

Определение геометрических параметров котлованов при прокладке полиэтиленовых газопроводов методом горизонтально-направленного бурения

Т.В. Ефремова, В. А. Носарева

*Институт архитектуры и строительства
Волгоградского государственного технического университета*

Аннотация: Приводятся результаты расчета геометрических параметров рабочего и приемного котлованов при прокладке полиэтиленовых газопроводов закрытым способом методом горизонтально-направленного бурения.

Ключевые слова: полиэтиленовый газопровод, закрытый метод прокладки, горизонтально-направленное бурение, наклонно-направленное бурение, размеры рабочего и приемного котлованов.

Газификация регионов России является одной из важнейших задач, стоящих на сегодня перед государством, что было подчёркнуто на Прямой линии президентом России В. В. Путиным, 14 декабря 2023 года. Газификация не только способствует социально-экономическому развитию и повышению качества жизни населения, но и позволяет перенаправить газовые потоки на внутреннее использование в стране [1].

В программы газификации, как правило, включают сельские населенные пункты, удаленные от действующих газопроводов. Для газоснабжения сельских потребителей сначала надо построить межпоселковый газопровод, а затем распределительную сеть внутри села [2]. Прокладка газопроводов предусматривается подземно из полиэтиленовых труб. На пути следования межпоселкового газопровода практически всегда встречаются искусственные и естественные препятствия: автомобильные дороги различных категорий, железные дороги, водные преграды (реки, озёра, ручьи, пруды), овраги, балки и т.п. Очень часто такие препятствия встречаются и на территории сельских населенных пунктов. Пересечение таких препятствий может быть сделано открытым (внутриквартальные проезды, балки, овраги) или закрытым способом, то есть без нарушения конструкции пересекаемого сооружения [3].

В закрытый способ входят методы наклонно-направленного бурения (далее ННБ) и горизонтально-направленного бурения (далее ГНБ). Они являются наиболее эффективными методами при отсутствии технической возможности проложить инженерные сети открытым способом [4]. Применение ННБ и ГНБ позволяет быстро, эффективно и с минимальными затратами проводить газопроводы под железнодорожными путями, автомобильными дорогами, зелеными насаждениями, водными преградами. Метод ГНБ применяется при выборе прямолинейного направления трассы. Наклонно-направленное бурение позволяет пересекать препятствия со значительным заглублением, при этом траектория имеет форму дуги.

Применение способов ННБ и ГНБ ограничивают некоторые виды грунта: гравийные, с включениями валунов и гальки, а также песчаные и глинистые, так же затруднена прокладка в рыхлых песках из-за сложности формирования прочных стенок бурового канала [5].

При методе ГНБ, как правило, газопровод прокладывается в футляре. При ННБ возможны оба варианта (в футляре и без футляра) в зависимости от вида пересекаемого препятствия и требований нормативных документов [1].

При закрытом способе прокладки газопровода необходимо выполнить ряд подготовительных работ, в которые входит разработка рабочего и приемного котлованов определенных размеров (рис. 1) [6].

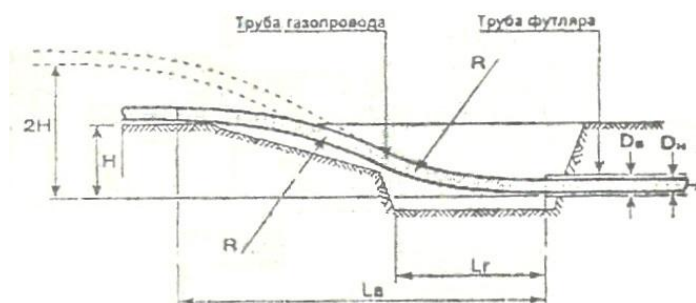


Рис. 1. - Схема протягивания газопровода [6]

Продольный профиль рабочих котлованов со стороны втягивания полиэтиленовых труб и приемных котлованов со стороны выхода труб

определяется как функция от глубины заложения существующего трубопровода и допустимого радиуса изгиба полиэтиленовых труб. Расчетная зависимость для определения длины рабочего котлована имеет вид:

$$L_B = \sqrt{H_\Phi \cdot (4p - H_\Phi)} \quad (1)$$

где L_B – длина входного котлована от среза футляра, м; H_Φ – глубина заложения футляра, м; p – допустимый радиус изгиба полиэтиленовых труб, м.

Допустимый радиус вертикального изгиба полиэтиленовых труб рекомендуется принимать в зависимости от диапазона температур во время строительного-монтажных работ: $p = 30 D_e$ при температуре воздуха выше + 20 °С и $p = 50 D_e$ при температуре воздуха ниже + 20 °С, где D_e – наружный диаметр трубы, м .

При увеличении высоты подъема труб до $2H_\Phi$ требуемую длину котлована L_B можно уменьшить до значения:

$$L_B = \sqrt{H_\Phi \cdot (2p - H_\Phi)} \quad (2)$$

Ширина котлованов (по концу футляра) L_Γ определяется соотношением:

$$L_\Gamma = \sqrt{2 \cdot p \cdot D_B} \quad (3)$$

где D_B – внутренний диаметр футляра, м, определяемый по СП 42-103-2003.

Уклон котлована со стороны втягивания и выхода полиэтиленовых труб должен составлять не более [7]:

$$\operatorname{tg}\phi = \frac{H_\Phi - D_B}{L_B - L_\Gamma} \quad (4)$$

Расстояние в свету между нижней образующей трубы футляра и дном котлована рекомендуется принимать не менее 10 см.

На основании уравнений (1-4) определены размеры рабочих котлованов для полиэтиленовых газопроводов SDR 11, в зависимости от диаметров газопровода и футляра и температурного диапазона (табл. 1, 2). При этом принималось, что минимальная глубина заложения футляра при методе ГНБ – 1,5 м. Диаметры футляра выбирались при условии целостности трубы и отсутствия сварных соединений внутри футляра [1].

Таблица № 1

Расчет размеров рабочего и приемного котлованов при $t > 20^{\circ}\text{C}$

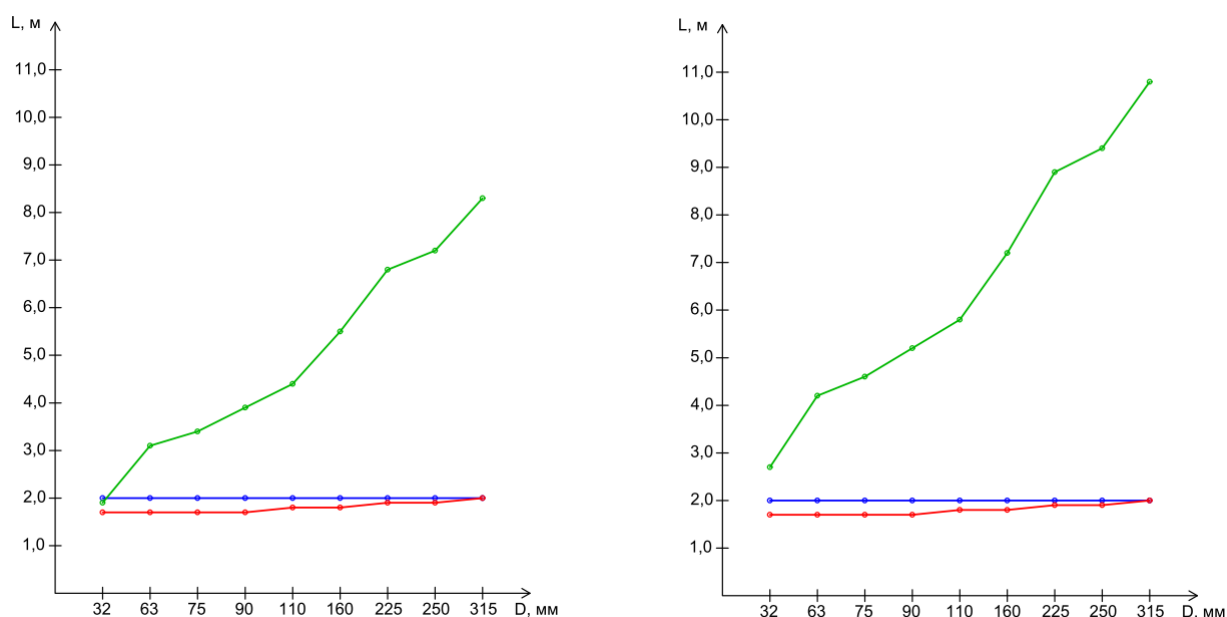
Расчетные параметры, м						
D	$D_{\text{в}}$	$H_{\text{ф}}$	ρ	$L_{\text{в}}$	H	$L_{\text{г}}$
0,032	0,0514	1,563	0,96	1,9	1,7	2
0,063	0,090	1,61	1,89	3,1	1,7	2
0,075	0,090	1,61	2,25	3,4	1,7	2
0,09	0,1146	1,64	2,7	3,9	1,7	2
0,11	0,1308	1,66	3,3	4,4	1,8	2
0,16	0,184	1,725	4,8	5,5	1,8	2
0,225	0,2578	1,815	6,75	6,8	1,9	2
0,25	0,2578	1,815	7,5	7,2	1,9	2
0,315	0,3274	1,9	9,45	8,3	2,0	2

Таблица № 2

Расчет размеров рабочего и приемного котлованов при $t < 20^{\circ}\text{C}$

Расчетные параметры, м						
D	$D_{\text{в}}$	$H_{\text{ф}}$	ρ	$L_{\text{в}}$	H	$L_{\text{г}}$
0,032	0,0514	1,563	1,6	2,7	1,7	2
0,063	0,09	1,61	3,15	4,2	1,7	2
0,075	0,09	1,61	3,75	4,6	1,7	2
0,09	0,1146	1,64	4,5	5,2	1,7	2
0,11	0,1308	1,66	5,5	5,8	1,8	2
0,16	0,184	1,725	8	7,2	1,8	2
0,225	0,2578	1,815	11,25	8,9	1,9	2
0,25	0,2578	1,815	12,5	9,4	1,9	2
0,315	0,3274	1,9	15,75	10,8	2,0	2

На основании данных табл. 1, 2 построены графики зависимости размеров котлованов от диаметра труб (рис. 2).



Условные обозначения :

- - глубина котлована, м;
- - ширина котлована, м;
- - длина котлована, м.

Рис 2. Геометрические параметры рабочего и приемного котлованов при $t > 20^{\circ}\text{C}$ и $t < 20^{\circ}\text{C}$

Определение размеров котлованов на стадии проектирования позволяет определить реальные объемы земляных работ, так как котлованы по сравнению с траншеей имеют значительные габариты. Размеры котлованов (особенно длина) оказывают влияние на выбор места прокладки газопроводов закрытым способом [8]. Если прокладка предусмотрена на территории населенного пункта, где ширина проезжей части улицы не всегда позволяет выполнить котлованы необходимых размеров, то принимается решение или о переносе места ГНБ, или о прокладке газопровода открытым способом [9]. Уменьшение размеров котлованов при строительном-монтажных работах может привести к возникновению недопустимых напряжений в



стенке полиэтиленовой трубы, что приводит к разрушению тела трубы или к снижению срока службы газопровода [10].

Литература

1. Ефремова Т.В., Мариненко Е.Е., Кондауров П.П., Рябов С.Н. Проектирование и монтаж полиэтиленовых газопроводов: учебное пособие: М-во образования и науки Рос. Федерации, Волгогр. гос. архит.-строит. ун-т. — Электронные текстовые и графические данные (3,9 Мбайт). — Волгоград: ВолгГАСУ, 2013. – 100 с.
 2. Ионин А.А. Газоснабжение. – М.: Стройиздат, 1989. – 439 с.
 3. Каргин В.Ю., Бухин В.Е., Вольнов Ю.Н. Полиэтиленовые газовые сети: Материалы для проектирования и стр-ва; ГипроНИИГаз. - Саратов: Приволж. кн. изд-во, 2001. – 399 с.
 4. Стаскевич Н.Л., Северинец Г.Н., Вигдорчик Д.Я. Справочник по газоснабжению и использованию газа. – Л.: Недра, 1990. – 762 с.
 5. Комина Г.П., Прошутинский А.О. Гидравлический расчет и проектирование газопроводов: учебное пособие по дисциплине «Газоснабжение» для студентов специальности 270109 – теплогазоснабжение и вентиляция, СПбГАСУ. – СПб.: 2010. – 148 с.
 6. Шурайц А.Л., Каргин В.Ю., Вольнов Ю.Н. Газопроводы из полимерных материалов: Пособие по проектированию, строительству и эксплуатации. Саратов: Издательство «Журнал «Волга – XXI век», 2007. 612 с.
 7. Простаков Е.П. Теоретическое исследование напряженно-деформированного состояния магистрального трубопровода при использовании способа бесподъемной технологии его укладки // Инженерный Вестник Дона, 2012, № 4. URL: ivdon.ru/magazine/archive/n4p2y2012/1309.
-

8. Project report no. 2/2017. Pioneering sewage system of polyethylene (PE) in the “Am Hitzenhof” development area, Buchenbach. URL: friatec.de/content/friatec/en/Technical-Plastics/FRIAFIT-Sewage-System.

9. Urbanowicz K., Duan H.F., Bergant A. Transient Liquid flow in plastic Pipes//Strojnicki Vestnik/Journal of Mechanical Engineering, 2020 № 2. URL: sv-jme.eu/article/transient-flow-of-liquid-in-plastic-pipes.

10. Ефремова, Т.В., Сардина В. С., Жалнин В.В. Определение напряжений, возникающих при прокладке полиэтиленовых газопроводов // Инженерный вестник Дона. - 2023. - № 5. - URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n5y2023/8424.

References

1 Efremova T.V., Marinenko E.E., Kondaurov P. P., Rjabov S. N. Proektirovanie i montazh polijetilenovyh gazoprovodov: uchebnoe posobie [Design and installation of polyethylene gas pipelines]: M-vo obrazovanija i nauki Ros. Federacii, Volgogr. gos. arhit.-stroit. un-t. Jelektronnye tekstovye i graficheskie dannye (3, 9 Mbajt). Volgograd: VolgGASU, 2013. 100 p.

2 Ionin A.A. Gazosnabzhenie [Gas supply]. M.: Strojizdat, 1989. 439 p.

3 Kargin V.YU, Buhin V.E., Vol'nov YU.N. Polietilenovye gazovye seti: Materialy dlya proektirovaniya i str-va [Polyethylene gas networks: Materials for design and construction]; GipronIIgaz. Saratov: Privolzh. kn. izd-vo, 2001. 399 p.

4 Staskevich N.L., Severinec G.N., Vigdorichik D.Ja. Spravochnik po gazosnabzheniju i ispol'zovaniju gaza [Handbook on gas supply and use of gas]. L.: Nedra, 1990. 762 p.

5 Komina G. P., Proshutinskij A. O. Gidravlicheskij raschet i proektirovanie gazoprovodov [Hydraulic calculation and design of gas pipelines]: uchebnoe posobie po discipline «Gazosnabzhenie» dlja studentov special'nosti 270109 teplogazosnabzhenie i ventiljacija; SPbGASU. SPb., 2010. 148 p.



6 SHurajc A.L., Kargin V.YU., Vol'nov YU.N. Gazoprovody iz polimernyh materialov: Posobie po proektirovaniyu, stroitel'stvu i ekspluatatsii [Gas pipelines made of polymer materials: A manual for design, construction and operation]. Saratov: Izdatel'stvo «ZHurnal «Volga – XXI vek», 2007. 612 p.

7 Prostakov E.P. Inzhenernyj Vestnik Dona, 2012, № 4. URL: ivdon.ru/magazine/archive/n4p2y2012/1309.

8 Project report no. 2/2017. Pioneering sewage system of polyethylene (PE) in the “Am Hitzenhof” development area, Buchenbach. URL: friatec.de/content/friatec/en/Technical-Plastics/FRIAFIT-Sewage-System.

9 Urbanowicz K., Duan H.F., Bergant A. Strojnski Vestnik Journal of Mechanical Engineering, 2020. № 2. URL: sv-jme.eu/article/transient-flow-of-liquid-in-plastic-pipes.

10. Efremova, T.V., Sardina V. S., ZHalnin V.V. Inzhenernyj vestnik Dona. 2023. № 5. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n5y2023/8424.

Дата поступления: 18.11.2023

Дата публикации: 3.01.2024