЛЕКСИН, аспирант Харьковского автомобильно-дорожного института, г. Харьков

## ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ УСТАНОВОК ДЛЯ БЕСТРАНШЕЙНОЙ ПРОКЛАДКИ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЕЙ ИНЖЕНЕРНЫХ КОММУНИКАЦИЙ МЕТОДОМ ГИДРОСТАТИЧЕСКОГО ПРОКОЛА

*Приведен анализ бестраншейных технологий прокладки трубопроводов под дорогами. Раскрываются преимущества метода прокола грунта с помощью пневмобройников и гидродомкратов.*

*Наведен аналіз бестраншейних технологій прокладання трубопроводів під дорогами. Розкриваються переваги методу прокола ґрунту за допомогою пневмобрійників та гідродомкратів.*

### Введение

При прокладке инженерных коммуникаций под автомобильными и железными дорогами, трамвайными путями и другими препятствиями возможны два основных способа производства работ – открытый и закрытый.

При открытом требуется разрытие траншеи поперек дороги с повреждением дорожного покрытия и нарушением интенсивности движения транспорта на период строительства. Все это, естественно, сопряжено с удорожанием работ, так как возникает необходимость восстановления дорожного покрытия и элементов благоустройства в месте прохода.

На сегодняшний день в городских условиях, особенно мегаполисов, такой способ производства работ является нежелательным и должен проводиться только в крайнем случае, когда по-другому задача не решается.

Более эффективным является закрытый метод прокладки инженерных сетей, который не требует устройства траншеи. Для этого под дорогами с помощью специальных технологий вначале прокладывают защитный футляр, через который затем протаскивают рабочий трубопровод, силовой кабель либо линии связи и другие коммуникационные сети. Выбор и обоснование параметров машин для бестраншейной прокладки футляров для распределительных сетей инженерных коммуникаций определяются требованиями нормативов, размерами футляров и грунтовыми условиями.

### Основная часть

При закрытом (бестраншейном) способе прокладки применяют следующие методы:

- прокалывание;
- продавливание;
- горизонтальное бурение;
- щитовая проходка.

Каждый из методов имеет свою наиболее рациональную область применения, которые представлены в табл. 1.

Так, например, прокалывание применяется в дисперсных грунтах для футляров малых диаметров (до 300 мм). Этот метод не рекомендуется применять при неглубоком заложении (менее 2 м) футляра во избежание вертикального выпирания грунта и повреждения полотна дороги.

Прокалывание, как правило, осуществляется путем статического силового воздействия (гидродомкратами).

Продавливание является наиболее универсальным способом прокладки футляров и наилучшим образом обеспечивает сохранность дорожных покрытий и полотна. По своей

физической сущности метод продавливания мало чем отличается от прокола. Если в последнем случае весь грунт уплотняется в стенки скважины, то при продавливании большая часть грунта проходит внутрь полости продавливаемой трубы, который затем удаляется различными способами.

Горизонтальное бурение применяется для трубопроводов средних и больших диаметров (530–1220 мм) в грунтах I–IV категорий. Проходка скважины ведется установками горизонтального бурения. Этот метод не рекомендуется применять на слабых водонасыщенных и сыпучих грунтах во избежание прокладки дорожного полотна.

Щитовая проходка применяется в полускальных и скальных грунтах, где невозможно применять другие способы. При этом используются бетонные (железобетонные) трубы.

Щитовая проходка осуществляется также для прокладки футляров больших диаметров под пучок трубопроводов.

Широкими возможностями обладают установки горизонтально-направленного бурения (ГНБ), которые также могут быть использованы при прокладке футляров. Данные по этой технологии в таблице не приводятся, поскольку далее в статье речь пойдет о прокладке прямолинейных участков, а установки ГНБ наиболее эффективны при прокладке больших участков трубопроводов по сложной траектории, когда необходимо преодолевать препятствия в виде рек, фундаментов зданий на различной глубине. Достигается это управлением процесса бурения с помощью сложной навигационной системы.

Поскольку целью настоящей статьи является выбор наиболее эффективных технологий и машин из существующих для бестраншейной прокладки распределительных сетей инженерных коммуникаций, то рассмотрим особенности их строительства.

Выбор бестраншейного способа прокладки трубопроводов зависит от диаметра и длины трубопровода, физико-механических свойств и гидрогеологических условий разрабатываемых грунтов. На практике же выбор, как правило, определяется наличием в строительных организациях соответствующих грунтопрокалывающих, продавливающих и бурильных агрегатов, установок и оборудования. Поэтому представленный ниже анализ носит чисто рекомендательный характер.

Возможности существующих бестраншейных технологий позволяют прокладывать, согласно данным табл. 1, трубопроводы диаметрами от 50 до 2000 мм. Большие диаметры отверстий в грунте предназначены для магистральных трубопроводов и центральных коллекторов. Основной же диапазон диаметров трубопроводов распределительных сетей находится в пределах 225 мм.

Поскольку основной задачей рассматриваемых технологий является прокладка под дорогой не самого рабочего трубопровода, а футляра через который он протаскивается, то прежде всего необходимо представлять его параметры. Размеры футляра должны превышать диаметр прокладываемого трубопровода на величину их разницы, установленную нормативными документами. Так, например, применительно к газопроводам условие выбора футляров определены ДБН В2.5-2001 «Газоснабжение». Ими установлено, что для трубопроводов, которые прокладываются в стесненных условиях должны применяться футляры из стальных труб. При этом внутренние диаметры футляров для стальных газопроводов следует принимать больше наружных диаметров газопроводов не менее чем на 100 мм при диаметрах газопроводов до 250 мм (включительно).

Для полиэтиленовых газопроводов внутренний диаметр футляров следует принимать больше внешних диаметров газопроводов не менее чем на 40 мм при диаметре газопроводов до 90 мм и не меньше чем на 80 мм при диаметрах газопроводов более 90 мм.

Таким образом, диапазон требуемых диаметров стальных футляров для распределительных трубопроводов согласно данным, приведенных в табл. 2, составляет от 90 до 345 мм.

Диапазон диаметров местных кабельных линий, прокладываемых между сетевыми узлами в пределах города или сельского района, находится в пределах: для электрических кабелей – до 65 мм, для волоконно-оптических кабелей – 42,5 мм.

Таблица 1

## Рекомендуемые области применения способов бестраншейной прокладки трубопроводов

Способ	Трубопровод		Наилучшие грунтовые условия применения	Скорость проходки, м/ч	Необходимое усилие вдавливания, кН	Ограничения к применению способа
	диаметр, мм	длина, м				
Прокол: механический с помощью домкратов;	50–500	80	Песчаные и глинистые без твердых включений	3–6	148–2450	В скальных и кремнистых грунтах не применяется
гидропроколом;	100–200 400–500	30–40 20	Песчаные и супесчаные	1,6–14	250–1600	Возможен при наличии источников воды и места для сброса пульпы
вибропроколом;	500	60	Несвязные песчаные, супесчаные и пlyingуны	3,5–8	5-7,5	В твердых и скальных грунтах не применяется
грунтопрокалывателями;	89–108	50–60	Глинистые Мягкие грунты до III категории	2,5–2 30-40 (без расширителей)	– 0,75-25	То же
пневмопробойниками.	300–400	40–50	В грунтах I – III категорий	0,2–1,5	4500	В грунтах с повышенным водонасыщением и с малым сцеплением не применяется
Продавливание	400-2000	70-80	В песчаных и глинистых грунтах	1,5–19	–	В пlyingунах способ не применим, в твердых породах применим лишь для продавливания труб максимального диаметра
Горизонтальное бурение	325–1720	40–70				При наличии грунтовых вод способ не примен.

Согласно «Инструкции по проектированию линейно-кабельных сооружений» (ВСН 116-93), при пересечении автомобильных и железных дорог, проезжей части улиц и трамвайных путей – кабели следует прокладывать в асбестоцементных или полиэтиленовых трубах диаметром 100 мм.

Таблица 2

Размеры стальных футляров для распределительных трубопроводов

Условный диаметр рабочего трубопровода, мм	Наружные диаметры рабочих трубопроводов, мм		Наружные диаметры футляров из стальных труб, мм	
	Стальные трубы	Полиэтиленовые трубы	Для стальных трубопроводов	Для полиэтиленовых трубопроводов
20	25	32	127	90
30	32	40	133	90
40	45	50	152	110
50	57	63	159	110
65	76	90	219	160
80	89	110	219	200
100	108	125	219	225
125	133	160	273	250
150	159	180	273	280
200	219	225	325	345

Протаскивание футляра в образованную после прокола скважину обеспечивается свободным зазором между его наружной стенкой и уплотнёнными стенками скважины, размер которого, как правило принимается не менее 40 мм. Таким образом, максимальный размер диаметра прокола в этом случае составляет 140 мм. Если требуется проложить одновременно с основным дополнительно резервный футляр, то диаметр скважины должен быть не менее 240 мм.

Для распределительных сетей характерным является также ограниченная длина прокладки футляров. Как правило, при прокладке распределительных трубопроводов чаще всего встречаются препятствия в виде автомобильных дорог различных категорий. Согласно СНИП 2.05.02-85 «Автомобильные дороги. Нормы проектирования» ширина проезжей части (табл. 3) составляет минимум 4,5 м для дорог V категории, а максимум 15 м для I категории. Предельная ширина земляного полотна для этих дорог составляет 8 м и 43,5 м соответственно.

Поскольку прокладку рассматриваемых трубопроводов, согласно представленным данным табл. 1, можно осуществлять с помощью целого ряда технологий, то возникает вопрос выбора наиболее эффективной из них.

В условиях Украины наиболее распространённый грунтовый фон (более 75 % территории) представлен суглинками и глинами II и III категории прочности. Для этих грунтов характерны: наличие воздушных пор, что обеспечивает их хорошую уплотняемость и относительно высокую прочность, которая обеспечивает устойчивость стенок скважины после прокола.

Рассмотренные условия прокладки футляров для распределительных трубопроводов определили наиболее широкое распространение технологий прокола с помощью пневмопробойников и механических домкратов (установок гидростатического прокола).

Для осуществления прокола грунта в первом случае используются пневмопробойники, компрессорная станция и комплект вспомогательного оборудования. Это оборудование выпускается различными фирмами: Wermeer, Tracto-Tehnik, ПО «Полёт», «Комбест» (Россия), ПО «Строймаш» (г. Минск, Беларусь) Одесский завод «СОМ» (рис. 1). Для работы пневмопробойников необходима передвижная либо стационарная компрессорная станция, обеспечивающая подачу сжатого воздуха давлением 0,6 Мпа.

Категории дорог и параметры их элементов

Параметры элементов дорог	Категории дорог					
	I – А	I – Б	II	III	IV	V
Число полос движения	4; 6; 8	4; 6; 8	2	2	2	1
Ширина полосы движения, м	3,75	3,75	3,75	3,5	3	–
Ширина проезжей части, м	2 x 7,5 2 x 11,5 2x15	2 x 7,5 2 x 11,5 2x15	7,5	7	6	4,5
Ширина обочины, м	3,75	3,75	0,75	7	6	4,5
Наим. ширина укреплен-ной полосы обочины, м	0,75	0,75	0,75	0,5	0,5	–
Наименьшая ширина разделительной полосы между разными направлениями движения, м	6	5	–	–	–	–
Наименьшая ширина укрепленной полосы на разделительной полосе, м	1	1	–	–	–	–
Ширина земляного полотна, м	28,5 36 43,5	27,5 35 42,5	15	12	10	8



Рис. 1. Пневмопробойники, выпускаемые заводом «СОМ» (г. Одесса, Украина)

Расход воздуха при этом должен обеспечиваться от 1,5 м<sup>3</sup>/мин до 7,5 м<sup>3</sup>/мин. Также требуется для каждого диаметра прокалываемого трубопровода свой пробойник или их ряд для поэтапного расширения диаметра скважины.

Одним из недостатков этой технологии является возможность отклонения от заданного курса в случае встречи пробойника с препятствием. Чтобы исключить в этом случае потерю пробойников, их выпускают реверсивным. А такие, как «Белл» (США) и Tracto-Tehnik выпускают их управляемыми, которые способны следовать курсу, подобно установкам направленного бурения.

Гидростатические установки для продавливания труб выпускают фирмы ЗАО «АВА Гидросистемы» и «Wermeer». Такие машины используют при прокладке трубопроводов набор штанг, обычно жестко соединяемых одна с другой, с помощью которых производят предварительную проходку («прокол») участка, через которую протаскивают трубу с одновременным расширением скважины до необходимого диаметра.

Таблица 4

## Технические характеристики пневмопробойников Одесского завода «СОМ»

Характеристика оборудования	ИП-4610	ИП-4605А	ИП-4603А	СО-144А	СО-134А
Диаметр пробиваемых скважин	55	95/180	130/200	70/100/120	155/300
Длина пробиваемых скважин	30	40	40/20	30	40/30
Энергия единичного удара, Дж	15	110	250	46	500
Частота ударов, мин <sup>-1</sup>	390	330	420	408	250
Масса, кг	14	54	–	28	150

Установка включает в себя два основных блока: силовой блок в виде рамы с гидроцилиндрами и гидравлическую станцию. Гидравлические системы таких машин работают при давлениях до 50 Мпа и с подачей гидрожидкости до 20 л/мин и более. Компануются системы приводом от ДВС и электроприводом от городской электросети. Длина штанги находится в зависимости от длины хода гидроцилиндра. Чем длиннее штанга, тем меньше производится работ по их соединению в плеть. Однако это автоматически приводит к увеличению габаритов установки. А поскольку для осуществления её работы используется соответствующих размеров котлован, то необходимо это учитывать при работе в стеснённых условиях, особенно при плотной городской застройке. Для этого случая НПП «Газтехника» (г. Харьков) разработаны миниустановки для гидростатического прокола, краткие характеристики которых представлены в табл. 5.

Таблица 5

## Характеристики установок для прокола грунта НПП «Газтехника»

Название установки	Габариты установки (длина/ширина/высота), м	Длина прокола, м	Максимальный диаметр прокола, мм	Масса установки (без штанг и гидростанции), кг	Диаметр первоначального прокола, мм	Максимальное рабочее давление, МПа	Усилие прокола при max давлении, кг
МП-125	0,71/0,5/0,51	30	160	92	60	20	12460
МП-250	0,85/0,6/0,55	50	250	115	76	20	24880

Длина штанг составляет 600 мм, которая подаётся гидроцилиндрами за два прохода по 300 мм. Если организация располагает гидрофицированными машинами: экскаваторами, бульдозерами и др., то для подачи гидравлической жидкости под давлением до 20 Мпа

можно подсоединиться к гидрораспределителю машины. В этом случае отпадает необходимость специально приобретать гидравлическую станцию.

Порядок работы установки представлен на рисунках (рис. 2 и рис. 3). Необходимая длина предварительного прокола достигается путем движения “вперед-назад” механизма захвата штанг с постепенным наращиванием длины путём присоединения вручную дополнительных штанг. Обратным ходом осуществляется одновременное расширение скважины конусным расширителем и протаскивание трубы.

Если требуется прокладка труб больших диаметров то операцию по расширению скважины производят за несколько проходов расширителей с поэтапным увеличением их диаметров на 40мм или больше, если того позволяют грунтовые условия. Фрагменты установки представлены на рис. 4.

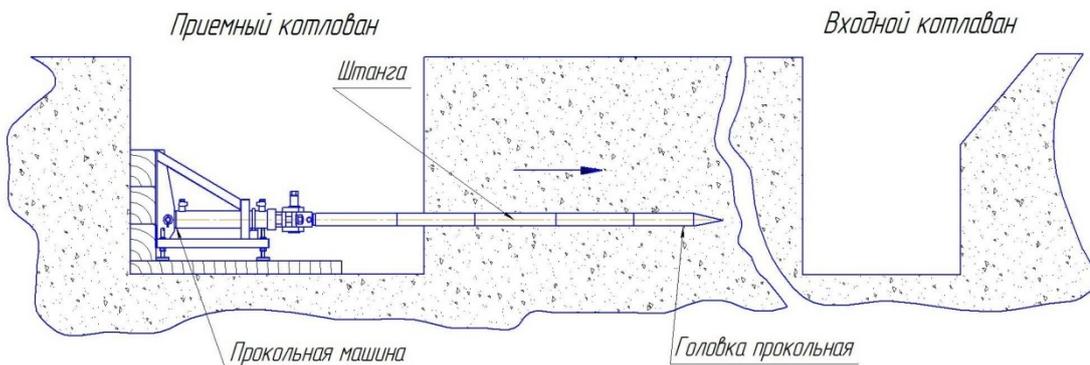


Рис. 2. Этап выполнения предварительного прокола установкой МП 125

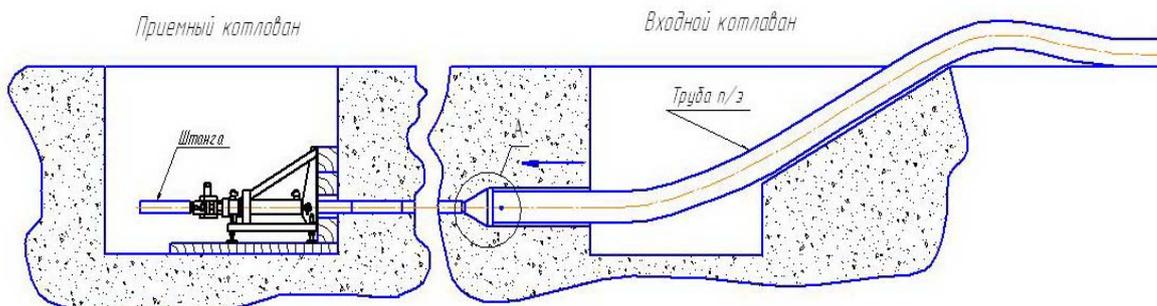


Рис. 3. Этап расширения скважины с одновременным протаскиванием трубы

а)



б)



в)



г)



Рис. 4. Миниустановка для гидростатического прокола грунта МП-125 (г. Харьков, НПП «Газтехника»): а) общий вид установки; б) монтаж установки в котловане; в) рабочий процесс; г) расширение скважины и протаскивание трубы

Для правильного выбора типоразмера силовой установки, как правило, достаточно знать величины требуемого усилия прокола грунта или произвести его расчёт по формуле:

$$P = \frac{\pi R_c^2 \sigma_y}{U_o} + g_T L f_T,$$

где:  $R_c$  – радиус скважины (расширителя), м;  
 $\sigma_y$  – коэффициент грунта уплотнению, Мпа;

$U_o$  – пористость грунта в нетронутом массиве, доли ед.;

$g_T$  – вес 1 погонного метра трубы, кН/м;

$L$  – длина участка прокладки, м;

$f_T$  – коэффициент трения трубы о грунт.

Расчёт по формуле носит приближённый характер. Для оперативного анализа можно воспользоваться также данными, представленными на графике зависимости усилия прокола для некоторых видов грунта от диаметров и его длины, которые были получены из практики работы НПП «Газтехника» с установкой МП 125 (рис. 5).

Как видно из графика, диаметр скважины является важным фактором, определяющим усилие сопротивления грунта при его проколе с помощью гидростатической установки. Поскольку требуемые усилия определяют выбор гидроцилиндров, а соответственно габариты установки, то возникает вопрос об их уменьшении с целью удешевления, как самой установки, так и стоимости процесса. Одним из путей решения задачи является сокращение зазора между наружным диаметром рабочего трубопровода и внутренним диаметром футляра, либо полный отказ от необходимости их прокладки. Поскольку требование обязательной прокладки футляра и условие выдерживания установленной величины зазора определяют сохранность трубы (либо её изоляционного покрытия) от возможных повреждений при протаскивании через футляр, то возникает задача применения таких видов труб и материалов, которые этого не боятся. К таким, например, относятся полиэтиленовые трубы с защитным слоем изоляции из высокопрочных полимерных материалов, который предохраняет от царапин рабочее тело трубы при её протаскивании через футляр либо непосредственно через грунт. Как показал анализ мировой практики – это один из самых прогрессивных путей развития технологий бестраншейной прокладки подземных трубопроводных систем, при котором возможен даже полный отказ от применения футляров. Особенно важным этот момент является при бестраншейном ремонте трубопроводов из стали, керамики и бетона путём их разрушения с одновременной заменой на новый из полиэтилена, как более надёжного и долговечного.

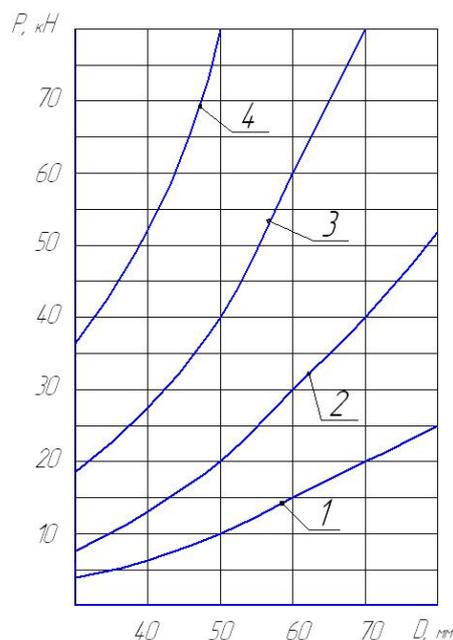


Рис. 5. Зависимость усилия продавливания грунта  $P$  от диаметра прокалывающей головки  $D$  и прочности грунта: 1 – для I-й категории; 2 – для II-й категории; 3 – для III-й категории; 4 – для IV-й категории.

### Выводы

Приведенный анализ позволил выявить наиболее рациональные технологии бестраншейной прокладки футляров для распределительных сетей инженерных коммуникаций, с учётом параметров рабочих трубопроводов и кабельных линий связи и нормативов их строительства. Выявленные условия прокладки футляров под дорогами позволили определить рациональные параметры установки для их бестраншейной прокладки путём гидростатического прокола грунта. Установлена зависимость усилия прокола грунта от диаметра прокалывающей головки и категории грунта. Величина требуемого усилия для прокола определяет выбор силового привода, параметров гидроцилиндров, а соответственно габаритов оборудования.

Полученные рекомендации позволили разработать и создать на НПП «Газтехника» установки для прокола грунта МП-125 и МП-250, позволяющие реализовать бестраншейную прокладку трубопроводов диаметрами до 160 и 250 мм, соответственно.

### Список литературы

1. Орлов В. А., Орлов В. Е. Строительство, реконструкция и ремонт водопроводных и водоотводящих сетей бестраншейными методами. М.: ИНФРА-М. 2007. – 277 с.
2. Кравец С. В., Каслин Н. Д., Руднев В. К., Супонев В.Н. Машины для бестраншейной прокладки подземных коммуникаций. – Харьков: ООО «Фавор», 2008. – 256 с.

### BASING PARAMETERS OF EQUIPMENT FOR DIGGING LAYING OF DISTRIBUTIVE ENGINEER-LINES USING A METHOD OF HYDROSTATICAL PERFOREATE.

V. N. Suponev, Cand. Tech. Sci., V. I. Olecsin.

*The article contains information about methods of distributive tube-lines laying of defend casing through the road. Produce arguments in favour for perforate method.*

*Поступила в редакцию 27.02 2010 г.*