

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ	
ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ ІМ. Ю.М. ПОТЕБНІ	
ЗАПОРІЗЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО УНІВЕРСИТЕТУ	
Кафедра промислового та цивільного будівництва	
Кваліфікаційна робота/проект	
<u>другий магістерський рівень</u>	
(рівень вищої освіти)	
на тему:	Обґрунтування сучасних методів реконструкції та реновації інженерних сітей з використанням інноваційних технологій і матеріалів
Виконав: студент спеціальності	2 курсу, групи 8.1922-пцб-3 192 Будівництво та цивільна інженерія (код і назва спеціальності)
освітньої програми	промислове і цивільне будівництво (код і назва освітньої програми)
	Давидюк Д.Л. (прізвище та ініціали)
Керівник	доц., к.т.н. Данкевич Н.О. осада, вчене звання, науковий ступень, прізвище та ініціал
Рецензент	проф., д.т.н. Радкевич А.В. осада, вчене звання, науковий ступень, прізвище та ініціал
Запоріжжя	
2023	

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ ІМ. Ю.М. ПОТЕБНИ
ЗАПОРІЗЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО УНІВЕРСИТЕТУ**

Кафедра Промислового та цивільного будівництва
Рівень вищої освіти другий магістерський рівень
(другий (магістерський) рівень)
Спеціальність 192 "Будівництво та цивільна інженерія"
(шифр і назва)
Освітньо-професійна програма "Промислове і цивільне будівництво"
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри _____ ПЦБ
проф. Арутюнян І.А.
" _____ " _____ 20__ року

**ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ /ПРОЕКТ СТУДЕНТОВІ (СТУДЕНТЦІ)**

Давидюк Денис Леонідович
(прізвище, ім'я по батькові)

1. Тема роботи (проекту) Обґрунтування сучасних методів реконструкції та
реновації інженерних сітей з використанням інноваційних технологій і матеріалів

2. Керівник роботи Данкевич Н.О., доц., к.т.н.
(прізвище, ім'я по батькові, науковий ступень, вчене звання)

3. Затверджені наказом ЗНУ від " 01 " 05 2023 року № 687 - с _____
4. Строк подання студентом роботи 01 грудня 2023 р.

5. Вихідні дані до роботи данні обстеження інженерних систем
методи відновлення водопровідних трубопроводів
науково-технічна, навчальна, нормативна та періодична література

6. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)
Вступ, Аналіз сучасного стану інженерних мереж.
Застосування полімерних матеріалів при улаштуванні інженерних комунікацій
Безтраншейні методи будівництва, реконструкції інженерних комінікацій

7. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)
вступ, основні питання дослідження, сучасний стан інженерних мереж,
використання полімерних матеріалів. Методи безтраншейного прокладання.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Розділ 1	Данкевич Н.О., к.т.н., доц.		
Розділ 2	Данкевич Н.О., к.т.н., доц.		
Розділ 3	Данкевич Н.О., к.т.н., доц.		

7. Дата видачі завдання

02 травня 2023 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітки
1.	Сучасний технічний стан інженерних мереж	10.09.2023	
2.	Практичний досвід застосування в Україні полімерних матеріалів при улаштуванні інженерних комунікацій	10.10.2023	
3.	Безтраншейні методи будівництва і реконструкції інженерних комунікацій	20.11.2023	
4.	Оформлення та підготовка до захисту	02.12.2023	

Студент

 (підпис)

 Давидюк Д.Л.
 (прізвище та ініціали)

Керівник роботи/проекту

 (підпис)

 Данкевич Н.О.
 (прізвище та ініціали)

Нормоконтроль пройдено

 (підпис)

 Данкевич Н.О.
 (прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Давидюк Д.Л. Обґрунтування сучасних методів реконструкції та реновації інженерних сітей з використанням інноваційних технологій і матеріалів.

Кваліфікаційна випускна робота для здобуття ступеня вищої освіти магістра за спеціальністю 192 Будівництво та цивільна інженерія, науковий керівник Н.О. Данкевич. Запорізький національний університет. Інженерний навчально-науковий інститут ім. Ю.М. Потєбня, кафедра промислово та цивільного будівництва, 2023.

В роботі проведена аналіз водо-каналізаційного господарства та оцінка технічного стану, заданої шкоди та потреб відновлення інженерних мереж. Розглянуто сучасні технології відновлення інженерних мереж. Визначено основні ефективні методи прокладки та ремонту інженерних систем та мереж. Здійснено порівняльний аналіз традиційних та сучасних методів відновлення інженерних систем. Наведено чинники, які треба враховувати під час прийняття рішення про ремонт водопровідних мереж безтраншейними технологіями.

Ключові слова: полімерні матеріали, інженерні системи та мережі, трубопроводи, методи безтраншейного відновлення.

Список публікацій магістранта:

1. Данкевич Н.О., Давидюк Д.Л.. Аналіз сучасного стану інженерних мереж та впровадження інноваційних технологій їх ремонту та реконструкції. Abstracts of XV International Scientific and Practical Conference. Varna, Bulgaria. Pp. 194-197. URL: <https://eu-conf.com/events/scientific-fundamentals-of-solving-modern-scientific-problems/>.

ABSTRAKT

Davidyuk D.L. Justification of Modern Methods of Reconstruction and Renovation of Engineering Networks Using Innovative Technologies and Materials

Qualifying final work for obtaining a higher education master's degree in specialty 192 Construction and civil engineering, scientific supervisor N.O. Dankevych. Zaporizhzhya National University, Y.M Potebnya Engineering Educational and Scientific Institute, Department of Industrial and Civil Engineering, 2023.

In the work, an analysis of the water and sewerage system and an assessment of the technical condition, damage and needs for the restoration of engineering networks were carried out. Modern technologies for the restoration of engineering networks are considered. The main effective methods of laying and repairing engineering systems and networks have been determined. A comparative analysis of traditional and modern methods of restoration of engineering systems was carried out. Factors that must be taken into account when making a decision to repair water supply networks using trenchless technologies are given.

Keywords: polymeric materials, engineering systems and networks, pipelines, methods of trenchless restoration.

List of postgraduate publications

1. Данкевич Н.О., Давидюк Д.Л.. Аналіз сучасного стану інженерних мереж та впровадження інноваційних технологій їх ремонту та реконструкції. Abstracts of XV International Scientific and Practical Conference. Varna, Bulgaria. Pp. 194-197. URL: <https://eu-conf.com/events/scientific-fundamentals-of-solving-modern-scientific-problems/>.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
1 СУЧАСНИЙ ТЕХНІЧНИЙ СТАН ІНЖЕНЕРНИХ МЕРЕЖ.....	11
1.1 Оцінка технічного стану, заданої шкоди та потреб відновлення.....	11
1.2 Водопровідно-каналізаційне господарство.....	17
1.2.1 Водопровідно-каналізаційне господарство України.....	17
1.2.2 Водопровідно-каналізаційне господарство Запоріжжя.....	22
1.3 Теплові мережі України.....	25
2 ПРАКТИЧНИЙ ДОСВІД ЗАСТОСУВАННЯ В УКРАЇНІ ПОЛІМЕРНИХ МАТЕРІАЛІВ ПРИ УЛАШТУВАННІ ІНЖЕНЕРНИХ КОМУНІКАЦІЙ.....	26
2.1 Сучасні вироби з полімерних матеріалів для різних сфер застосування.....	26
2.1.1 Поліетиленові вироби.....	28
2.1.2 Вироби із зшитого поліетилену.....	47
2.1.3 Поліпропіленові вироби.....	51
2.1.4 Двошарові профільовані вироби.....	54
2.2 Нові полімерні і комбіновані матеріали.....	57
2.3 Проблеми застосування полімерних трубопроводів.....	64
2.4 Динаміка і перспективи розвитку інженерних комунікацій з полімерів.....	65
3 БЕЗТРАНШЕЙНІ МЕТОДИ БУДІВНИЦТВА І РЕКОНСТРУКЦІЇ ІНЖЕНЕРНИХ КОМУНІКАЦІЙ.....	69
3.1 Актуальні питання використання безтраншейних технологій при будівництво, ремонті і реконструкції підземних комунікацій.....	69

3.2 Оцінка необхідності проведення ремонтних робіт трубопроводів. Вибір методів реконструкції.....	71
3.3 Безтраншейні технології відновлення трубопроводів: релейнінг і реновація.....	74
3.4 Безтраншейні технології будівництва трубопроводів - горизонтальне спрямоване буріння.....	80
3.5 Безтраншейні технології в міських умовах.....	86
3.6 Вимоги до якості і приймання робіт.....	88
3.7 Матеріально-технічні ресурси.....	90
3.8 Охорона праці і техніка безпеки при улаштуванні полімерних трубопроводів.....	90
ВИСНОВКИ.....	96
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	98

ВСТУП

Актуальність теми дослідження: Пошкодження критичної інфраструктури, численні і масштабні аварії трубопроводів щодня негативно позначаються на місцевій флорі, фауні, гідрогеології ґрунтів, фундаментах будівель і споруд, на загальному стані житлового фонду, зокрема, і усієї системи ЖКГ в цілому. Будь-яка реконструкція, ремонт або реформа як локального, так і масштабного характеру може зайти в глуху безвихідь без розгляду в першу чергу питань пов'язаних із станом і реконструкцією інженерних систем. Лєвова частка проблем у галузі ЖКГ так чи інакше пов'язана з незадовільним станом інженерних трубопроводів. Причини, в основному, в моральному і матеріальному зносі трубопроводів, їх недостатньому терміні служби і ненадійності. Відповідно ремонти і спроби відновити такі системи старими способами проблеми не вирішують.

Суть вивчення і вирішення даної проблеми полягає в пошуку надійніших, довговічніших, ремонтопридатних трубопроводів і комплектуючих, зменшенню вартості монтажних робіт, зниженню додаткових витрат, і, як наслідок мінімізація вартості як будівництва(реконструкції), так і подальшого обслуговування комунікацій. А пошук зводиться до аргументованості застосування полімерів у будівництві інженерних комунікацій.

Зрозуміло, дана проблема і пропозиції її рішення не нові як для нашого міста, так і для усієї України, і в цій роботі є присутніми огляди і характеристики перспектив розвитку полімерних систем від ведучих українських і зарубіжних експертів в цій області, журналістів, виробників і дистриб'юторів полімерної продукції.

По сумарних запасах прісної води Україна - серед перших в Європі. Навіть - усупереч тому, що формування водних ресурсів по її регіонах відбувається нерівномірно, і тільки 25% поверхневих вод формується в

територіальних межах країни, тобто - є її власним фондом і гарантованим джерелом водопостачання(ще 75% води поступає з сусідніх держав.

Фактично старі комунікації міст є постійною загрозою життю і здоров'ю мешканцям міст – «мінами» час і місце вибуху яких невідомі. В містах, де стан комунікацій незадовільний, доцільним є уникання місць просідання асфальту автодоріг, асфальту, бруківки тротуарів.

Втрати води в комунальному господарстві внаслідок аварійності комунікацій за останні роки збільшилися майже в 2,5 разу, тоді як використання води для комунальних потреб скоротилося на 10 %. В містах і приміських зонах втрачається щорічно мільярд кубометрів води [3].

Тенденція останніх років є свідченням того, що будівельні організації міст мегаполісів різних країн все більше уваги приділяють питанням використання перспективних безтраншейних технологій ремонту, відновлення та будівництва нових водопровідних мереж.

Головною перевагою безтраншейного методу прокладки трубопроводу є можливість проведення робіт там, де неможливо відрити траншею, а також збереження цілісності родючого шару ґрунту і асфальтового покриття, якщо необхідно прокласти комунікації під автодорогою. Безтраншейний метод скорочує тривалість виробництва робіт і необхідні людські ресурси, підвищує безпеку робіт, а також не вимагає спеціальних конструкцій для кріплення стінок траншей.

Отже, кожен з методів має свої переваги і недоліки, тому для ефективного їх використання необхідно провести комплексну оцінку технологічних параметрів, вартості, області застосування і термінів проведення робіт.

Мета магістерської роботи: провести огляд існуючих передових методів будівництва та реконструкції інженерних мереж, визначити основні позитивні та негативні сторони їх застосування, отримати порівняльну оцінку з аналогічними методами.

Для досягнення поставленої мети в роботі поставлені і вирішені **наступні завдання:**

- 1) Аналіз сучасного технічного стану інженерних мереж;
- 2) Аналіз практичного досвіду застосування полімерних матеріалів при улаштуванні інженерних мереж;
- 3) Оцінка необхідності проведення ремонтних робіт трубопроводів.
Вибір методів;
- 4) Аналіз сучасних методів безтраншейних технологій ремонту, відновлення та будівництва нових інженерних мереж;
- 5) Розробка організаційно-технологічних рішень безтраншейній технології прокладання інженерних мереж (горизонтальне спрямоване буріння);
- б) Визначення техніко-економічних показників при будівництві інженерних системи за допомогою передових технологій та методів у порівнянні з традиційними способами.

Об'єктом дослідження є комплекс інженерних комунікацій та споруд мереж, водопостачання та каналізації.

Предмет дослідження: є сучасні методи безтраншейних технологій ремонту, відновлення та будівництва нових водопровідних мереж, які скорочує тривалість виробництва робіт і необхідні людські ресурси, підвищує безпеку робіт.

Методи дослідження: узагальнення стану питання теми магістерської роботи здійснено на підставі аналізу літературних джерел. В процесі дослідження використовувалися діалектичний метод, історичний і системний підходи, методи індукції і дедукції, класифікації і порівняльних характеристик.

Наукова новизна: обґрунтуванні вибору сучасних методів, розробка техніко-економічних показників при будівництві системи теплопостачання та гарячого водопостачання за допомогою передових технологій та методів у порівнянні з традиційними способами.

Практична цінність: Здійснено аналіз та обґрунтування найбільш ефективних методів безтраншейних технологій ремонту, відновлення та будівництва нових водопровідних мереж, які скорочує тривалість виробництва робіт і необхідні людські ресурси, підвищує безпеку робіт.

Апробація результатів магістерської роботи. Основні положення роботи докладалися в 2023 році на XV International Scientific and Practical Conference «Scientific fundamentals of solving modern scientific problems» (Varna, Bulgaria, 2023р.) за результатами яких опубліковано збірка тез доповідей.

Структура і об'єм магістерської роботи. Магістерська робота складається з вступу, трьох розділів, висновків, списку використаних джерел. Повний об'єм магістерської роботи складає 100 сторінок тексту, у тому числі 19 рисунків, 6 таблиць. Список використаних джерел містить 28 найменувань.

1 СУЧАСНИЙ ТЕХНІЧНИЙ СТАН ІНЖЕНЕРНИХ МЕРЕЖ

1.1 Оцінка технічного стану, заданої шкоди та потреб відновлення

Спеціальні доповіді ООН, останні дослідження Міжнародного інституту використання водних ресурсів (м. Коломбо, Шри-Ланка) з тривогою констатують: людство стоїть на порозі глобальної кризи, пов'язаної з нестачею води, і це сталося на цілих 20 років раніше самих песимістичних прогнозів вчених. Вже зараз третина населення Землі не має доступу до безпечної(екологічно чистою) питної води і вимушена відноситися до неї як до рідкісного скарбу. Особливо гостро стоїть проблема в посушливих регіонах Африки і Азії, в тому числі. - на Близькому Сході, де експерти відмічають «абсолютний дефіцит» і крайню нестачу води. Не все благополучно і в промислово розвинених країнах. Так, Всесвітня організація охорони здоров'я вже б'є тривогу з приводу різкого погіршення якості води в країнах Європи. Сьогодні кожен сьомий європеєць(а в країнах Східної Європи цей показник ще вищий) також не має доступу до екологічно чистої води. «Середньовікові» хвороби - холера, тиф, гепатит «А» і тому подібне - стали повертатися на круги своя[12].

Прикро, але факт; тільки по «водній» причині у світі щороку помирають понад 5 млн. чоло-століття, половина з яких - діти. Це в 10 разів більше середньорічної кількості загиблих на війнах. Якщо проблему залишити без дозволу, то, як вважають фахівці, ситуація з водою до 2050 року може стати катастрофічною, а міжнародні озброєні конфлікти із-за доступу до водних ресурсам - звичайним явищем найближчих часів. Вже зараз вода придбаває статус основного ресурсу, який починає фігурувати в політичному діалозі між країнами і народами. [12,14,15].

Вторгнення Російської Федерації в Україну, яке розпочалося 24 лютого 2022 року, призвело до значних жертв серед цивільного населення та пошкодження інфраструктури, завдавши серйозної людської, соціальної та економічної шкоди. Внаслідок війни, яка триває понад сімнадцять місяців, житлові приміщення та громадська інфраструктура були зруйновані та пошкоджені, громадські послуги та економічна діяльність зазнали перешкод у роботі, а значна кількість українців були переміщені зі своїх домівок[13]..

З урахуванням наслідків війни завдана шкода секторам, охоплених RDNA, оцінюється на рівні близько 97 мільярдів доларів США (рис 1.1). Найбільше постраждали житловий сектор (40 відсотків від загального обсягу завданої шкоди), транспорт (31 відсоток), торгівля та промисловість (10 відсотків). Найбільш постраждалими є Донецька, Луганська та Харківська області, за ними йдуть Київська, Чернігівська та Запорізька[13].



Рисунок 1.1 - Загальний обсяг завданої шкоди станом на 1 червня 2022 року

Загальні збитки становлять майже 252 мільярди доларів США (рис1.2), зазначаючи, що втрати в одному секторі перетікають далі та перетинаються з іншими секторами.



Рисунок 1.2 -Загальний обсяг збитків станом на 1 червня 2022 року

За оцінками Міністерства з розвитку громад і територій України (Мінрегіон) до війни доступ до централізованого водопостачання мали 70 відсотків жителів країни, а доступ до послуг з централізованого водовідведення і водоочищення – близько 50 відсотків. Для такої країни як Україна, яка прагне гармонізувати національні вимоги в секторі СВВ з вимогами Водних Директив ЄС, такий рівень послуг СВВ є відносно низьким; приблизно 10 мільйонів осіб не мають доступу до надійних послуг з водопостачання, а 20 мільйонів позбавлені доступу до послуг з централізованого збору та очищення стічних вод. В доступності водопровідного постачання існує суттєва нерівність між міськими і сільськими регіонами (80 відсотків в містах проти з 34 відсотків в сільській місцевості), так само як і з доступом до змивних туалетів (86 відсотків проти 26 відсотків) та до каналізаційних відводів (75 і 8 відсотків відповідно) [13].

На початку 2000-х років країна розробляла національний план стратегії для сфери водопостачання і водовідведення, який не був ані схвалений, ані реалізований. За цим стратегічним планом потреби в інвестиціях у сектор для забезпечення операційної безпеки систем водопостачання і водовідведення

України оцінювалися в розмірі 4.3-6.5 мільярда доларів США (4-6 мільярдів євро), а досягнення міжнародних стандартів у наданні зазначених послуг потребувало 23.8–28.1 мільярда доларів США (22-26 мільярдів євро). Відтоді жодної деталізованої загальнодержавної оцінки або генерального планування для оновлення цих розрахунків не проводилося. Однак, той факт, що протягом тридцяти і більше років комунальні підприємства СВВ страждали від недостатнього інвестування, а ця ситуація продовжується і донині, коли лише 8 відсотків витрат СВВ спрямовуються на інвестиції, дає змогу припустити, що потреби напередодні війни були навіть більш суттєвими аніж ті, що за оцінками визначалися для стратегічного плану[13].

За інформацією від Мінрегіону, станом на 1 червня найбільш постраждалою інфраструктурою були мережі водопостачання (31 відсоток), мережі збору стічних вод (28 відсотків), водоочисні споруди (18 відсотків), і станції очищення питної води (10 відсотків). Мережі переважно знаходяться під дорогами, які зазнали значних руйнувань під час війни, а очисні споруди розташовані на поверхні, і тому є легкою ціллю.

Втрати води в комунальному господарстві до початку вторгнення російської федерації в наслідок аварійності комунікацій за останні роки збільшилися майже в 2,5 разу, тоді як використання води для комунальних потреб скоротилося на 10 %. В містах і приміських зонах втрачається щорічно мільярд кубометрів води [14].

Окремо треба сказати про витoki і аварійність в системах водовідведення, оскільки ця проблема погрожує стати екологічним лихом як локального, так і масштабного характеру.

Щорічно в річки і водойми України потрапляє близько 4 млрд. кубометрів практично неочищених стічних вод [14]. Гине флора і фауна, втрачають свою привабливість пам'ятники історії і заповідники і, знову ж таки, огорожа води для її підготовки і подання людям робиться з тих же річок і водойм.

На рівні міських ПРЭЖО і ЖЭУ свої сторони медалі цієї проблеми. Витоки води, ГВС, централізованого опалювання і каналізації дають реальну загрозу підмочування фундаментів житлових будинків, що відбивається не лише на конструкціях будівель, але і на тих же комунікаціях. Як наслідок - прискорення аварійних процесів.

Не краща ситуація і в теплопостачанні. Основна кількість трубопроводних систем традиційно складає розгалужені квартальні розподільні теплові мережі і мережі гарячого водопостачання. Причому 5% з них мають термін експлуатації більше 25 років, 25% - 15-25 років. Технічний стан цих мереж частенько у край незадовільно. Теплова ізоляція, виконана з мінеральної вати, практично не виконує свою функцію. Саме на цих мережах втрачається уся економія від комбінованого вироблення тепла, при цьому реальні втрати з урахуванням тепловтрат і витоків теплоносія досягають 30-40% від загального вироблення, пошкодження на цих мережах складає 2-2,5 ушкоджень на 1 км в рік. Усунення одного ушкодження обходиться бюджету в 500-1000 доларів США [14].



Рисунок 1.3 - Стан більшої частини інженерних комунікацій.

Проблемою залишаються також значні втрати електроенергії, пов'язані з діяльністю підприємств водопровідно-каналізаційного господарства в містах

України. Із-за незадовільного стану комунікацій і неоптимальний режим роботи насосних станцій втрачається майже 25 % споживаною підгалуззю електроенергії. До речі, житлово-комунальне господарство в цілому споживає близько 9,0 млрд. кВт-годин / рік електроенергії [14].



Рисунок 1.4 - Слив неочищених стоків населених пунктів і промислових зон в прісні водойми.

Із сказаного видно, що житловий - комунальне господарство України має значний потенціал енергозбереження в системах тепло-, водопостачання і водовідведення, що є на сьогодні більш ніж актуальним для економіки усієї держави. Це позитивний і обнадійливий аспект. Тепер про неприємний, але головний.

Рада Національної Безпеки і Оборони України на своєму засіданні розглядала питання загального стану справ у галузі ЖКГ як один з ключових на повістці. Висновки дуже невтішні: масштабні проблеми житлово-комунального господарства, їх наслідки і найближчі прогнози носять загрозовий характер для безпеки країни.

Аналізуючи загальну ситуацію, пов'язану з катастрофічним станом інженерних комунікацій України, наслідку всіляких аварій, витоків і енерговитрат і, як наслідок, зниження життєздатності галузі ЖКГ,

створюється цілком обґрунтоване враження, що міра зношеності комунікацій наблизився до своєї критичної точки.

Очевидною є потреба в повноцінній і негайній реконструкції існуючих інженерних споруд і комунікацій водо-, теплопостачання, водовідведення заради зниження витрати енергоносіїв, зменшення загальної собівартості продукції, виключення загрози здоров'ю людей і довкіллю, або, принаймні, зведенню її до мінімуму.

Проблема зношеного трубопроводу не має альтернативи - їх все одно доведеться відновлювати або міняти на більше довговічні і надійні. Вказані характеристики, а з ними - підвищені темпи відновних робіт, можуть гарантувати тільки нові прогресивні полімерні матеріали і технології.

За своїми технічними характеристиками полімерні матеріали істотно переважають абсолютно над усіма традиційними аналогами, прості в монтажі і непадвладні корозії, і, найголовніше - термін їх експлуатації, що гарантується, - 50 років! Тобто збільшується надійність і запас міцності мереж, знижується загальна вартість експлуатації трубопроводів, системи розглядаються не лише як життєво необхідні, а і як капітальні, довговічні. [20].

1.2 Водопровідно-каналізаційне господарство

1.2.1 Водопровідно-каналізаційне господарство України

Розгалужене і потужне водопровідно-каналізаційне господарство України зараз переживає нелегкі часи. Загальна протяжність водопровідних мереж складає 127,4 тис. км, з яких 37,6 тис. км з них (35 %) знаходяться в аварійному стані і вимагають заміни. З них аварійними є 11,6 тис. км або 31 %. Щодооби в 454 міста і 783 селища міського типу країни подається близько

7,7 млн. м³ питної води і очищається близько 6,7 млн. м³ стічних вод. Якщо розглянути об'єми роботи в цифрах, то в 2005 році підприємства водопровідно-каналізаційного господарства реалізували населенню близько 1,7 млрд. м³ води. Через очисні споруди пропущені 1,4 млрд. кубометрів стоків. Середньодобове споживання питної води в Україні складає 320 літрів на одного жителя. Але відомо, що значний відсоток підготовленої води втрачається в мережах на шляху до громадян. Об'єми втрат перевищують 30 %, а в окремих випадках досягають 60 % поданої в систему води [14].

Втрати води в комунальному господарстві за останні роки збільшилися майже в 2,5 разу, тоді як використання води для комунальних потреб скоротилося на 10 %. В містах і приміських зонах втрачається щорічно мільярд кубометрів води.

Крім того, аварійні водопроводи - одна з причин поширення інфекцій. Споживання неякісної води провокує хвороби шлунку, кишечника, жовчовивідних шляхів. Зараз ці хвороби стають хронічними значно раніше, ніж 30 років тому. 25 відсотків дітей вже в семирічному віці страждають від хронічних гастритів, холангітів, холециститів. Парадокс - у водорозподільні системи населених пунктів подається очищена і така, що відповідає ДСТУ вода, а споживачі отримують воду вже в житлах не просто неякісну, а потенційно небезпечну для їх здоров'я [14].

Сьогодні у світі відомі близько 25 млн. хімічних сполук, щорічно внаслідок бурхливого розвитку науки в довкілля потрапляє ще до 1,5 млн. нових з'єднань. Це означає, що навіть проведений на високому рівні аналіз якості води не дасть відповіді на питання, чи годиться вона для питва або ні. Відбувається трансформація хімічних сполук, вони взаємодіють між собою, утворюючи принципово нові форми з новими властивостями. Іноді відносно безпечні хімічні речовини разом можуть складати токсичні компоненти. Передбачати, що може статися, неможливо. Усі традиційні підходи знезараження води у світі недосконалі. Хлорування використати не можна: з

отрути отримати хорошу питну воду принципово неможливо - з одного малотоксичного стану переходить в інший, над токсичний.

Централізованим водопостачанням охоплено не більше 75% населення України. По цьому показнику ми одні з останніх(36-е місце) в Європі. З 47 млн. громадян України централізованим водопостачанням користується близько 30-35 млн., водою з колодязів - 11 млн., а понад 800 тис. чоловік(це 1200 сіл 13 південних і східних областей країни) вимушені споживати виключно привозну воду небезпечну для здоров'я. Посилює ситуацію і низький рівень забезпеченості населених пунктів цент-реалізованої каналізацією(відповідні мережі є в 94% міст, 57% селищ міського типу і усього 3% сіл).

Із-за критичного стану наших водопроводу понад 12% проби питної води не відповідають санітарно-гігієнічним вимогам, а понад 5% - бактеріологічним. І це притому, що сьогодні жодна з санітарно-епідеміологічних установ країни не може протестувати воду по всьому переліку нормативної бази (в Україні здійснюють контроль тільки по 54 показникам замість 100, які рекомендує ВООЗ, або 150, прийнятих в Європі).

Особливу тривогу викликає ситуація з водою в сільській місцевості. Централізоване водопостачання є тільки в 25% сіл, причому майже третина сільських водопроводів взагалі не має права функціонувати через відсутність санітарної охорони, комплексу очисних споруд і установок для знезараження. Тому в сільській місцевості в середньому близько 20% проб не відповідають санітарно-гігієнічним вимогам, а більше 7% - бактеріологічним. Якість води з джерел децентралізованого водопостачання не витримує ніякої критики. Інтенсивне використання мінеральних добрив в сільському господарстві - головна причина забруднення підземних горизонтів і поверхневих водойм, куди з сільськогосподарських угідь щорічно потрапляє 11 млн. т гумусу, 0,4 млн. т фосфору, 7 млн. т калію і тому подібне[12,14,15].

Нинішній стан ВКХ - це, по суті, розплата за безгосподарність, далекоглядність і надмірне захоплення сталевими трубами в недалекому минулому. Відомо, наприклад, що ще в 1990-му - колишній СРСР гордився

лідерством у виробництві і споживанні сталевих труб, кількісні показники якого перевищували сумарну доля всього іншого світу. Не дивно, що саме ці труби складають сьогодні основу діючих інженерних мереж вітчизняного ВКХ, адже їх протяжність разом з меліоративними, відомчими і іншими трубопроводами - близько 300 тис. км. Взявши до відома, що середній термін нормальної експлуатації сталевих трубопроводів - 10-15 років, не важко уявити собі їх нинішній стан. Принаймні, спеціалісти вважають, що близько 60% усіх комунальних мереж України вже вичерпали свій амортизаційний термін і вимагають ремонту або заміни. Зрозуміло, що існують це одночасно - «непідйомне» для держави справа, А звідси - майже все наші водопровідно-каналізаційні проблеми.

По-перше, якість питної води, що постійно погіршується, з систем централізованого водопостачання. Знаючи про схильність сталевих трубопроводів швидко кородує заростати і «створювати умови» бактеріям, не складно догадатися, чому прогресує така небезпечна тенденція. Відповідь однозначна: втрата якості питної води відбувається, головним чином, під час її транспортування по «трубопроводах», і те, що з однієї водоочисної станції різні споживачі частенько отримують дуже різну воду - зайве підтвердження сказаному[12,14,15].

Ще небезпечніші і непередбачувані наслідки зумовлені переривчастим характером централізованої водо подачі (56,3% українських міст з населенням понад 100 тис. чоловік споживає воду по графіку, а Україна в цілому п'є воду =19 з 24 годин на добу). Вакуум, який утворюється в трубопроводах при перервах подання води, через наскрізну нещільність засмоктує всередину навколишній ґрунт і ґрунтові води, а з ними - з'єднання важких металів і інших хімічних речовин. Таким чином, зводиться нанівець робота багаточисельних фільтраційних споруд на станціях водо підготовки, тобто - відбувається грандіозне марнотратство на шкоду людському здоров'ю. Адже вода, як встановили учені, безпосередньо впливає на структуру ДНК людини, стан якої визначає тривалість життя. І якщо людина впродовж тривалого часу вживає

воду, що містить шкідливі речовини, їх негативна дія неминуче позначиться на здоров'ї послідуєщих поколінь.

Склалася парадоксальна ситуація: ми говоримо про погіршення якості питної води, загрозливої масштаби забруднення джерел, і в той же час констатуємо, що кількість промислових скидань за останнє десятиліття-півтора зменшилося (колишні гіганти індустрії простоюють), а очисні споруди задіяні ледве на поло-провину їх проектної потужності.

Найбільшими і запеклими забрудниками водних об'єктів є саме підприємства нашого «хворого» житлово-комунального господарства, і чим більше вони деградуєть - тим сильніше позначається це на природі і людях. За попередніми підрахунками, близько 40 водопровідних очисних споруд країни вимагають сьогодні модернізації. Поки ж їх експлуатація нагадує щоденне катання багатолюдним містом на важкому грузовику: можна, але складно, незручно, не вигідно. Для наочності уявимо величезний резервуар з очищеною водою, яку раніше споживали за 2-3 дні, а тепер - за місяць, Про яку якість води можна говорити під кінець цього періоду? Те ж саме - «прив'язані» до нього трубопроводи дуже великих діаметрів, де розрахункова швидкість подання води складала колись 1 м/сек. Проте, нещодавно проведенні в них виміри здатні приголомшити кого завгодно, адже гідравлічна швидкість тепер - 0,5 мм/сек., тобто - в 2000 разів менше за проектну. Коли ж дійде до споживача ця стояча, по суті, вода і чи доречна буде взагалі оцінка її якості?

Втім, якість питної води - важлива, але не єдина проблема галузі. Останнім часом їх кількість все частіше поповнюють загрози екологічного характеру - зокрема, підтоплення земель. Безумовно, позначаються тут огріхи промисловості(особливо - закриття гірничодобувних підприємств методом їх «мокрої» консервації), сільського господарства(занедбаність «колгоспних» систем дренажу) та ін. антропогенні чинники. Але перший і головний з них - постійне збільшення втрат води при її транспортуванні до споживача. Тільки у комунальних системах централізованого водопостачання Україна в

середньому «офіційно» втрачає 31% вже підготовленої, очищеної питної води. Адже є ж і такі «славні» міста, де втрати води складають 60-70%. При таких втратах тільки завищені нормативи можуть гарантувати, що до споживача дійде хоч би необхідний європейський мінімум. Втрачена вода не повертається прямо в доступні поверхневі джерела, звідки ми її переважно беремо(щорічна огорожа в Україні складає 12,3% ресурсів річкового стоку, тоді як 10% -а огорожа є критичною рисою, перевищення якої порушує процеси самовідновлення водних екосистем). Вона поповнює підземні води, які наше комунальне господарство в силу фінансово-економічних міркувань використовує якраз недостатньо(не більше 20-30% ресурсу). В результаті такого господарювання в деяких місцях учені фіксують середньорічне підвищення рівня ґрунтових вод на 0,3-0,5 м, а цілі населені пункти і регіони центральної України вже зараз починає підтоплювати [20].

1.2.2 Водопровідно-каналізаційне господарство Запоріжжя

Запорізьке державне комунальне підприємство «ВОДОКАНАЛ» - одне із старих в місті - відмітило в 1994 році свій 100-річний ювілей. Окрім обласного центру з його майже мільйонним населенням і великою кількістю великих підприємств важкої індустрії, складний комплекс господарства забезпечує питною водою ще 4 сільські райони. Щодоби дві Дніпровські водопровідні станції(ДВС-1 і ДВС-2), що структурно входять до його складу, готують і подають споживачам до 500 тис. кубометрів питної води, а центральні очисні споруди Лівого і Правого берега(ЦОС-1 і ЦОС-2) очищають до 400 тис. кубометрів господарче-побутових стоків.

Загальна протяжність водопроводу і каналізаційних мереж складає три тисячі кілометрів, з яких водопровідна мережа-1900 км. [20].

Міра зношеності водопровідних труб Запоріжжя перевищує 60 %, а чавунні «старійшини» в старій частині міста досі служать йому з 1926 року.

Кожен житель Запоріжжя, згідно встановлених міськвиконкомом норм, нібито щодоби споживає 260 л холодної питної води (хоча за європейськими стандартами одному городянинові цілком вистачає і 150). У перерахунку на мільйонне населення це складає 260 тис. кубометрів. Ще 73 тис. споживає промисловість, аграрний сектор, бюджетні організації. Разом - 333 тис. кубів. Але Водоканал твердить, що подає 400-500 тис., а це означає, що щодоби «пропадає» казна-де від 67 до 167 тис, кубометрів води — норма споживання великого європейського міста. Очевидно - втрати води колосальні, що веде до дуже проблемних наслідків в системах ЖКГ. Витоки води, ГВС, централізованого опалювання і каналізації «підмочують» фундаменти житлових будинків, що відбивається не лише на конструкціях будівель, але і на тих же комунікаціях. Як наслідок - прискорення аварійних процесів. Та ж ситуація і стосовно внутрішніх систем водопостачання і водовідведення. В основному інженерні комунікації прокладені по підлозі і стінам підвалів житлових будинків і, знаходячись в аварійному стані, не лише провокують опади будівель і ушкодження комунікацій, але і створюють реальну загрозу спалахів різних інфекційних захворювань внаслідок попадання фекальних вод в дір'яві трубопроводи подання питної води.

Звичайно ж, не доводиться списувати такі об'єми тільки на витоки, бо в цьому випадку Запоріжжя давно перетворилося б на Венецію. Велику роль в такій різниці грає система обліку споживання води, яка досить нова, діє не більше 10 років, вживана техніка - цілком сучасна. Але для того, щоб повністю контролювати розподіл води, відстежувати і оперативне усувати її витоки, потрібні в 10-20 разів більше таких приладів [20].

Як видно з короткого огляду технічного стану мереж водопостачання та водовідведення Запоріжжя - у край потрібна серйозна реконструкція систем і впровадження сучасних приладів обліку витрати.

У 1999-му Запоріжжю був виділений кредит Європейського Банку Реконструкції і Розвитку на суму 28 млн доларів. Програма ЄБРР була спрямована, в першу чергу, на поліпшення екологічного стану басейну річки Дніпро, яке істотно погіршало після чорнобильської катастрофи 1986 року.

Спочатку Кредитною угодою була обумовлена тільки закупівля поліетиленових труб, необхідних для заміни 60-65 км але ні відповідного устаткування, ні досвіду роботи з новими матеріалами запорожці не мали.

Першу запорізьку лінію з поліетилену протяжністю 2 км і діаметром 120-150 мм, що в правобережному житломасиве Бабурка. А роком пізніше у разі єдиного застосування методу протягання при відновленні залізобетонного каналізаційного колекторе в Хортицькому мікрорайоні використовувалися труби із скловолокна, армованого епоксидною смолою. Тому на гроші виділеного кредиту було відновлено близько 30 км водопроводу.

У іншому, як відомо, бурхливі роботи по заявленій спочатку реконструкції мереж помічено не було.

Проблеми, пов'язані з незадовільним станом усієї водопостачальної системи, що водовідведення, тільки примножуються, а застосування полімерних трубопроводів у будівництві водоводів розвивається Водоканалом украї повільно [14,20].

У вищесказаному не важко помітити, що проблеми стоять перед нашим містом відносно стану інженерних комунікацій, в принципі, ті ж, що властиві і усій Україні. Зрозуміло, і виведення слідують ті ж: життєве потрібна капітальна реконструкція існуючих мереж або будівництво нових, але із застосуванням матеріалів і технологій, які істотно збільшать термін їх служби і надійність.

Такі матеріали і технології в Україні застосовуються вже не перший рік, але є сенс представити як найповніший аналітичний огляд усього ринку цієї продукції з практичними прикладами застосування і наведенням техніко-економічних показників, порівнянь різних матеріалів і технологій, при особливій актуальності на сьогодні даних проблем в масштабі усієї країни.

1.3 Теплові мережі України

На підприємствах комунальної теплоенергетики експлуатується близько 14 тис. котельнь. Їх сумарна потужність складає близько 70,5 тис. Гкал/рік, а підключене теплове навантаження - понад 49 тис. Гкал/рік. Підприємства по теплопостачанню завантажені лише на 70 %, що позначається на собівартості зробленої продукції. Значна частина котлів має низький ККД, 22 % техніка експлуатується вже більше 20 років. Протяжність теплових мереж в двотрубному численні складає більше 21,7 тис. км, у тому числі із заздальгідь теплоізольованими трубами - тільки 854 км або 3,9 %. Малонадійними і аварійними вважається 2434,3 км або 11,2 % трубопроводів(плакат 1, діаграма 1). Реальні втрати з урахуванням тепловтрат і витоків теплоносія досягають 30-40% від загального вироблення, пошкодження на цих мережах складає 2-2,5 ушкоджень на 1 км в рік.

Усе це заподіює величезні витрати теплової енергії, які протягом року складають понад 13 млн. Гкал(11 % об'ємів випущеної теплової енергії). У перерахунку на природний газ втрати перевищують 2,1 млрд. м³ або 15 % його загального споживання галуззю[12,14,15].

Яскравий приклад того, до чого може привести занедбаність інженерних мереж, показав усім сумний досвід Алчевська зими 2005-2006 г.г. Молоде місто Луганщини стало епіцентром найбільшої аварії в системі теплопостачання за роки незалежності України. З 840 багатоповерхових житлових будинків без тепла в 30-градусні морози виявилось 337 будинків, 8 шкіл і 13 дитсадків. Техногенне лихо вивело з ладу усю міську систему теплопостачання, узявши в заручники понад 100 тисяч людей [15].

2 ПРАКТИЧНИЙ ДОСВІД ЗАСТОСУВАННЯ В УКРАЇНІ ПОЛІМЕРНИХ МАТЕРІАЛІВ ПРИ УЛАШТУВАННІ ІНЖЕНЕРНИХ КОМУНІКАЦІЙ

2.1 Сучасні вироби з полімерних матеріалів для різних сфер застосування

На сьогодні на українському ринку представлений досить широкий вибір сировини, матеріалів, конструкцій і комунікацій з полімерів. При чому досить велика частина з них - вітчизняного виробництва, і її об'єм постійно збільшується.

Європейські країни ще в середині минулого століття стали активно впроваджувати полімерні технології у будівництво, у тому числі і інженерних систем, саме із-за багатьох позитивних властивостей пластмас по відношенню до існуючих матеріалів. Керівництво радянської держави не бачило причин підтримки і розвитку застосування полімерів в цій галузі. Як наслідок застосування недовговічних матеріалів - незадовільний стан розгалужених систем водо-, газо-, теплопостачання, водовідведення по всій країні, при будівництві яких, в основному, застосовувалися матеріали з недостатнім запасом надійності і відносно недовгим терміном служби[19]..

Йдеться про металеві і чавунні трубопроводи, які займали левову частку будівництва інженерних систем в радянську епоху. Не дивлячись на позитивні властивості металу і чавуну - висока міцність, нормальна робота як під землею, так і на поверхні, стійкість до механічних ушкоджень, високий робочий тиск, вони володіють і рядом негативних характеристик, які погіршують працездатність мереж і знижуючи їх надійність і термін служби. А саме: велика вага і незручність в транспортуванні, складність монтажу і контролю стиків, кородування, нестійкість до хімічно-активних речовин і вологості,

прямолінійність монтажних відрізків. Наслідком цих чинників є потреба у важкій техніці, КІП, необхідність додаткового захисту трубопроводів від корозії і блукаючих струмів, що, відповідно відбивається на трудомісткості, додаткових витратах і збільшенню загальної вартості будівництва.

Разом із сталевими і чавунними, широке поширення отримали за радянських часів азбестоцементні і бетонні трубопроводи. Азбестоцементні труби застосовуються, в основному для прокладення технічних мереж, захисту кабелів зв'язку і електрики і для інших допоміжних цілей. Бетонні - в основному при облаштуванні каналізаційних колекторів.

Поширення дещо у меншій мірі отримали керамічні, полівінілхлоридні (ПВХ) труби і труби з різних поліестерових смол.

Порівняльна характеристика(рис 2.) дає наочне уявлення про перевагу полімерних і керамічних трубопроводів над іншими по механічній стійкості внутрішніх поверхонь до стирання[1]..

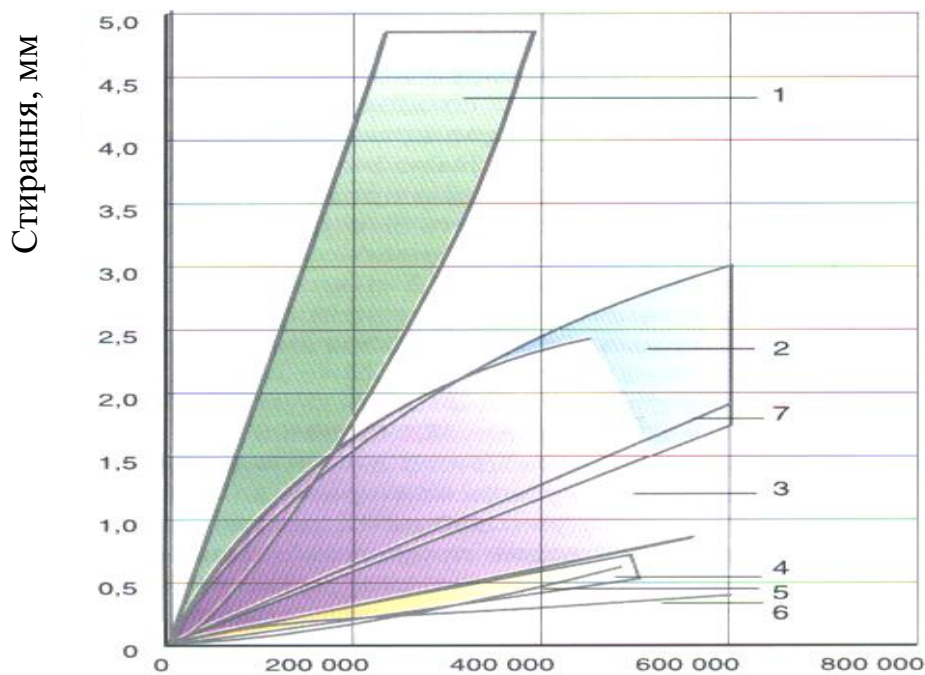


Рисунок 2.1 - Порівняльна характеристика трубопроводів по механічній стійкості внутрішніх поверхонь до стирання: 1. – труби азбестоцементні; 2- труби з поліестерових смол; 3- бетонні труби; 4- труби ПВХ; 5- керамічні труби; 6- труби з поліетилену високої щільності; 7- сталеві труби.

Це не єдиний, але один з основних позитивних показників даних трубопроводів. Гладкі внутрішні поверхні труби не лише перешкоджають зносу матеріалу, але і значно полегшують транспортування енергоносія. Швидкість руху енергоносія не лише не втрачається за рахунок зменшення опору тертя, але і зростає, сприяючи збільшенню пропускної спроможності мережі трансляції. Як наслідок - явна перевага вже на стадії проектування: закладається трубопровід з меншим умовним проходом, але з тією ж, а нерідко і з підвищеною пропускною спроможністю усієї системи.

Мала вага, простота транспортування і монтажу і певна міцність, роблять полімерні трубопроводи недосяжними за своїми показниками з конкурентами, у тому числі і з близькими по стираності, але важкими і крихкими керамічними трубами.

2.1.1 Поліетиленові вироби

Вирішальним чинником стали техніко-економічні переваги застосування поліетилену : можливість отримання труб і малого(10 мм), і великого(1200 мм) зовнішнього діаметру, гнучкості, зварюваності труб різними способами(зварювання нагрітим інструментом в стик і в раструб, а також терморезисторним зварюванням і так далі), стійкість до довготривалих гідравлічних навантажень і тріщиноутворень.

Змінюючи молекулярну структуру поліетилену, виробники отримали можливість створювати спеціальні марки, призначені для виробництва напірних труб, - композиції поліетилену типу ПЕ 80 і ПЕ 100, тобто марки, у яких властивості полімеру розкриваються повною мірою. Більшою мірою переваги труб є наслідком термопластичної природи самого поліетилену(ПЕ), проте в деяких випадках саме термопластичність накладає певні обмеження на застосування їх, наприклад, у випадках високих температур(більше 60°C).

Окрім перерахованих переваг ПЕ труб, велике значення має збільшення пропускної спроможності поліетиленових трубопроводів в порівнянні із сталевими за рахунок меншої величини показника шорсткості поліетилену.

До того ж, внутрішня поверхня ПЕ газопроводу з часом стає ще гладшаю внаслідок набрякання граничного шару полімеру в газі. Це створює ефект еластичності і тим самим знижує опір руху газу. Пропускна спроможність ПЕ труб через певний час експлуатації стає ще більший за рахунок характерного для поліетилену явища «повзучості». За перші десять років експлуатації збільшення складає 1,5%, а за усі інші - до 3%.

Поліетилен - найпопулярніший матеріал, без якого важко уявити сучасне життя людини. Його повсюдне використання пояснюється невисокою ціною виробів, наявністю цілого ряду корисних якостей і універсальністю застосування. Найбільш затребувані труби з цього матеріалу. Залежно від технологічних способів виробництва, отримують продукцію різного призначення[19].

Попит на труби з різних марок поліетилену існує в багатьох областях промисловості, сфері комунального господарства і побуті. Їх використовують для:

- споруди напірного і безнапірного водопроводу;
- транспортування рідкого палива і хімічних компонентів;
- пристрою газових магістралей і каналізаційних систем;
- в якості захищеного каналу для електричних і телекомунікаційних мереж.

Напірні поліетиленові труби марки ПЕ-100 для подачі води, що відповідають вимогам ДСТУ EN 12201-2:2018.

Абревіатура ПНД (поліетилен низького тиску) не має ніякого відношення до якісних характеристик матеріалу. Труби ПНД використовують для магістралей напірного водопроводу або транспортування газових середовищ під тиском, тоді як вироби ПВД (поліетилен високого тиску)

придатні частіше для безнапірних систем. Позначення вказує на технологічні особливості виробництва і тип сировини.

Маркування ПЕ-100, ПЕ-80, SDR, PN6, PN10. Цифри після літерного позначення матеріалу означають його щільність, яка безпосередньо пов'язана з міцністю і вагою виробів, і відповідно визначає сфери використання. Перші труби з поліетилену мали цифровий індекс 32, характеристики не дозволяли застосовувати їх для магістралей навіть під невеликим тиском. Наступне покоління виробів - ПЕ 63, мають обмежені міцності, хоча в приватних будинках їх іноді встановлюють для подачі води з колодязя або свердловини і для систем поливу[14,19].

Для ПЕ 80 обмежень істотно менше: характеристики виробів дозволяють застосовувати їх для спорудження водопроводів зовні і всередині приміщень. Вони мають високі показники міцності, тому підходять для напірних систем холодного водопостачання. При прокладанні зовнішньої ділянки потрібен захист від низьких температур у вигляді теплоізоляції.

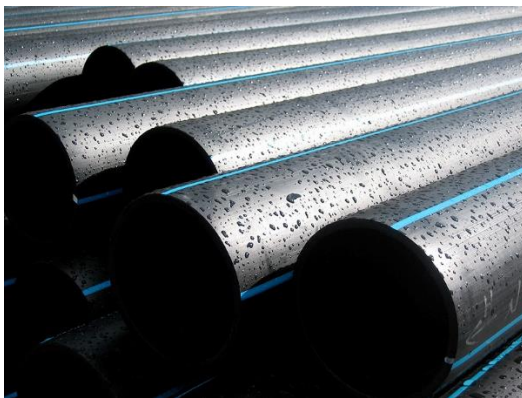


Рисунок 2.2 – Труби поліетиленові

Для водопроводів і газопроводів високого тиску випускають труби марки ПЕ 100. На відміну від своїх аналогів з більш низькою щільністю вони мають кращі показники за такими характеристиками:

- межа плинності;
- стійкість до внутрішнього тиску при різних температурах;

- поширення тріщин.

SDR. Латинські букви SDR, і наступні за ними цифри, застосовуються для характеристики міцності і маси. Числове значення - це відношення діаметра (зовнішнього) до товщини стінки: чим менше індекс SDR, тим важче і міцніше труба. Таке твердження справедливе для категорій з однаковим показником щільності. Наприклад, ПЕ 100 SDR 21 легша і менш міцна, ніж ПЕ 100 SDR 17.

PN6 і PN10. Європейські виробники маркують вироби з жорсткого поліетилену буквами PN, які позначають величину робочого тиску середовища, що при 20 С. В якості одиниць виміру використовуються бари, 1 бар приблизно дорівнює 1 атмосфері. Для поліетиленових труб показники робочого тиску мають інтервал від 2,5 до 25 бар.

Самостійно визначити величину PN можна по таблиці, якщо знати марку матеріалу, а також зовнішній і внутрішній діаметри.

Види і діаметри ПЕ труб для зовнішнього водопроводу. Міжнародні стандарти визначають зовнішній діаметр для продукції з поліетилену в інтервалі від 10 до 1200 мм. Відповідність товщини стінок і діаметра, виражене коефіцієнтом SDR, визначає можливості трубопроводу до опору внутрішньому і зовнішньому тиску.

Для подачі питної холодної води або транспортування харчових рідин використовують ПНД-вироби, промарковані синіми смугами, або повністю синього (блакитного) кольору. Підбір внутрішнього діаметра обумовлений тиском в мережі, пропускною спроможністю і кількістю споживачів, міцності повинні враховувати вплив ґрунту[14,19].

Найбільш популярним матеріалом при влаштуванні зовнішнього водопроводу вважається ПЕ 80, ця марка найбільш збалансована за ціною і якістю, а з урахуванням того, що поліетиленові магістралі здатні витримувати кілька циклів заморожування без особливого збитку, їх застосування - оптимальний варіант.

При організації холодного водопостачання приватного будинку або котеджу вибір діаметра визначається довжиною магістралі:

- до 10 метрів - 25 мм;
- до 30 метрів - 32 мм;
- понад 30 метрів - 38 мм.

Ці співвідношення мають невеликий запас в бік збільшення, так як навіть магістраль з діаметром 20 мм може забезпечити водою 10-метрова ділянка.

Таблиця. 2.1 - Товщини стінок і робочий тиск залежно від типу поліетиленової сировини

d n		Максимальний робочий тиск води при 20 °С, атм											
окл.	max	2,5		4,0		6,0				10,0			
		ПНД	ПВД	ПНД	ПВД	ПНД	ПВД	80	100	ПНД	ПВД	80	100
20	0,3	-	-	-	-	-	2,2	-	-	2,0	3,4	-	-
25	0,3	-	-	-	2,0	2,0	2,7	-	-	2,3	4,2	2,0	-
32	0,3	-	2,0	-	2,4	2,0	3,5	-	-	3,0	5,4	2,4	2,0
40	0,4	-	2,0	2,0	3,0	2,3	4,3	2,0	-	3,7	6,7	3,0	2,4
50	0,5	-	2,4	2,0	3,7	2,9	5,4	2,4	2,0	4,6	8,4	3,7	3,0
63	0,6	2,0	3,3	2,5	4,7	3,6	6,8	3,0	2,5	5,8	10,5	4,7	3,8
75	0,7	2,0	3,6	2,9	5,6	4,3	8,1	3,6	2,9	6,9	12,5	5,6	4,5
90	0,9	2,2	4,3	3,5	6,7	5,1	9,7	4,3	3,5	8,2	15,0	6,7	5,4
110	1,0	2,7	5,3	4,3	8,2	6,3	11,8	5,3	4,2	10,0	18,4	8,1	6,6
125	1,2	3,1	6,0	4,9	9,3	7,1	13,4	6,0	4,8	11,4	20,9	9,2	7,4

Поліетилен класу ПЕ 100. Переваги і недоліки. До недавнього часу сфера застосування ПЕ 100 була обмежена газовими трубами.

Дійсно, тут перевага ПЕ 100 незаперечно, особливо там, де живуть за світовими і європейськими законами, тобто випробовують газові труби на швидку тріщину і дотримуються коефіцієнта запасу міцності не менше 2.

Високі показники стійкості до повільного поширення тріщин мають істотне практичне значення(плакат 3, діаграма 2). Застосування труб з ПЕ 100

дозволяє уникнути ушкоджень в процесі складування, транспортування, розвантаження, а також при укладанні безтраншейними методами або у вузьких траншеях.

Застосування ПЕ 100 практично унеможливорює швидке поширення тріщин в трубопровідних системах незалежно від кліматичних умов експлуатації[18,20].

Насправді в 15-річній історії ПЕ 100 водяних труб зіграли і продовжують відігравати важливу роль. У 1988-89 роках труби з ПЕ 100 пройшли апробацію найбільших водопровідних компаній континентальної Європи і Великобританії. У 1991 р. з труб, виготовлених з синього ПЕ 100, була побудована водопровідна мережа Олімпійського села у Барселоні. У 1996 р. труби з чорного ПЕ 100 були використані для системи подання води для пожежогасінні в найбільшому в Європі роттердамском порту(діаметр 710 мм), а в 1997 р. - для мереж водопостачання і каналізації декількох районів Лісабона. У 1997 р. виробництво труб з ПЕ 100 стартувало в Японії. У 1998 р. 70-кілометровий водоводів на 10 панів був побудований в Данії з подібних труб діаметром 400 мм для водопостачання міста Есбьєрга. У тому ж році був завершений грандіозний проект будівництва нового водопроводу в м. Палермо(о. Сицилія, Італія), в ході реалізації якого було укладено більше 1000 км труб з ELTEX TUB 121 діаметром 40-500 мм. І це лише найбільш масштабні проекти, реалізовані із застосуванням труб з ПЕ 100 для водопостачання впродовж перших 10 років його життя.

У останні 5 років використання ПЕ 100 для труб холодного водопостачання стало в Європі звичайним явищем. Чорні з синіми смугами(чи цілком темно-сині на відміну від блакитних з ПЕ 80) труби, як правило, великого діаметру з ПЕ 100 все частіше знаходять застосування при будівництві найбільш відповідальних, престижних об'єктів.

У Західній Європі 70-х років потребу в розробці поліетилену нового покоління(ПЕ 80) ініціювало саме зростання числа аварій на водопроводах із-за недостатньо високої стійкості ПЕ 63 до повільного поширення тріщини.

Проте, навіть в країнах СНД, де споживач не хоче, а найчастіше не може переплачувати за якість, застосування ПЕ 100 для труб мереж холодного водопостачання і напірної каналізації у ряді випадків виправдане не лише технічно, але і економічно.

На відміну від ринку газових труб, де доля ПЕ у будівництві нових газорозподільних мереж практично досягла 100%, на ринку водяних труб як і раніше сильні позиції чавуну і ПВХ, і чим далі на схід, тим сильніше. Хоча тенденція очевидна: застосування ПЕ труб за 9 років виросло тут з 50 до 70%.

Із понад 1 млн. т труб з ПЕ, що випускаються в Європі, на долю труб для подання води(холодне водопостачання, не рахуючи внутрянки, каналізації, іригації і дренажу) припадає близько 50%, і домінують тут напірні труби.

Застосування ПЕ 80 росте тільки в Східній Європі, а в Західній Європі воно падає. Але, враховуючи інтеграційні процеси, така тенденція незабаром торкнеться також країн Східної Європи. І, рано чи пізно України, де темпи зростання застосування напірних труб для холодного водопостачання значною мірою визначатимуться не глобальною тенденцією, а місцевими чинниками.

А саме:

- термінами припинення випуску ПЕ 63 вітчизняними виробниками;
- встановленням єдиного митного простору;
- термінами реалізації планів створення виробництва ПЕ 100;
- закупівлею високопродуктивних ліній по випуску труб діаметром 400-1500 мм.

Переваги ПЕ 100 для виготовлення водяних труб :

Технічні і економічні переваги ПЕ 100 порівняно з ПЕ 80 і ПЕ 63 визначаються, передусім, його більш високою мінімальною тривалою міцністю(MRS 10 МПа проти, відповідно, 8 і 6,3), яка забезпечує можливість зменшення при заданому робітнику тиску товщини стінки труби, а, отже, витрати полімеру на виготовлення і маси труби. При цьому збільшується поперечний переріз труби. Ці два чинники визначають зниження виробничих,

транспортних і експлуатаційних витрат по ряду параметрів, які легко розраховуються для кожного конкретного випадку.

Таблиця 2.2 - Відношення зовнішнього діаметру до товщини стінки(SDR), максимальний зовнішній діаметр(E') і максимальний робочий тиск(у барах) водяних труб з різних ПЕ(згідно ISO 4427 і EN 1555-1:).

ПЕВП	SDR 26	SDR 17	SDR 11	SDR 9	SDR 7.4
ПЭ 63	4	6	10	12,5	16
ПЕ 80	5	8	12,5	16	20
ПЕ100	6	10	16	20	25
E ¹ , мм (не більше)	1600	1000	710	630	500

Оскільки SDR 13,6, при якому труба з ПЕ 80 може працювати при тиску 10 панів - екзотика, зниження витрати полімеру і підвищення пропускної спроможності труби при найбільш ходовому робочому тиску 10 панів за рахунок застосування ПЕ 100 замість ПЕ 63 складуть ті ж 33% і 16%, як і при заміні їм ПЕ 80. Та все ж 1 погонний метр водяної труби з ПЕ 63 обходиться споживачеві дешевше, оскільки різниця в ціні імпортного ПЕ 100 і місцевого ПЭ 63, як правило, перевищує 40%. Проте грамотний споживач виходить з ціни укладеної труби. Взагалі, якщо порівнювати за цим критерієм різні полімерні труби і чавунні те, видно, що для усіх діаметрів в Європі найдешевшими будуть труби з ПВХ.

До 200 мм найдорожчі труби - чавунні, але чим більше діаметру, тим менше у вартості укладеного метра відносна доля витрат на їх монтаж. При діаметрі труби 250 мм чавун наздоганяє ПЕ 80, тоді як ПЕ 100 залишається дешевше до діаметру 400 мм. Та ж залежність дотримується і при порівнянні вартості 1 м³ перекачуваної по цих трубах води.

Але це зовсім не означає, що при діаметрах вище 400 мм полімерні труби взагалі і труби з ПЕ 100 зокрема виявляються апріорі неконкурентоздатними в порівнянні з чавунними. Якими міркуваннями керуються найбільші

водопровідні компанії, віддаючи перевагу ПЕ 100, буде показано нижче на прикладі конкретних реалізованих проектів. Але спочатку нагадаємо:

Таблиця 2.3 - Основних вимог до властивостей водопровідних ПЕ труб, прописані в європейському(EN 12201) і міжнародному(ISO 4427) стандартах

Класифікація за MRS(ISO TR 9080)	ПЭ 80/8	ПЭ 100/10
Час до початку окислювальної деструкції(200 ⁰ С)	Більше 20 мін	Більше 20 мін
Стійкість до повільного поширення тріщин на трубах з надрізом(80 ⁰ С) EN3479	4,0 МПа/165 година	4,6 МПа/165 година
Випробування на гідростатичний тиск(20 ⁰ С)	10 МПа/100 година	10 МПа/100 година
Випробування на гідростатичний тиск(80 ⁰ С)	4,6 МПа/165 година 4,0 МПа/1000 ч	5,5 МПа/165 ч 5,0 МПа/1000 ч
Стійкість до швидкого поширення тріщин, 0 ⁰ С(метод S4, для труб d більше 250 мм або при MOP більше 10 панів)	Рс більше 20/2,4	Рс більше 25/2,4
Коефіцієнт запасу міцності, не менше	1,25	1,25

Українські ДСТУ на труби для подання холодної води в цілому відповідають міжнародним(на відміну від нормативів на газові труби). Єдина істотна відмінність в тому, що і тут випробування на швидку тріщину доки факультативне, та і чи важливий в принципі цей критерій для водяних труб? Західні експерти відповідають на це питання ствердно: хоча температура води завжди вище 0⁰С, але в трубі, як правило, бувають так звані повітряні кишені, що робить її в умовах низьких температур навіть більше уразливою, ніж газу.

Взагалі, якість і міцність труб для питного водопостачання не менш важливі, чим для труб газорозподільних мереж. Звичайно, наслідки витoku газу можуть бути руйнівними, але попадання у воду через розриви в трубах високотоксичних речовин або хвороботворних мікробів може привести до ще масштабнішої катастрофи. В цьому відношенні надзвичайну цінність представляє можливість зварювати ПЕ труби встик або електромуфтами, що забезпечує створення повністю герметичної системи, що виключає витoki. За

даними шведських експертів, на водопроводах з полівінілхлоридних труб, що сполучаються за допомогою клею, витоки трапляються в 3-6 разів частіше.

Якщо при виборі труб великого діаметру замовник віддав перевагу поліетилену, то ПЕ 100 і тут виявляється прийнятне, оскільки труба меншої товщини зварюється набагато швидше. Крім того, хоч і вважається, що максимальна товщина ПЕ труби може досягати 65 мм, але практично, із-за труднощів з теплозніманням при екструзії(охлажденні) труби, її товщина обмежується 55 мм. Таким чином, зовнішній діаметр труб з ПЕ 63 і ПЭ 80, розрахованих на 10 панів, зазвичай не перевищує відповідно до 710(при SDR 11) і 850 мм(при SDR 13,6), тоді як при такому тиску діаметр труб з ПЭ 100 може досягати 1000 мм. До того ж спеціальні марки ПЕ 100 з ПТР 0,18-0,3 г/10 хв. дозволяють уникнути «саггинга» - стікання композиція після вихід з голівка, призводить до потовщення труба в нижній її частина. Щоб уникнути цього дефекту при переробці ПЭ 80, потрібно незвичайне уміння.

Розглянемо конкретний приклад. Початкові параметри:

- внутрішній діаметр, не менше - 700 мм
- робочий тиск, не більше 10 панів
- коефіцієнт запасу міцності, не менше - 1,5.

Таблиця 2.4 - Розрахункових показників труб.

Клас ПЕ	ПЕ 63	ПЕ 80	ПЕ 100
SDR	11	13,6	17
Внутрішній діаметр, мм	736,4	767,8	705,2
Зовнішній діаметр, мм	900	900	800
Товщина стінки, мм	81,8	66,1	47,4
Можливість екструзії	не можна	важко	легко

Іноді вирішальним чинником вибору на користь ПЕ 100 виявляється підвищена гнучкість тоншої труби, як це сталося в 1995 р. при проєктуванні водопроводу в р. Мелен біля Парижу, коли 5-кілометровий водопровід

потрібно було прокласти навколо стіни старовинного замку складного контуру у вузькому просторі між стіною і шосейною дорогою. Початкові параметри:

- внутрішній діаметр, не менше 325 мм
- робочий тиск, не більше 16 панів
- коефіцієнт запасу міцності, не менше — 1,25.

Таблиця 2.5 - Розрахункових показників труб

Клас ПЭ	ПЕ 63	ПЕ 80	ПЕ 100	ПЕ 100
SDR	7,4	9	11	11
Внутрішній діаметр, мм	327,0	349	327,4	368,2
Зовнішній діаметр, мм	450	450	400	450
Товщина стінки, мм	61,5	50,3	36,3	40,9

Видно, що труба з ПЕ 100 діаметром 400 мм забезпечує ту ж пропускну спроможність, що і труба з ПЕ 63 діаметром 450 мм.

У цьому проекті варіант чавунних труб був відкинтий відразу, оскільки для них знадобилася б набагато ширша траншея, а виявлені в ґрунті блукаючі струми привели б до швидкої корозії труб.

Чавунні труби не розглядалися і при проектуванні водовода для подання охолоджувальної і пожежної води на промайданчику в Стенутсунде (Швеція), на якій розмістилися нафтохімічні і хімічні заводи: кислі ґрунти колишнього морського дна виявилися б для металу занадто агресивними. Друга проблема: труба повинна була пройти під шосейною дорогою і залізничною гілкою. В якості матеріалу для виробництва труб на 10 панів діаметром 560 мм розглядалися ПЕ 100, ПЕ 80, ПВХ і склопластик. При приблизно рівній ціні усіх претендентів перевага була віддана поліетилену, оскільки тільки зварні шви здатні витримати подовжню напругу, що виникає в результаті вібрації в місцях перетину доріг. А пропускну спроможність труб з ПЕ 100 при SDR 17(внутрішній діаметр 493,6 мм) виявилася на 16% вище, ніж у труб з ПЕ 80 при SDR 11(внутрішній діаметр 458,4 мм), що і зумовило вибір ПЕ 100[14].

Основний сенс підвищення пропускної спроможності труби при заданій витраті води в тому, що в Європі всіляко намагаються заощадити енергію, що витрачається на перекачування води, тобто використати менш потужні насоси.

Ще один приклад. Початкові дані:

- витрата води - 2500 м³/доба
- довжина водопроводу - 1 км
- перепад висот - -0
- ККД насоса - 0,55
- порівняльний зовнішній діаметр труб - 250 і 225 мм

Таблиця. 2.6 - Розрахункових показників водопроводу

	ПЕ 63	ПЕ 100	
Внутрішній діаметр, мм	204,6	220,4	198,2
Зовнішній діаметр, мм	250	250	225
Витрата ПЕ, кг	15400	10400	8400
Річні енерговитрати, кВт	12450	8400	14500

Видно, що і незначне збільшення внутрішнього діаметру(корисного перерізу) труби дає істотну економію енерговитрат.

Труби з ПЕ 100 для побутових і промислових стічних вод. Такі труби доки виглядають для України екзотикою, а тим часом в Західній Європі це застосування набирає силу і вважається дуже перспективним. Природно, мова і тут йде про напірні труби, і ПЕ 100 виявляється вигідним в тих випадках, де стічні води необхідно транспортувати на великі відстані. Каналізаційні системи проектуються таким чином, що для вуличних колекторів використовуються гнучкіші труби з ПЕ 80, а потім зібраний стік по трубах великого діаметру з ПЕ 100 подається на очисні споруди. Взагалі, жорсткі і крихкі металеві труби погано підходять для цієї мети - багато аварій, пов'язаних з дефектами зварних швів, сполучних деталей, особливо з бічними відгалуженнями, корозією труб і кріпильної арматури і тому подібне. Але

навіть в Німеччині доля пластмасових труб в цьому застосуванні доки не перевищує 5%.

У 2001 р. в Лазиске біля м. Катовіце(Польща) для відведення стоку ТЕЦ був прокладений водоводів завдовжки 22 км. Виготовлені в Любліні труби з SDR 17 і діаметром 450 мм дозволяють подавати до 650 м³/година стічної води при середній витраті 340 м³/годину.

Труби з ПЕ 100 для протягання. Як вже відзначалося, труби з ПЕ 100 якнайкраще підходять для ремонту зношених чавунних водопроводів різними методами протягання. Тут хороший будь-який ПЕ, але труби з ПЕ 100 при тому ж тиску можуть бути тонші, а це означає, що пропускну спроможність труби, що санує таким чином, внаслідок обростання металу і завдяки зниженому гідравлічному опору ПЕ - можна зберегти на колишньому рівні. На додаток ПЕ 100 значно більше за стійкі до надрізів і подряпин, немає необхідності зачищати зсередини зварні шви[14].

Прикладів можна привести множину. Цікавий проєкт - ремонт 100-річного водопроводу з чавунних труб в м. Канни на півночі Франції. Труби з ПЕ 100 діаметром 500 мм протягнули по старих трубах з мінімальними витратами через центр міста. Загальна довжина оновленого водопроводу склала 4500 м. У околицях Франкфурта-на-Майне(Німеччина) методом U - lining була відновлена стара резервна труба завдовжки 7400 м, по якій тепер подається стік, що містить кислоти, метанол, формальдегід і інші хімічні суміші із заводу на очисні споруди. Завдяки використанню ПЕ 100 товщина труби для протягання була понижена на 20%.

При монтажі полімерних трубопроводів використовується три основні види зварних з'єднань: зварювання «у стик», «в розтруб», терморезисторне зварювання і з'єднання за допомогою механічного затискного фітингу.

Зварювання за допомогою стикового фітингу. При зварюванні у стик використовуються заздалегідь зварені сегментні або суцільнолиті фасонні вироби. При цьому сегментні вироби найчастіше виготовляються з відрізків труб на заводах - виробниках полімерних трубопроводів і використовуються

переважно в системах водопостачання, водовідведення і меліорації на робочий тиск від 4 до 12 атм, ПЕ-80, ПЕ-100. Литі - при будівництві і ремонті мереж газопостачання SDR 17,6 - до 3 атм., SDR - 11 - до 6 атм, ПЕ-100. В процесі зварювання розплавляються і з'єднуються під тиском заздалегідь підготовлені торці труб і фітінгу. Для дотримання строгої співвісної і отримання якісного з'єднання використовуються центруючі пристрої. Тиск створюється гідравлічним агрегатом або вручну з контролем зусилля. Зварювальний комплект може оснащуватися програмним управлінням. Зовнішній діаметр фасонних частин як литих, так і зварних строго відповідає зовнішньому діаметру трубопроводів, для яких вони застосовуються. Це обумовлюється можливістю зварювання стикового фітінгу за допомогою терморезисторних виробів.

Зварювання «у стик» є найбільш економічним, оскільки в перших - відсутній такий виріб, як сполучна муфта, а в других - вартість розтрубного або терморезисторного фітінгу після 160 діаметру набагато вища за стикових. Проте друга умова справедливо тільки для зварного фітінгу. Литі, на відміну від зварних робляться за межами України і сертифікуються, передусім, для газопостачання.

Зварювання за допомогою розтрубних виробів. Зварювання за допомогою розтрубних деталей робиться шляхом розплавлення і стикування внутрішніх поверхонь фасонних виробів і зовнішніх поверхонь зварюваних труб. Номенклатурний ряд обмежується 110-м діаметром, ПЕ-80 і SDR - 11, порівняно низька вартість.

Зварювання за допомогою терморезисторного фітінгу. Вживані на практиці методи зварювання поліетиленових труб є загальновизнаними ще з 50-60-х років минулого століття. Проте, світова і вітчизняна тенденція їх популярності все більше переміщається у бік зварювання за допомогою сполучних деталей із заставними нагрівачами(ЗН).

Терморезисторне зварювання засноване на поданні електричного струму, який розігріває терморезисторний елемент. У зоні контакту труби із

сполучною деталлю в процесі зварювання виділяється теплова енергія, під впливом якої настає пластифікація внутрішньої поверхні сполучної деталі і зовнішньої поверхні труби. Розігрітий в процесі зварювання поліетилен переходить з твердо-го стану в пластичне. Зварювані елементи мають бути розігріті до температури плинності поліетилену, але не можна допускати перегрівання зварювальних поверхонь до температури деструкції поліетилену. Деструкція поліетилену - одна з причин низької міцності зварного з'єднання.

Деструкція поліетилену залежить не лише від високої температури, але і від часу її дії на матеріал.

В процесі терморезисторного зварювання на початку поступово підвищується температура на витках терморезисторного елемента, згодом відбувається прогрівання труби і сполучної деталі одночасно. Під впливом тепла труба і терморезисторна деталь розширюються. У зоні зварювання збільшується тиск пластифікованого поліетилену, який починає текти в «холодну зону». Простір між трубою і сполучним елементом заповнюється розплавленим поліетиленом. У «холодних зонах», в яких температура така ж, як і в зовнішньому середовищі, починається кристалізація поліетилену, а простір між трубою і єднальною деталлю закривається. Цей процес попереджає виполіскування розплавленого поліетилену із зони зварювання як на зовнішню поверхню труби, так і усередину деталі, а також призводить до підвищення тиску в зоні розплаву. Під впливом тиску в розплавленій зоні під час молекулярного дифузії ланцюжка поліетилену сполучної деталі вільно переміщуються і змішуються з ланцюжками поліетилену розплавленого поверхневого шару труби.

Після завершення процесу зварювання(виключення електроенергії) тиск і температура в зоні зварювання починають знижуватися. У зоні розплаву починається процес кристалізації поліетилену. Під час звичайного без впливового охолодження зварених елементів утворюється міцне з'єднання.

Експлуатаційну надійність зварного з'єднання значною мірою визначають температурні параметри і час зварювання.

Саме терморезисторне зварювальне устаткування домінує зараз на ринку України. Його поширеність якнайкраще характеризують кількісні співвідношення до розтрубної(приблизно 3:1) і стикової(5:1) апаратури. І це - незважаючи на явно запізнiлий(порівняно з далеким зарубіжжям) старт терморезисторних технологій зварювання на пострадянському просторі. Усупереч здоровому глузду і наявності певних вітчизняних розробок, в Україні, і інших країнах терморезисторне зварювання аж до середини 90-х років широко не застосовувалося. Довгий час існувало упередження, що цей вид зварювання набагато дорожчий і складніший за альтернативних. При цьому не враховувалися наступні чинники:

- підвищена надійність отриманого тут з'єднання за рахунок більшої площі зварюваної поверхні і механічного обтискання труби терморезисторною деталлю. В даному випадку міцність такого з'єднання перевищує навіть міцність самої ПЕ труби, а тому розхожі твердження про однакову надійність стиків, отриманих різними методами зварювання, - не більше, ніж прояви дипломатичності;
- можливість з'єднання труб з товщиною стінки менше 5 мм(чого не передбачає зварювання у стик);
- автоматичний процес терморезисторного зварювання з протоколюванням її параметрів, який зводить «нанівець» негативний вплив людського чинника;
- простота в застосуванні, легкість і компактність терморезисторного зварювального устаткування. Чимале значення має і те, що коштує воно в 3-5 разів дешевше за апарати для зварювання у стик.

Власне, терморезисторне зварювання - єдине з усіх, застосування якої не має нормативних обмежень ні за типом поліетилену, ні по зовнішніх діаметрах труб. Тут у кожному конкретному випадку встановлювати їх для себе має право сам користувач, керуючись суто економічними міркуваннями доцільності відносно діаметрів більше 400 мм(відомо, наприклад, що терморезисторні сполучні деталі приблизно в 5 разів дорожче за розтрубних.).

Проте, відносно велика вартість терморезисторних деталей компенсується малою їх кількістю, необхідною для з'єднання довгомірних труб(на практиці цей метод зварювання найчастіше використовується саме в контексті діаметрів до 90-225 мм). Тому він особливо ефективний при роботі в обмежених умовах, при здійсненні врізання або ремонту.

І просто незамінний при реконструкції зношених трубопроводів з використанням профільованих поліетиленових труб, а також для з'єднання труб різної товщини або матеріалів.

Роблять методом литва під тиском з подальшою запресовкою електричних нагрівачів(терморезисторів) - найчастіше, у вигляді металевої дроту-спіралі, що має висновки до штекерів для підключення до джерела струму(зварювальному апарату).

Кожна фірма-виробник пропонує свої конструктивні рішення фітингу і передбачає різні режими зварювання. До основних їх видів відносяться:

- 1) Ручний(рівень напруги або рівень струму, час зварювання встановлюються вручну, за паспортними даними фітингу);
- 2) Штрих-код або магнітна карта (автоматична система розпізнавання технології зварювання, коли інформація записана у вигляді 24/32-разрядного штрих - коду або занесена на магнітну карту);
- 3) «Фьюзиматик» (час зварювання визначається через значення вбудованих в деталь опорів при фіксованому рівні напруги);
- 4) Саморегулювання (немає певного часу зварювання : вона вважається закінченою, коли розплавлення матеріал виходить в спеціальні отвори і давить на термочутливий елемент(мікровимикач) при фіксованому рівні напруги);
- 5) Мемо (усередині фітингу знаходиться мікросхема із запрограмованими параметрами зварювання).

Спочатку кожному типу фітингу призначався свій спеціалізований зварювальний апарат, налаштований на зварювання тільки певних типів фітингу. Користувач згодом був прив'язаний до фітингу тільки тієї фірми, для

яких призначався цей апарат. Проте нині більшість виробників зварювальної техніки перейшли до випуску універсальних зварювальних апаратів, в електронному блоці управління яких закладені програми зварювання різних типів фітингу. Чим більше таких програм закладені в пам'яті зварювального апарату - тим більшу свободу вибору фітингу має його власник. Зараз найбільш поширеним і універсальним способом введення інформації про фітинг в пам'ять зварювального апарату являється штрих-код. Їм може забезпечуватися фітинг, конструкція якого передбачає і інші режими зварювання. Введення інформації з штрих-коду за допомогою олівця в пам'ять апарату дозволяє йому здійснювати зворотний контроль(зв'язок з фітингом) перед початком зварювання і, у разі невідповідності параметрів фітингу введеної інформації, заблокувати початок проведення зварювання. Наявність великої кількості нулів в штрих -коде говорить про відсутність інформації з низки питань, що знижує можливості здійснення перевірочних функцій контролю(зворотному зв'язку апарату з фітингом), тому до застосування такого фітингу слід відноситися уважніше. Магнітна карта містить відомості тільки по певному режиму зварювання фітингу, тому має обмежене застосування і не може служити джерелом інформації для інших режимів. Штрих-код наклеюється на фітинг, а магнітна карта додається до кожного фітингу[10,12,20].

Серед інших конструкційних відмінностей між фітингом різних виробників слід назвати різну глибину сполучення, різні розміри «гарячої» і «холодної» зон зварювання, а також різне розташування терморезистора.

Виробники пропонують наступні види терморезисторного фітингу в широкому асортименті типоразмерів: муфти, переходи(перехідні або редуційні муфти), заглушки, трійники (рівно прохідні і нерівно прохідні), відведення 30°, 45°, 90°, сідлові відведення(сіделка), арматура для врізань під тиском.

Зберігають терморезисторні сполучні деталі в індивідуальних герметичних поліетиленових пакетах до моменту їх використання.

Затискний механічний фітинг. Механічний затискний фітинг(з поліпропілену і ПЕ) призначений для усіх типів поліетиленових водопровідних труб, дозволяють створювати розгалужені водопровідні мережі. З'єднання збираються вручну в польових умовах і розраховані на робочий тиск до 1,6 Мпа(16 атм).

Механічний затискний фітинг з поліпропілену дозволяє, не прибігаючи до послуг вузьких фахівців, швидко і своїми силами монтувати зовнішні(підземні) і внутрішні водопровідні мережі d20...110мм.

Фітинг складається з уніфікованої затискної частини, однакової для усього фітингу цього розміру, і взаємозамінних корпусів(коліна, зовнішні і внутрішні різьблення, трійники і так далі)

На рисунку 2.3 представлені комплектуючі частини затискного фітинга. Матеріал гайки, корпусу - поліпропілен, цанги, наполегливого кільця - поліфенілоксид.

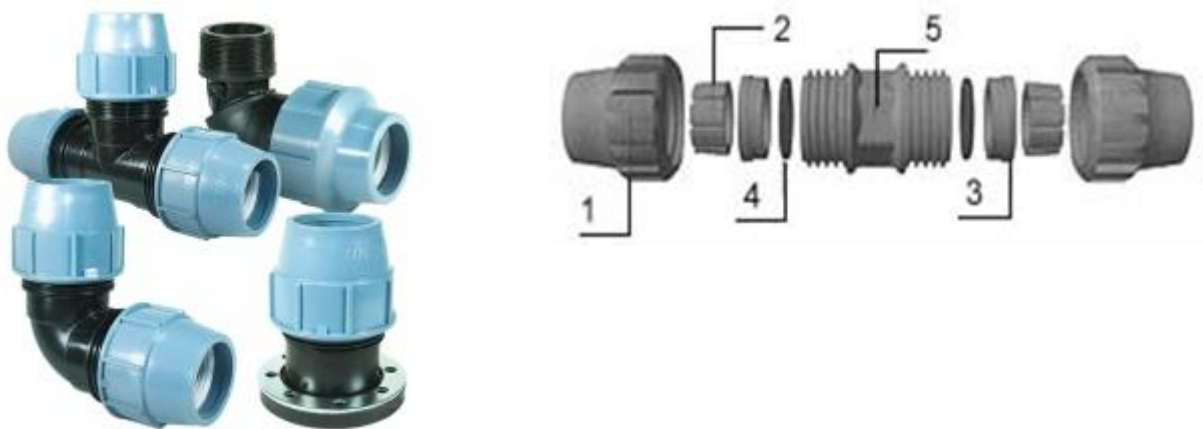


Рисунок 2.3 - затискний фітинг:

1 - конічна гайка з'єднується з корпусом, обтискаючи при цьому цангу;
 2 - зубчаста цанга міцно захоплює ПЕ трубу і підтягує її до корпусу; 3 - наполегливе кільце передає зусилля затягування гайки на каучукове кільце ущільнювача; 4. - кільце ущільнювача з маслобензольного каучуку нітрилу надійно ущільнює трубу по зовнішньому діаметру; 5 - корпус має внутрішні упори, що запобігають повертанню труби в з'єднанні. На корпусі позначений його розмір[14].

2.1.2 Вироби із зшитого поліетилену

Останніми роками у світі спостерігається динамічне зростання ринку труб із зшитого поліетилену(РЕХ), що отримується в результаті зшивання поліетилену високої і середньої щільності.

РЕХ - універсальний і економічно ефективний полімерний матеріал для напірних і безнапірних трубопроводів, працюючих в широкому діапазоні температур і тисків, і використовуваних для транспортування газу, води і хімікатів.

Цей матеріал має величезний потенціал застосування у будівництві інженерних полімерних мереж завдяки унікальному комплексу технічних параметрів як самого РЕХ, так і експлуатаційних характеристик вироблених з нього труб.

У світі РЕХ застосовують при будівництві нових трубопроводів і заміні труб, що вичерпали свій ресурс, з інших матеріалів для промислових і сільськогосподарських підприємств, індивідуальних і багатоквартирних житлових будинків, спортивних і інших об'єктів промислового і громадського призначення. Труби з РЕХ застосовуються для водяного і радіаторного опалювання, в мережах холодного господарсько-питного і гарячого водопостачання(включаючи системи незамерзаючих водопроводів, що підігріваються); для підлог(рис. 2.4), що водообігріваються, транспортування нафти, геотермальних вод і інших високотемпературних рідин, рідких хімікатів; обігріву при ремонті доріг, стадіонів, аеропортів і інших відкритих поверхонь в зимовий час, в системах обігріву з використанням сонячної енергії, в домашній техніці, в системах кондиціонування, автомобільної промисловості, кораблебудуванні, медицині. Сфери застосування труб з РЕХ розширюються з кожним роком. [19].



Рисунок 2.4 - Труб з РЕХ і їх застосування в системах опалювання «тепла підлога»

Приміром, причиною uszkodження трубопроводу можуть бути природні або непередбачені динамічні навантаження (в процесі будівництва і експлуатації). Ці проблеми можуть бути вирішені при використанні для будівництва або реконструкції газопроводів багатошарових ПЕ труб стандартних марок і з РЕХ (зшитого поліетилену).

Багатошарові труби мають захисну оболонку і внутрішню міцну оболонку з особливо стійкого поліетилену, який запобігає появі тріщин. Їх виготовляють з одним або двома зовнішніми захисними шарами і внутрішньою робочою частиною (трубою) з ПЕ 100 (іноді - з ПЕ 80).

За рахунок сприйняття і розподілу навантажень верхнім захисним шаром робоча частина труби залишається неушкодженою. У зоні робочої труби концентрація напруги практично не виникає. Крім того, зовнішня оболонка значно розвантажує основну трубу (близько 50%). За рахунок цього досягається зменшення товщини її стінки і збільшення терміну експлуатації до 100 років.

Для транспортування газу тиском до 1,0 МПа доцільно використати багатошарові армовані труби. Конструкцію багатошарової армованої труби для високого тиску складають: шар армованого (посиленого нитками)

поліетилену на основній трубі з ПЕ 100 і поліетиленове захисне покриття, які гомогенне пов'язані з основною трубою.

В порівнянні з трубами ПЕ 100 труб з РЕХ(зшитого поліетилену) мають низький коефіцієнт тертя і підвищену стійкість :

- до високих і низьких температур;
- до дії абразивних твердих матеріалів і середовищ;
- до утворення тріщин.

Традиційне використання труб з ПЕ 80 і ПЕ 100 при відкритому прокладенні трубопроводів вимагає тієї, що піщаної, що підсипає, оскільки локальний тиск ґрунту(в першу чергу - загострені ґрунтові включення) може спровокувати повільне поширення тріщин і передчасно вивести труби з ладу. Одношарові і багатшарові труби з високоміцного РЕХ доцільно застосовувати для безтраншейного прокладення трубопроводів[12,19].

Стійкість матеріалу до локальних навантажень дозволяє відмовитися від тієї, що піщаної, що підсипає при будівництві трубопроводів традиційним методом.

У Західній Європі застосування РЕХ труб складає близько 60% від загального об'єму споживання полімерних труб. У Німеччині застосування водяного опалювання підлог нині досягло 70% в приватних будинках і 30% в квартирах. РЕХ труби для цих цілей успішно витісняють інші види матеріалів. За оцінкою фахівців зростання споживання труб з РЕХ найближчими роками складатиме не менше 10-15% в рік. Така тенденція в розширенні застосування труб з РЕХ пов'язана з рядом переваг як самого матеріалу порівняно з іншими, використовуваними для тих же цілей, так і труб з нього. Труби з РЕХ мають високі показники тривалої міцності, високій ударній міцності і міцності на розрив, високою стійкістю до поширення швидкої і повільної тріщин в широкому температурному діапазоні. Вони морозостійкі, витримують тривалу дію високих температур і аж до + 95⁰С(короткочасно - до 110⁰ С), при максимальному робітнику тиску 6 або 10 бар(залежно від типу труб).

Труби мають високу стійкість до поверхневих ушкоджень, до газового конденсату і більш ніж до 300 хімічних сполук, включаючи концентровані кислоти і луги. Гладка поверхня таких труб дозволяє зменшити діаметри трубопроводів, що здешевлює вартість тепломереж. В порівнянні із сталевими такі трубопроводи мають більшу приблизно в 1,3 разу пропускну спроможність.

Труби з РЕХ просто і легко монтуються завдяки своїй гнучкості. Вони ідеально підходять для монтажу у бетон без утворення тріщин. Приховане прокладення труб в стінах і полі покращує зовнішній вигляд приміщення. Труби стійкі до відкладення солей і біологічного обростання, забезпечують низькі теплові втрати і міцність при роботі в нестабільних рухливих ґрунтах.

РЕХ на відміну від звичайного поліетилену має тривимірну сітчасту молекулярну структуру, що забезпечує пам'ять форми виробів. При згинанні і подальшому нагріванні труб вони завжди повертаються до тієї форми, в якій піддавалися зшиванню. Існує 3 основні види РЕХ і промислових методу виробництва труб з цього матеріалу. Реалізація кожного з вказаних методів вимагає певної початкової сировини і має ряд особливостей.

Застосування РЕХ в системах господарсько-питного і гарячого водопостачання захищене рядом міжнародних і національних стандартів провідних європейських країн.

На українському ринку широко поширені: металопластикові труби РЕХ/Al/РЕХ, де алюміній грає роль як анти дифузійного прошарку, так і частково компенсує лінійне теплове розширення, багат шарові РЕХ труби з анти дифузійним покриттям(РЕХ/EVOH і РЕХ/EVOH/РЕХ).РЕХ труби без покриття[12,20].

2.1.3 Поліпропіленові вироби

Сьогодні поліпропілен може вважатися оптимальною сировиною для виготовлення внутрішніх інженерних мереж. Серед сучасних трубопроводів він єдиний складає реальну конкуренцію сталевому трубопроводу, перевершуючи його за декількома параметрами.

Поліпропіленові труби можна застосовувати при монтажі внутрішніх каналізаційних систем, організації системи відведення ґрунтових і стічних вод, а також відведення побутових стічних вод.

Поліпропіленові труби, також, призначені для внутрішнього холодного і гарячого водопостачання, теплих підлог і розводки систем центрального опалювання з температурою до $+90^{\circ}\text{C}$. Можуть використовуватися для транспортування стислого повітря і хімічно агресивних середовищ[19]..

В порівнянні із сталевими трубами, пропіленові мають такі переваги:

- корозійна і хімічна стійкість;
- теплова універсальність. Поліпропіленові труби експлуатуються при температурах від -10°C до $+90^{\circ}\text{C}$. Короткочасно витримують підвищення температури до 100°C ;
- абразивна стійкість. Гладка поверхня мало зношується і не сприяє утворенню накипу і вапнякових відкладень.
- стійкість до високих температур і тиску;
- гігієнічність. Мають санітарно-гігієнічні характеристики, що дозволяють використати їх в системах питної води.
- невелика вага і довговічність. При правильній установці і грамотній експлуатації, термін безперебійного функціонування системи з поліпропіленових труб складає близько 50 років в системах холодного

водопостачання, і до 25-30 років в системах опалювання і гарячого водопостачання.

- еластичність. Вода в поліпропіленових трубах може замерзати, не руйнуючи їх;
- малошумність;
- висока пропускна спроможність при мінімальних втратах тиску.
- екологічність. При горінні поліпропілен розпадається на вуглець і водяну пару, не виділяючи токсичні речовини і діоксин.

Окрім перерахованих переваг ПП труб, велике значення має збільшення пропускної спроможності трубопроводів в порівнянні із сталевими за рахунок меншої величини показника шорсткості поліетилену.

Поліпропіленові труби нового покоління - це поліпропіленові труби, армовані скловолокном або алюмінієм. Ці труби мають невелике температурне розширення і низькі втрати тиску, при монтажі не вимагають зачистки, що значно знижує вартість монтажу. Поліпропіленові труби, армовані волокном, можуть застосовуватися при монтажі трубопроводних мереж будь-якого призначення.

На відміну від сталевих, і тим більше, чавунних, пластикові труби можуть багаторазово замерзати і відтавати без розривів і тріщин.

Труби з поліпропілену з'явилися після поліетиленових і полівінілхлоридних, тому РР можна вважати найпрогресивнішим пластиком.

Поліпропіленові труби краще за інших перекосять гарячу воду, тиск, у них кращі коефіцієнти теплового розширення. Вони жорсткі і не провисають з роками. Вони витримують воду, що замерзає усередині себе. Лід, як відомо, замерзнувши, при подальшому охолодженні не зменшується в об'ємі, а навпаки - розширюється. І успішно розриває все, що встає на шляху, тим сильніше, чим сильніше мороз. Пластикові труби витримують замерзання тільки тому, що не чинять опір розширенню льоду, а розтягуються разом з ним. А потім знову стискаються[19].

Поліпропілен - жорсткий пластик. Він погано розтягується, і це вважається його гідністю. Між тим, це ще і крихкий пластик. У вказівках по монтажу його труб забороняється «чинити необґрунтовані механічні дії». У хімічному довіднику крихкість поліпропілену позначена температурою- 5...-15 градусів Цельсія. Втім, там же сказано, що: «низька морозостійкість усувається шляхом введення в макромолекулу ізотактичного поліпропілену ланок етилену, наприклад, при сополімеризації пропілену з етиленом». Такі труби позначаються аббревіатурою PPR.

Використовуючи поліпропіленові труби за межами приміщень, слід постійно пам'ятати, що пластикові труби не бояться замерзання, але тільки до певної межі. Явне порушення нормативів зварювання PP - труби на морозі до - 10, досвідчені працівники, коли можливо, зварюють окремі вузли в приміщенні, а потім збирають їх на вулиці. Природно, перед монтажем охолоджених PP- труб краще почекати, поки вони не нагріються хоч би до нуля градусів, а при зварюванні холодних труб необхідно збільшувати час нагріву в порівнянні з тим, яке вказане в таблиці для кімнатної температури. При цьому, чим нижче температура, тим більше треба збільшити час нагріву. Якщо будівництво ведеться в місцевості, де морози бувають під - 30, то для зовнішніх мереж, особливо не укритих ґрунтом, варто вибирати труби з поліетилену, чия морозостійкість незрівнянно вище пропіленових.

До недоліків слід віднести те, що на поліпропілен згубно діє ультрафіолетове випромінювання, тому його труби і фітинг не можна зберігати і монтувати під прямими сонячними променями. Багато фірм випускають PP-RC - труби зі світловими стабілізаторами, але і така продукція не призначена для відкритого прокладення поза будівлями.

2.1.4 Двошарові профільовані вироби

Історично каналізаційні колектори були відкритими каналами і спорудами з каменю, цеглини або теракоти, пізніше каналізаційні системи стали будувати із залізобетонних труб. В середині ХХ століття з'явилося нове рішення - полімерні труби.

Перші полімерні каналізаційні труби виготовлялися з ПВХ. Вони були легкими і зручними в монтажі і, крім того, доступними за ціною. Але цей матеріал не завжди відповідав необхідним експлуатаційним параметрам. У набагато більшому ступені їм відповідає поліетилен, що має оптимальну стійкість до стічних вод і агресивних середовищ, що і стало причиною виробництва і застосування труб з нього. Проте для труб, використовуваних в системах самопливної каналізації, одним з основних параметрів є достатнє значення кільцевої жорсткості, тобто здібності протистояти тиску ґрунту і іншим зовнішнім механічним діям. При розрахунку зовнішніх навантажень, допустимих для традиційних ПЕ труб, доводиться збільшувати необхідну товщину стінки, що забезпечує достатні характеристики труби[19]..

Тому подальший розвиток ідеї використання поліетилену для виготовлення безнапірних каналізаційних труб був спрямований на розробку легших конструкцій труб, що поєднують низьку матеріаломісткість з високою кільцевою жорсткістю. Одним з результатів цієї роботи стала поява спеціальної двошарової профільованої конструкції стінки труби, при якій зовнішній шар є гофрованим і завдяки своєму профілю досить жорстким, а внутрішній, досить тонкий, забезпечує гідравлічні параметри, необхідні для безнапірних каналізаційних систем.

Труби двошарові гофровані(ДГ). Труби для зовнішньої каналізації з профільованими стінками роблять з поліпропілену нової генерації - блокового сополімера РР-В. За властивостями цей матеріал багато в чому перевершує

можливості PVC і PE, забезпечуючи виробам ряд додаткових експлуатаційних достоїнств. Зокрема, підвищена хімічна стійкість полі-пропилена дозволяє застосовувати ці труби не толь-ко у будівництві безнапірних побутових або дощових каналізаційних мереж загального призначення, але і використати для транспортування промислових стогонів в умовах хімічно забруднених ґрунтів. Діапазон робочих температур для труб з поліпропілену складає від -20° до $+110^{\circ}\text{C}$, що дає можливість монтаж трубопроводів при негативних температурах і транспортування високо градусних теплоносіїв. До того ж, полі-пропилен порівняно з поліетиленом - більше легкий, має велику стійкість до навантажень.

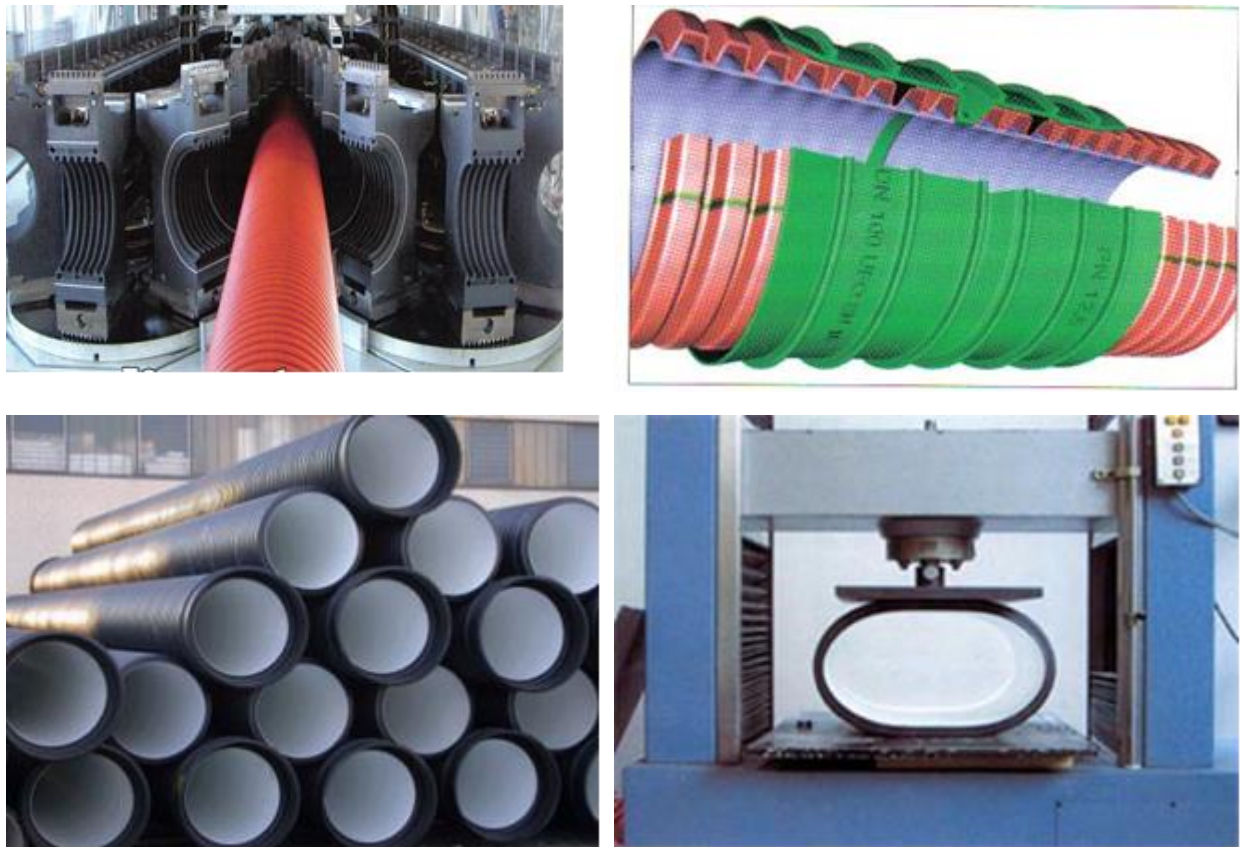


Рисунок 2. 5 - Зовнішній вигляд двошарових профільованих труб і сприйняття зовнішніх навантажень.

Труби постачають мірними відрізками завдовжки 2,4 або 6 м в комплекті з двома розтрубною муфтою і двома кільцями ущільнювачів. Колір труб : зовнішня поверхня - теракота; внутрішня - світло-сіра.

Переваги ДГ труби :

1) Значна (у 3-5 разів) економія полімерц при збереженні значень показника кільцевої жорсткості труби(см схему). Розглянемо на прикладі порівняння із звичайною гладкою трубою для системи зовнішньої каналізації. Розміри труби - $160+0,5 \times 4,9+0-7$ мм, відповідно внутрішній діаметр - близько 150 мм. Труба виготовлена з ПП тип 2(блок-сополімер), що має модуль пружності $E_{ск}=1100$ МПа. При випробуваннях ДГТ з внутрішнім діаметром 150 мм, що має вагу погонного метра 1,272 кг, отримані значення кільцевої жорсткості 6 кН/м^2 , при цьому труба гофрована була виготовлена з поліетилену, $E_{ск}=600$, що має, МПа.

2) Мала вага труб знижує витрати на транспортування і монтаж.

3) Простота і надійність з'єднання труб за допомогою муфт без розтрубів(кільце ущільнювача одягається в западину гофри), при цьому герметичність з'єднання перевершує стійкість труби при внутрішньому гідростатичному тиску.

4) Поліпшені показники стійкості до удару внаслідок відсутності напруги в порівнянні з тонкими стінках.

5) Підвищена звукова і теплова ізоляція(особливо в тришарових гофрованих трубах).

6) Підвищена «переносимість» замерзань води в трубі.

7) Стійкість до циклічних коливань температури середовища, що транспортується, - труба механічно пов'язана з ґрунтом або будівельною конструкцією, що виключає їх відносне переміщення.

8) При виконанні дренажних отворів по западинах гофр останні захищені від закупорки ґрунтом(за умови застосування фільтруючого текстилю).



Рисунок 2.6 - Елементів колодязя і монтаж без застосування техніки колодязів з двошарових профільованих труб.

2.2 Нові полімерні і комбіновані матеріали

Склопластикові труби - труби, виконані зі склопластику. Застосовуються як для транспортування по них різних середовищ, так і як конструкційні елементи (опори, колони, перекладини, оболонки).

Склопластикові труби мають ряд переваг :

- високою питомою міцністю, аналогічній міцності сталевих труб;
- підвищеною теплостійкістю до транспортування продукту до +300°C;
- надійністю при експлуатації в умовах вібраційних навантажень;
- високими діелектричними властивостями;

- довговічністю(корозійна стійкість неогранична);
- стійкість до заморожування і розмороженню продукту(само компенсація), що транспортується;
- мінімальними витратами на монтаж трубопроводів, відсутністю витрат на обслуговування і ремонт внаслідок корозійної дії середовища.

Унікальність склопластикових труб укладається в їх конструкції, що складається з двошарової композиції. Внутрішній шар - герметизуючий, зовнішній - силова склопластикова оболонка. Широкий асортимент склопластикових труб дозволяє застосовувати їх для:

- транспортування хімічно агресивних, абразивних середовищах (пульпопроводи, шламопроводи, реагентопроводи), рідин і газів;
- систем гарячого і холодного водопостачання;
- теплових мереж з теплоізоляційним шаром;
- каналізації;
- систем хімводоочищення на хімічних і енергетичних виробництвах;
- трубчастих аераторів.

Відсутність патогенної флори в склопластиковій трубі перешкоджає виникненню відкладень в трубопроводах, що забезпечує гігієнічність продукту. Шорсткість внутрішньої поверхні склопластиковій труби складає 0,005В мм, а це в 500 разів менше, ніж у сталевій труби.

Довговічність експлуатації трубопроводів, побудованих з цих труб, складає не менше 25 років при транспортуванні агресивних середовищ і не менше 50 років при транспортуванні води.

Склопластикові трубопроводи виготовляють по наданим замовником точно за - даним параметрам.

Можливе виготовлення склопластикових труб діаметром від 50 до 8000 мм. Склопластикові труби розраховані на робочий тиск до 25 МПа.

Вартість склопластикового трубопроводу «під ключ» на 15-20% дорожче за сталевий, але відсутність експлуатаційних витрат, витрат на ремонт із-за корозійної дії середовища вже на другий-третій рік експлуатації призводить до відчутної економії матеріальних коштів і в залежності від сфери застосування дає економічний ефект від 100 до 400%.

Сьогодні в країнах ближнього і далекого зарубіжжя із склопластика також виготовляють і широко застосовують корпусні вузли для каналізаційні станцій діаметром до 4270 мм, хімічно стійкі місткості об'ємом до 800 м³, каналізаційні колодязі, корпуси фільтрів, резервуари, цистерни і контейнера-цистерни, модульні корпуси.

Полімерні стільникові конструкції. Як відомо, господарська потреба в полімерних трубах особливо великих діаметрів неминуче стикається з проблемами їх виготовлення і подальшим транспортуванням замовникові. Надвеликі діаметри таких труб, зокрема, вимагають адекватного збільшення товщина стінок, що, власне, і викликає технологічні труднощі з їх охолодженням в процесі виробництва. Саме тому звичайні (цілісні) поліетиленові труби які випускають сьогодні обмежені діаметрами 1600-2000 мм. Підприємства скандинавських країн, які спеціалізуються на випуску труб-велетнів, розташовуються, як правило, на морських або річкових узбережжях, а готова продукція транспортується замовникові по воді - подібно до того, як сплавають ліс. Ці обставини багато в чому пояснюють, чому в окремих областях застосування - наприклад, в меліорації(осушення, дренаж) і комунальному господарстві(каналізаційні і промислові стоки) - до недавнього часу не існувало системи полімерних труб, що поєднує необхідні параметри з достатньою надійністю і відносно низькою вартістю. Таким чином, виникла необхідність створення економічно вигідної(завдяки економії матеріалу) і технічно досконалої технології виробництва великогабаритних полімерних конструкцій і труб надвеликих діаметрів, яка дозволяла б при цьому зберігати конструкційну міцність виробів. [14,15,19,20].

Технологія виробництва конструктивних елементів з порожнистими стінками представляє собою безперервний процес намотування звичайних водопровідних ПЕ труб(для цього до кінця труби використаної бухти приварюється початок труби наступної бухти і так далі) на спеціальних пристроях з їх одночасним зварюванням екструзії і заповненням проміжків між спіралями труб розплавленою поліетиленовою масою - як з внутрішнього, так і із зовнішнього боку. Для зручності внутрішня частина виробів виконана з ПЕ світло-сірого кольору. Кількість шарів в стінці(від одного до трьох) визначається, виходячи з величини внутрішнього тиску, зовнішніх навантажень, дії фізичних і хімічних чинників, яка повинна витримувати виріб е плин розрахункового часу експлуатації. У подовжньому перерізі одношарова стінка пропонованого виробу нагадує порожнисту залізобетонну панель, а багатошарові - стільники.

Така універсальність відкриває величезні можливості її застосування, за яким не складно передбачити і щонайширший асортимент. Поліетиленові труби із стільниковими стінками можуть стати основним конструктивним матеріалом для будівництва і реновації напірних і гравітаційних каналізаційних мереж, систем водопостачання, дощової каналізації, зрошувальних колекторів, трубопроводів для транспортування хімічно активних речовин і промислових стоків.

Можна з упевненістю говорити про освоєння виробництва принципово нових полімерних стільникових конструкцій різної форми, здатних гідно замінити вироби з бетону, металу, азбестоцементу, цегли, матеріаломістких екструдованих полімерів у багатьох галузях народного господарства.

Найважливішими перевагами полімерних виробів із стільниковими стінками в порівнянні з іншими будівельними конструкціями такого ж призначення являються:

- мала питома вага при рівномірності конструкції і достатній кільцевій жорсткості;
- висока хімічна стійкість;

- простота і надійність зварювання, що забезпечує можливість виготовлення різних за формою зварних конструкцій;
- ідеально гладка внутрішня поверхня, яка забезпечує мінімальне опір руху речовин, що транспортуються;
- холодостійкість;
- висока ударна міцність в робітнику діапазоні температур;
- стійкість до дії радіоактивних речовин;
- не токсичність, можливість використання у контакті з питною водою і харчовими продуктами.

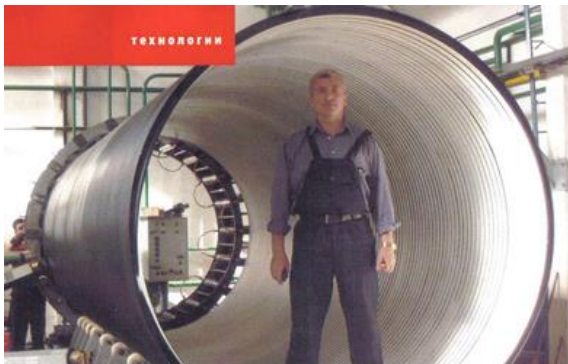


Рисунок 2.7 - Стільникова конструкція діаметром 2000 мм

Вироби з поліетилену для підвищених температур. Найбільш масове застосування поліетиленів PE-RT очікується у виробництві труб для внутрішнього гарячого водопостачання, радіаторного і підлогового опалювання, особливо в виробництві багатошарових труб PE- RT /A1/PE- RT.

Аналітичні дослідження підтверджують цей прогноз: використання труб PE- RT зростає не лише в Східній Європі, але і в Україні. Зростання використання монолітних і багатошарових пластикових труб відбувається, в першу чергу, за рахунок зниження долі мідних труб, використання яких скоротилося на 100 мільйонів метрів.

PE- RT - це нове сімейство поліетиленових (PE) матеріалів з істотно поліпшеною переробкою, а також довготривалою стійкістю до підвищення температур. Ці матеріали послужили основою для міжнародного стандарту

ISO 24033: «Труби, зроблені з поліетилену, стійкого до підвищених температур(PE-RT), - вплив часу і температури на очікувану міцність»

PE-RT використовується в тих випадках, що і зшиваний поліетилен(PEX), який вже десятиліттями застосовується у виробництві труб гарячого і холодного водопостачання, забезпечуючи такі важливі характеристики труби, як: стійкість до температурного старіння, механічна міцність, хімічна стійкість, стійкість до корозії і гнучкість, PE-RT також має усі ці важливі властивості і, зокрема, тривалу гідростатичну міцність при високих температурах. Унікальні властивості матеріалу дозволяють виробникам труб досягти значної економії і переваг при переробці - труби PE-RT не вимагають зшивання.

Гнучкі передізольовані вироби. Аналіз матеріалів і технологій, які застосовуються для прокладення теплових мереж, показує, що саме гнучкі теплоізольовані пінополіуретаном трубопроводи на основі зшитого поліетилену PEX-а є економічно ефективними в порівнянні з традиційними сталевими заздалегідь ізольованими(ПІ) трубами завдовжки до 12 м, склопластиковими трубами GFK, поліпропіленовими, полібутеновими довжиною до 5 м і іншими, що виготовляються за традиційною технологією . Особливо необхідно відмітити безперечні переваги труб типу «Ізопрофлекс» і «Касафлекс» відносно різних типів пропонувананих нині гнучких трубопроводів типу Ecoflex, Flexalen, Syncorex і інших, що виготовляються по так званій збірній технології з тепловою ізоляцією з поліетилену[19]..

Розрахунки показують, що при необхідній плановій заміні 1000 км трубопроводів впродовж 10 років економія теплової енергії складе не менше 150 млн дол., при цьому реальні теплові втрати на розподільних мережах будуть понижені більше, ніж в 2 рази, впродовж 25 років - економія тільки при прокладенні труб «Ізопрофлекс» складе не менше 800 млн дол., а з урахуванням терміну експлуатації 50 років - 1,8 млрд дол. Зважаючи, що гарантований термін експлуатації гнучких трубопроводів складає не менше 50 років, а терміни експлуатації нині використовуваного заздалегідь ізольованого

сталевий трубопроводу - 7-25 рік(залежно від хімічної підготовленості теплоносія), перехід на гнучкий трубопровідний система дозволяє отримав додатковий економія коштів за рахунок повторний реконструкція ПИ-сталевих трубопровід впродовж термін служби труба «Ізопрофлекс» - не менше 720 млн долар США.

Труби типу «Ізопрофлекс» і «Касафлекс» - найбільш сучасне технічне рішення, що відповідають світовому рівню, і ідеально підходять для розподільних теплових мереж і ГВС, оскільки приблизно 80% котельних працюють по температурному графіку 95/70°C.

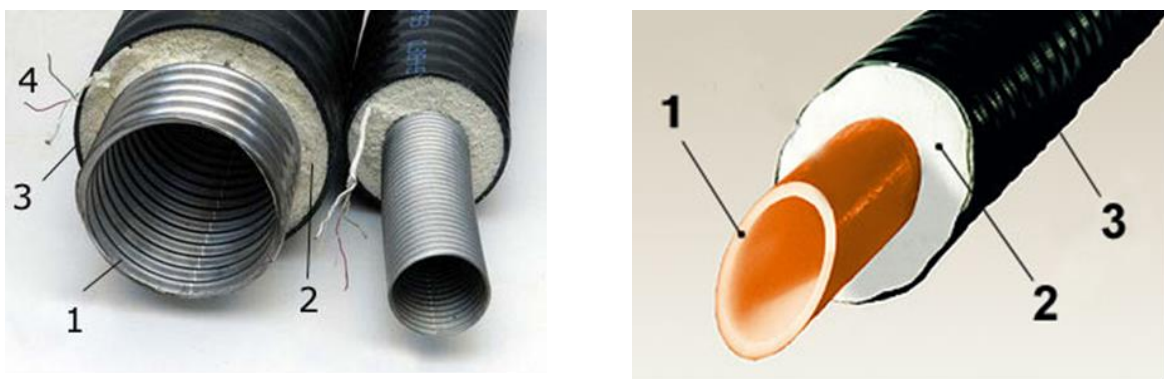


Рисунок 2.8 - Гнучкі передізольовані труби для систем опалювання:

- 1 - внутрішня(напірна) труба - гофрована, виготовлена з нержавіючої сталі (X5 CrNi 18-10); 2 - теплоізоляція зі спіненого поліуретану(PUR); 3 - Поліетиленова (ПВД) гідроізолююча оболонка; 4 - Сигнальний кабель (а. Cu - зелений; б. Cu - білий(гідрофільна оболонка)), використовуються для систем оперативного дистанційного контролю(ОДК),

Гнучкі передізольовані труби для систем для систем гарячого водопостачання. Труби ІЗОПРОФЛЕКС розраховані на безканалне прокладення. Виготовляються в трьох основних варіантах: одно-, двох- і чотирьох трубному, що дозволяють максимально оптимізувати схему прокладення залежно від призначення і характеру траси. Максимальна температура теплоносія 95°C.

2.3 Проблеми застосування полімерних трубопроводів

Основним недоліком, а точніше ризиковим чинником при застосуванні полімерів, являється відсутність належного досвіду перевіреного тимчасовим досвідом будівництва і експлуатації інженерних мереж з полімерних матеріалів. Особливо в умовах, коли відсутня повноцінна нормативна база і контроль на відповідність цим нормативам. Це стосується як проектування, виробництва трубопроводів і комплектуючих, так і будівництва мереж з них. Частенько посилення за якістю виробів йдуть одночасно на декілька нормативних документів, при чому зарубіжних, оскільки діючі вітчизняні, затверджені ще за радянських часів, застаріли морально.

Поліетилен - дуже нестійкий до механічних ушкоджень матеріал. Величезну небезпеку представляє, виходячи з досвіду, незнання або недбале відношення до строгих умов транспортування, вантаження і зберігання ПЕ трубопроводів. В результаті порушень цих умов труби, що поступають на об'єкт, частенько не відповідають паспортам якості заводу виробника за основними фізико-механічними характеристиками. На поліетилен також згубно впливає тривала дія ультрафіолетових променів, а наслідки цього впливу можуть бути набагато серйозніші чим механічні ушкодження. В перших - неможливо візуально визначити такий вплив, в других дія ультрафіолету поширюється на великі поверхні труби одночасно, наприклад - на бухту труби. [12].

Окрім ризиків, пов'язаних з проміжком часу, коли труба потрапить із заводу на об'єкт, є присутньою маса ризиків, пов'язаних безпосередньо з будівництвом полімерних мереж. При проведенні земляних робіт заради економії коштів частенько нехтує умова занурення ПЕ труби тільки в м'який ґрунт (наприклад, пісок) і подальше покриття їм поверхні труби. В результаті після зворотної засипки і самоущільнення, ПЕ труби контактують з твердими і уламковими породами ґрунтів, що може привести до поривів і аварій. На

якість змонтованої мережі великий вплив робить людський чинник. Велика частина процесів, пов'язаних з монтажем проводиться вручну, а підготовка труби - виключно ручна робота.

Неналежне виконання яких - або пунктів інструкції по монтажу ПЕ трубопроводів загрожує погіршенням якості з'єднань, які в умовах будмайданчика перевірити, окрім візуальних показників, не представляється можливим.

Усі ці чинники ставлять під сумнів безпеку експлуатації полімерних трубопроводів упродовж їх нормативного терміну служби в 50 років, а особливо - в системах газопостачання. Але це повинно призводити не до відмови від їх застосування, а навпаки - до узгодження нормативної бази з перевіреними європейськими стандартами і удосконалення системи контролю і моніторингу усіх стадій виробництва.

2.4 Динаміка і перспективи розвитку інженерних комунікацій з полімерів

Полімери широко застосовуються в різних областях людської діяльності, задовольняючи потреби різних галузей промисловості, сільського господарства, медицини, культури і побуту. При цьому доречно відзначити, що в останні роки трохи змінилася і функція полімерних матеріалів у будь-якій галузі, і способи їх отримання.

Ринок полімерних труб України представлений продукцією з вінілхлориду, етилену та пропілену. Використання поліпропіленових і поліетиленових труб поширюється на інженерні споруди і комунікації, застосування в каналізації, газо- і водопостачанні. Поліетилен також замінив ряд металів в інженерних трубопровідних системах. Ці труби можуть використовуватися при будівництві трубопровідних систем діаметром 500-

1600 мм, каналізаційних і зливових колекторів, дренажів і напірних водопроводів. Частка ринку поліетиленових труб має позитивну динаміку зростання. [1].

В даний час в Україні не функціонує більшість виробників первинних пластмас, що свідчить про різке скорочення доступної сировини для виробництва. Більшість полімерних труб, що виробляються в Україні, орієнтовані на споживання на внутрішньому ринку. Існує перелік факторів, які негативно впливають на динаміку ринку полімерних труб

Повномасштабне російське вторгнення в Україну. Підприємства з виробництва пластмасових виробів (станом на початок квітня 2022 року в галузі зареєстровано близько 3,8 тис. юридичних осіб) розташовані у більшості регіонів, близько 60% з них зосереджено у м. Києві та Київській області, Харківській, Одеській та Дніпропетровській областях. Значна частина підприємств галузі (близько 50%) не функціонує, інші підприємства працюють у «ламаному» режимі. У тимчасово окупованих регіонах та регіонах, де ведуться активні бойові дії, зруйновані або зупинені майже всі підприємства з виробництва пластмасових виробів (зокрема, Рубіжанський трубний завод), їх відновлення в найближчій перспективі неможливе. Водночас, в окупованих регіонах РФ «нав'язує» постачання російської сировини для відновлення виробництва рідких пластикових виробів. Вітчизняний товарний ринок пластмасових виробів у поточному році суттєво звужився. Зниження купівельної спроможності. Купівельна спроможність - це наявний дохід (тобто дохід після сплати податків та соціальних відрахувань, включаючи отримані трансфертні платежі) населення певного регіону. З 2022 року доходи українців зросли втричі. Середня зарплата в Україні у 2021 році становила 500 доларів (18 373 грн), а в цьому році вона впала до 375 доларів (13 779 грн). Інфляція в цьому році знаходиться в межах 20-30%.

Відновлення будівельних процесів. У перші місяці війни будівництво в Україні зупинилося. Повернення до проектів почалося наприкінці весни. Незважаючи на війну та складну економічну ситуацію, українська будівельна

галузь розвивається: розпочинається будівництво нових об'єктів нерухомості, вводяться в експлуатацію будинки, які не були завершені до кінця лютого 2022 року та були добудовані в умовах воєнного стану. Про обсяги довоєнної української будівельної галузі поки що не йдеться. Однак активність у цій сфері помітно поживається. За час проведення військових дій на території нашої країни Державною інспекцією архітектури та містобудування України (ДАБІ) зареєстровано понад 20 000 заяв на нове будівництво об'єктів, реконструкцію та капітальний ремонт пошкоджених будівель. Лідером за кількістю звернень за отриманням дозволів на будівництво є Львівська область. Також високі показники таких звернень у Київській та Хмельницькій областях. Також українці активно працюють над відновленням та будівництвом об'єктів соціальної інфраструктури, насамперед медичних закладів. Абсолютна більшість пластикових труб, що закуповуються на державних тендерах, виготовляється з поліетилену (96,4%). На другому місці за обсягами виробництва - поліпропілен (2,7%), на третьому - полівінілхлорид (0,9%).

Позитивні сторони технічних характеристик полімерів, перспективи їх подальшого застосування і регіональна структура світового виробництва пластмас із структурою темпів їх зростання детально представлені на рисунках 2.9-2.10

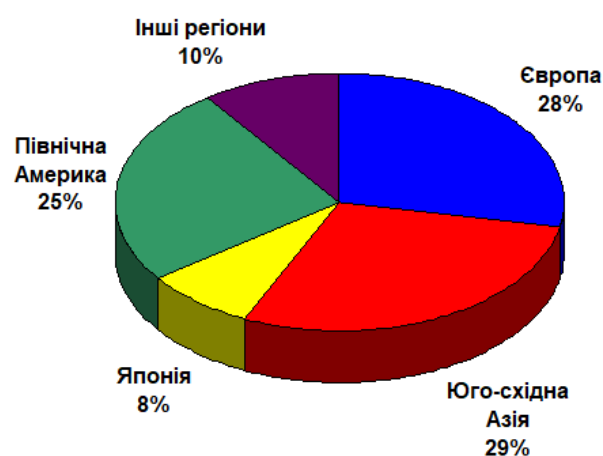


Рисунок 2.9 – Регіональна структура виробництва пластмас к 2023 року

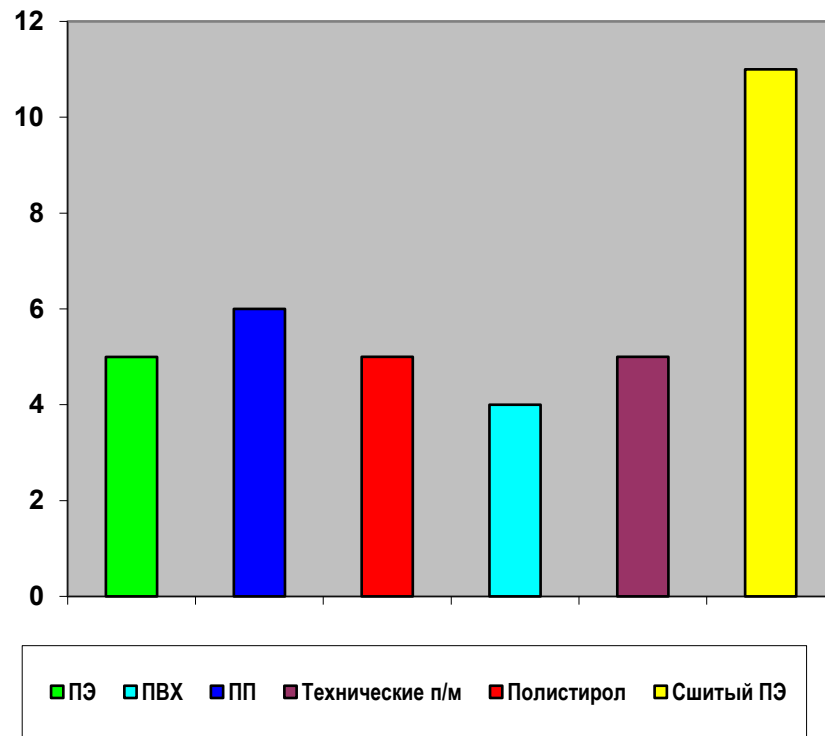


Рисунок 2.10 – Прогноз темпів росту виробництва пластмас до 2025 року

3 БЕЗТРАНШЕЙНІ МЕТОДИ БУДІВНИЦТВА І РЕКОНСТРУКЦІЇ ІНЖЕНЕРНИХ КОМУНІКАЦІЙ

3.1 Актуальні питання використання безтраншейних технологій при будівництві, ремонті і реконструкції підземних комунікацій

Початок тисячоліття характеризується стійким зростанням міст, розвитком підприємств базових галузей промисловості, будівництва, транспорту і телекомунікацій, що призводить до необхідності будівництва нових підземних комунікацій різного призначення. З іншого боку, більше половини існуючих комунікацій прокладена 20-50 років тому, тобто вимагають реконструкції і оновлення. У зв'язку з цим, очевидно, що нині існує і в найближче десятиліття збережеться високий потенціал зростання капіталовкладень у будівництво, реконструкцію і ремонт підземних комунікацій найширшого призначення. Модернізація і реконструкція тих, що діють і будівництво нових трубопроводів частенько проходять на територіях міст, діючих промислових підприємств, в скрутних геологічних і географічних умовах, при дії ряду технічних, технологічних і екологічних обмежень. При цьому траси перетинають річки, болота, яри, лісові масиви, автомобільні і залізничні, інші трубопроводи, території діючих підприємств. Очевидно, що виробництво робіт традиційними методами із зовнішньою екскавациєю ґрунту в цих умовах сильно ускладнене, або частенько неможливо. Це і цілий ряд інших чинників природного і штучного походження обумовлює особливу актуальність прискореного ведення безтраншейної техніки і технологій у будівництво, ремонт і реконструкцію підземних комунікацій в нестандартних, частенько екстремальних умовах[2].

Питанням експлуатаційної надійності трубопроводів водопровідних мереж та пошуку ефективних технологічних рішень для їх використання в

ремонтно-відновлювальних роботах присвячені роботи вчених України, Німеччини та інших країн: С.В. Храменкова, В.А. Петросова, А. Г. Приминить, В. О. Орлова, П. П. Махнева, Пітера Бруссіг, Міхаеля Ульріха, Герхарда Кіссельбаха, Адольфа Бема, Федорченко. О. Н, Гончаренко Д. Ф, Вевелер. Х. В. та інші.

Одним з пріоритетних видів безтраншейного прокладення мереж є горизонтальне спрямоване буріння(ГНБ) - спосіб утворення свердловини із запроєктованими характеристиками, безперервним моніторингом процесу буріння і коригування траси в процесі її будівництва[4,5].

Міські дороги у відмінності від приміських доріг, мають під конструктивними шарами дорожнього одягу на міських вулицях і дорогах досить велику кількість підземних інженерних мереж і споруд(водопроводи, каналізаційні мережі, всілякі кабелі : силові, телефонні і ін., газопроводи, теплові мережі і т. п.).

Аварійні розкриття міських доріг складають щорічно близько 70%, що більш ніж в 2 рази вище за планових.

Як правило, усі аварійні розтини міських доріг робляться відкритим способом. Особливо слід зазначити культуру виробництва робіт, пов'язаних з розкриттям міських доріг і подальшим їх відновленням. Частенько при ремонті підземних мереж в межах проїжджої частини стінки ґрунту і конструктивних шарів дорожнього одягу не закріплюються, і відбувається їх руйнування. Не менш важливою обставиною є і те, що на розкритих ділянках доріг і тротуарів порушується однорідність показників фізико-механічні властивостей ґрунту і конструктивних шарів дорожнього одягу, слідством чого і являється поява через певний проміжок часу після відновлення просідали, погіршуючи показники рівності покриття.

Традиційні методи ведення ремонту, що припускають масштабні земляні роботи, менш ефективні, а у ряді випадків і неможливі, зокрема, із-за небезпеки ушкодження пам'ятників архітектури. Альтернатива - так звані

безтраншейні методи, що дозволяють проводити ремонт трубопроводів з мінімальними земляними роботами.

Їх головні переваги[4].:

- скорочення часу і витрат на земляні роботи і подальше впорядкування;
- гарантія довговічності результату (термін служби пластиків не менше 50 років);
- можливість проведення оперативної санації трубопроводів в будь-який сезон;
- збільшення пропускної спроможності трубопроводів (на поверхні полімерних труб не утворюються відкладення, біологічні плівки, корозійні нарости);
- збільшення надійності каналізаційних мереж, скорочення ризику поривів до мінімуму;
- стовідсоткове усунення всіх дефектів відновлюваної ділянки

3.2 Оцінка необхідності проведення ремонтних робіт трубопроводів. Вибір методів реконструкції

За результатами технічних обстежень визначається необхідність проведення і види ремонтних робіт на трубопроводах. Існують традиційні методи ремонту(заміна «сталь на сталь», «сталь на ПЕ»), пов'язані з великою кількістю земляних робіт. У обмежених міських умовах вони застосовні лише для заміни невеликих ділянок пошкоджених газопроводів завдовжки в декілька метрів. А для реновації газопроводів значної протяжності в обмежених міських умовах застосовуються ПЕ труби і безтраншейні технології прокладення(протягання).

При виборі методу реконструкції необхідно враховувати:

- технологічну можливість застосування того або іншого методу ремонту;
- результати гідравлічного розрахунку пропускної спроможності системи газопостачання і збереження існуючого тиску в мережі;
- можливість зменшення діаметру газопроводу з підвищенням тиску в мережі(наприклад, перекладу газопроводу з низького на середній тиск і так далі);
- технічний стан газопроводу (міра ушкодження металу труби, ізоляційного покриття, наявність і ефективність роботи ЕХЗ і інші.);
- економічну доцільність з техніко-економічним обґрунтуванням і порівнянням варіантів.

Однією з поширених технологій реконструкції зношених сталевих трубопроводів є реновація методом протягання ПЕ труби усередині сталевій (зі зміною діаметру, з переходом з низького тиску на середнє або без переходу).

У міських умовах для будівництва газопроводів бажане застосування наступних ПЕ труб:

- з ПЕ 100;
- з РЕХ;
- з багат шарового ПЕ;
- металопластикових труб;
- труб з армованих термопластичних матеріалів.

В основному застосовуються труби, виготовлені з композицій поліетилену ПЕ 80 і ПЕ100(гарантований термін експлуатації - 50 років).

ПЕ 100 в порівнянні з ПЕ 80 має значно великі характеристики міцності і більш високу стійкість:

- до повзучості;
- до повільного поширення тріщин;
- до швидкого поширення тріщин.

У європейських країнах для санації зношених газопроводів використовуються безтраншейні методи ремонту без зміни діаметру трубопроводу:

- «U – Liner»;
- «Фенікс»;
- безтраншейні технології прокладення газопроводів з використанням горизонтального спрямованого буріння; горизонтального буріння з промиванням;
- технології продавлювання з руйнуванням або виштовхуванням старої труби.

«U – Liner» і «Фенікс» - дорогі методи, але в обмежених міських умовах вони вирішують проблему продовження терміну служби експлуатованих газопроводів.

Будівництво нових газопроводів із застосуванням горизонтального спрямованого буріння дозволяє прокладати газопроводи під водними перешкодами, автомобільними, залізничними і трамвайними шляхами, в скверах, парках; у специфічних ґрунтах, в умовах щільної житлової забудови міст, на території промислових підприємств. Але цей метод складений для виконання в обмежених міських умовах, оскільки відбувається рух ґрунту, що може пошкодити існуючі комунікації. [12].

Таким чином для діагностики технічного стану розподільних і внутрішніх газопроводів, а також розрахунку їх залишкового ресурсу відсутня нормативна база.

Усі вище перелічені методи санації підземних сталевих газопроводів, успішно вживані в європейських країнах, на сьогодні нелегітимні в Україні (окрім методу протягання ПЕ труби усередині сталевій) через відсутність нормативної бази.

Санація і реновація газопроводів - завдання державного рівня. Проте сьогодні така політика відсутня, а силами обласних ВАТ по газифікації і газопостачанню це завдання фінансово не вирішується.

3.3 Безтраншейні технології відновлення трубопроводів: релейнінг і реновація

Фактично в 90-і роки минулого століття були не лише створені нові технології відновлення старих трубопроводів - це було і час верифікації багатьох методів, на перший погляд дешевих, але недовговічних.

Аналізуючи приклади зі світової практики, є сенс акцентувати увагу на проєктах, які вже реалізували сусіди України - Польща і країни Балтії. Загальний технічний стан трубопроводів в цих країнах, за оцінками фахівців, викликає побоювання. Тому реновація малонадійних комунікацій - один з найбільш дієвих способів повернення трубопроводам первинних проєктних параметрів. Передумовою для початку безтраншейних ремонтних робіт являється очищення труб, а також їх дослідження. для задоволення різних вимог використовуються і різні методи[3,4.5,].

Однією з поширених технологій реконструкції зношених сталевих газопроводів є реновація методом протягання ПЕ труби усередині сталевій (зі зміною діаметру, з переходом з низького тиску на середнє або без переходу).



Рисунок 3.1 –Ремонт трубопроводу з мінімальними технічними складнощами і можливістю проведення в умовах щільної міської забудови

Протягання(релейнінг) усередині зношених трубопроводів стандартних поліетиленових труб РЕ-НД - найбезпечніший і найбільш ефективний спосіб

відновлення корродованої труби. При релайнінгу трубами PE-HD не мають значення вид і місце корозії, оскільки витягувальна труба - це однорідний канал з несучою конструкцією.



Рисунок 3.2 - Протягання поліетиленової труби усередині сталевій



Рисунок 3.3 - Горизонтальне спрямоване буріння



Рисунок 3.4 - Стягування батога з водопровідних труб

При протяганні міняється діаметр відновлюваного трубопроводу, і, отже, підвищується робочий тиск в мережі. Наприклад, відновлені таким методом газопроводи перекладаються з низького тиску на середній. Для зниження тиску на ввіді споживачів встановлюються шафові регулятори тиску. Переклад системи газопостачання на середній тиск дозволяє зменшити протяжність підземних газопроводів, оскільки стають непотрібними мережі трубопроводів низького тиску і паралельні прокладення.

Для кращої ілюстрації ефективності методу релейнінгу наведемо приклади зі світової практики. У 1982 році була проведена реконструкція міського водопроводу Бангкока. Стара система транспортування води була ненадійна - втрати питної води складали 43 відсотки, а робочий тиск знизився з проектних 0,6 до 0,1 МПа. Такі великі втрати були обумовлені застосуванням чавунних труб, які не витримували умов експлуатації. Вулиці міста побудовані на піску, покритому 20-сантиметровим шаром бетону, поверх якого, - асфальт. Інтенсивний вуличний рух створював постійну вібрацію, і жорсткий чавунний трубопровід був схильний до постійних переміщень. Була проведена реновація головного водопроводу діаметром 710-900 мм методом релейнінга, використовуючи труби PE-HD. Фахівці розкрили водопровід лише в місцях, де були люки і арматура. Щонайдовший відрізок поліетиленової труби, який протягнули усередині старого трубопроводу, був близько 700 метрів. діаметр труби після реновації зменшився на 10-20 відсотків, але тиск зріс до 0,6 МПа. Після 20 років експлуатації відновленого трубопроводу не було жодних проблем[3].

Доречно згадати і про релейнінг чавунного газопроводу в Монако. Поліетиленова труба діаметром 900 мм була протягнута в старому 1000-міліметровому газопроводі, який, до речі, теж був у хорошому стані, але на стиках втратив суцільність зварного шва. Проблема ця характерна для багатьох трубопровідних мереж. Витоки з'являються в місцях з'єднань. Це обумовлено дією інтенсивного автомобільного руху і старінням сполучних деталей, місць зварювання.

Цікавий збіг обставин : фахівці провели реновацію газопроводу перед головною адміністративною будівлею центру стандартів DIN в Монако.

Показовий і ремонт трубопроводу в р. Остроленка (північно-східна Польща). Сталевий напірний канал діаметром 700 мм і завдовжки близько 1800 метрів відводив агресивні стічні води з целюлозного комбінату. Цей сталевий колектор побудували 20 років тому(у той час інші матеріали були відсутні). Після десяти років експлуатації стан трубопроводу став аварійним. Бетонування каналу поліпшило ситуацію ще на п'ять років. На жаль, цей метод не зупинив подальшу корозію трубопроводу. Комбінат виявився перед дилемою: міняти увесь трубопровід або знайти інший метод реновації, який зберіг би трубопровід на довгі роки. Традиційні методи були вичерпані. Метод реновації був реалізований в 1996 році. для ремонту були використані труби PE-HD діаметром 630 мм з товщиною стінки 37,3 мм. Реновація проведена методом релайнінга. Відрізки труб завдовжки 200-300 м кожна були протягнуті в сталевому каналі.

Слід зазначити, що вартість реновації каналу поліетиленовими трубами була в два рази менше, ніж бетонування трубопроводу, проведене п'ятьма роками раніше. А співвідношення вартості поліетиленових труб до інших витрат при реновації(метод труба в трубу) складає 1:1. Роки експлуатації підтверджують відсутність впливу агресивних стічних вод на поліетиленові труби.

У Україні не менш гостро стоїть питання про реновацію трубопровідних систем(експлуатаційна надійність багатьох сталевих трубопроводів не перевищує 10 років). Щорічні втрати води досягають 40 відсотків, тепла - 15-18%, 10-12% - нафтопродуктів. Ліквідація аварій і заміна зношених мереж обертається для бюджету значними витратами.

У 2003-2005 рр. в Харкові із застосуванням нових ПЭ технологій виконана реконструкція окремих ділянок газопроводів загальною протяжністю 3,7 км.

Перше протягання завдовжки 1,4 км було здійснене на проспекті Героїв Харкова. За результатами технічного обстеження цей газопровід знаходився в аварійному стані і вимагав негайного ремонту. Для його реконструкції був розроблений і погоджений в установленому порядку пілотний проект. Власними силами створені також інструменти і пристосування для підготовки внутрішньої порожнини сталеві труби до протягання, виконані креслення і конструкції пристосувань для монтажу і центрування труб. При будівельно-монтажних роботах були прийняті заходи для запобігання ушкодженням труб, встановлені додаткові відключаючі крани. З'єднання труб робилося за допомогою деталей із заставними електронагрівачами.

У подальші роки цей метод успішно застосовувався для реновації зношених газопроводів в р-ні Північної Салтовки.

Безтраншейна технологія дозволила виконати роботи в обмежених умовах - поряд з великими автомагістралями, метрополітенем, великою насиченістю суміжних комунікацій. При цьому використовувалися труби з ПЕ 80, їх засипка в прямках робилася піском.

Окрім найбільш поширеного протягання стандартних поліетиленових труб усередині зношеного трубопроводу, застосовуються технології U - Liner і Phoenix[4,5,22,23]..

Метод U - Liner. Цей метод трохи змінює діаметр трубопроводу і дозволяє зберегти в нім проектний тиск. Профільна труба відновлює свою первинну круглу форму(ефект пам'яті) і щільно прилягає до стінок старої труби під впливом пари.

Метод Phoenix є шланговим облицюванням, яке відновлює трубопровід з використанням лайнера з синтетичних тканин і спеціального клею. Відбувається облицювання трубопроводу для будь-якого середовища по усій площі. Умовний діаметр відновлюваних трубопроводів складає від 100 до 900 мм(для безнапірних трубопроводів від 150 до 800 мм). На будівельному майданчику лайнер заповнюється епоксидним клеєм. Потім він намотується на ревізійний барабан, а кінець шланга накладається на зворотний фланець. За

допомогою стислого повітря починається його «відгинання» в трубу, що санує.

Трос, що одночасно простягається, робить вплив на швидкість проходження лайнера. Після повного проходження лайнера через ділянку труби в неї подають суміш сухої пари високої температури, що забезпечує твердіння клею.

Безнапірні трубопроводи можна санувати, застосовуючи метод RIB – LOK (втягування труби, що утворюється намотуванням). За допомогою цього методу можуть санувати дефектні каналізаційні трубопроводи в діапазоні умовних діаметрів величиною від 200 до 1200 мм. Роботи проводяться в оглядовому колодязі, де пластмасовий профіль за допомогою намотувальної машини намотується в нову каналізаційну трубу, яка вводиться в стару трасу. Вільний кільцевий простір, що залишився, між дефектною трубою і трубою RIB - LOK забивається спеціальною трамбівкою для підвищення статичної міцності.

Одним з найбільш ефективних безтраншейних методів є метод руйнування трубопроводів, що дозволяє замінювати зношені мережі на нові полімерні. Переваги методу полягають в тому, що за одну зміну можна замінити ділянку трубопроводу в середньому завдовжки 200-250 м зі збереженням або збільшенням діаметру. Це означає, що при ущільненні міської забудови можна збільшити кількість води, що подається, без прокладення нових комунікацій за рахунок збільшення діаметру того, що подає водовода.

Метод руйнування трубопроводів на сьогодні є одним з найдешевших і легших в застосуванні. Його дешевизна обумовлюється високою швидкістю проведення робіт, невеликою кількістю використовуваної техніки і механізмів і мінімальною кількістю обслуговуючого персоналу. Для проведення робіт необхідно підготувати два невеликі котловани в початковій і кінцевій точках замінюваної ділянки труб. Один для установки в нього руйнівника, а інший - для простягання нової полімерної труби. Далі через існуючий трубопровід на

всю довжину замінюваної ділянки проштовхуються сталеві штанги, що автоматично скручуються. Потім до штанг приєднується спеціальний ніж, який і руйнує існуючу трубу. До ножа кріпиться насадка, за яку протягають зварений полімерний батіг. За робочу зміну можна відремонтувати ділянку більше 150 метрів.

Усі вищеописані методи відновлення трубопроводів гарантують 100% непроникність, відсутність корозії, довговічність, конструкційну однорідність нового каналу, високу економічність.

Вартість робіт методом «U-Liner» 200 євро за 1 м.п.; методом «Фенікс» 300 євро за 1 м.п. До того ж відсутня нормативна база.

Метод спрямованого горизонтального буріння досить складений в обмежених міських умовах. В основному використовується в місцях перетинів з різними перешкодами. Нормативна база відсутня.

Найбільш оптимальним в наших умовах є метод протягання ПЕ труб усередині сталевих (приблизно 100 грн, або 15 євро за 1 мп.).

Виходячи з умов міцності, надійності і довговічності, ефективніше використати для реновації газопроводів не ПЕ 80, а ПЕ 100. Але дорожчі труби з РЕХ і багатошарові поліетиленові труби мають більш високі характеристики міцності і не вимагають додаткової засипки піском. Вони найбільш підходять для відновлення і прокладення трубопроводів безтраншейними методами.

3.4 Безтраншейні технології будівництва трубопроводів - горизонтальне спрямоване буріння

Модернізація тих, що діють і будівництво нових трубопроводів частенько проходять на територіях населених міст з щільною забудовою і розгалуженою інфраструктурою, промислових підприємств, в скрутних геологічних і географічних умовах, при дії ряду технічних, технологічних і

екологічних обмежень. Очевидно, що виробництво робіт традиційними методами із зовнішньою екскавацією ґрунту тут сильно ускладнене або неможливе. Ці і цілий ряд інших чинників обумовлює актуальність прискороного впровадження безтраншейної техніки і технологій, серед яких особливою ефективністю і незамінністю в нестандартних і екстремальних умовах відрізняється саме ГНБ[4,5].

Нині є безліч визначень цієї технології. Але найбільш вдалим, на думку фахівців, видається наступне:

Горизонтальне спрямоване буріння - це спосіб освіти в ґрунті свердловини із запроектованими характеристиками, безперервним моніторингом процесу буріння і відповідним коригуванням траси в ході її будівництва. Технологія ГНБ складається з трьох етапів (рис. 3.5).

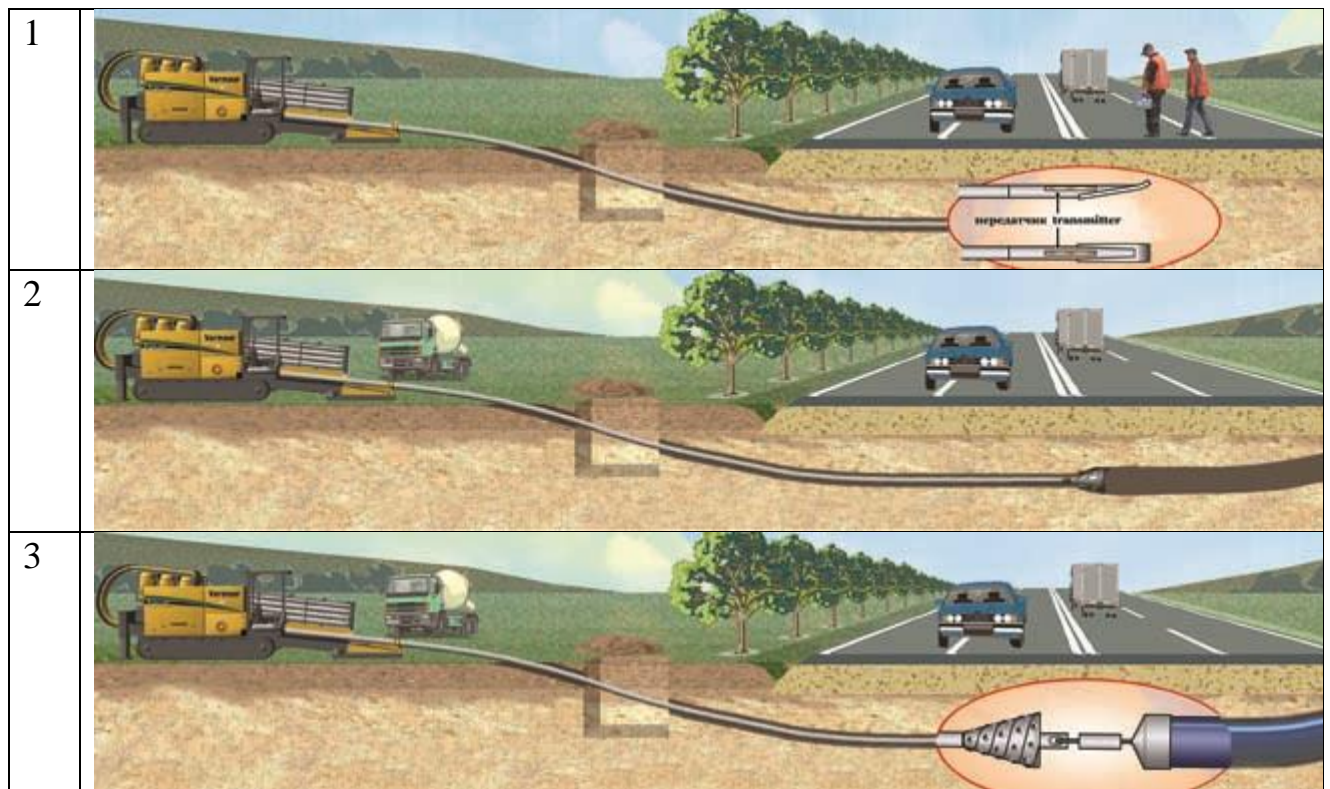


Рисунок 3.5 – Етапи прокладання підземних комунікацій методом ГСБ з допомогою спеціалізованої техніки: 1- пілотне буріння; 2- розширення; 3- зтягування трубопроводу.

Етап 1. Буріння пілотної свердловини. Попередній отвір по запланованій осі майбутнього трубопроводу починають бурити під ухилом 11- 200. З досягненням проектної глибини напрям проходки стає горизонтальним. Буріння здійснюється за допомогою породоразрушаючого інструменту - бурової голівки із скосом в передній частині(буровою лопаткою). У голівку вбудований також спеціальний випромінювач, за допомогою якого визначають глибину розташування і кут ухилу голівки відносно поверхні. Власне, спрямоване(кероване) буріння можливо тільки на цьому етапі. Бурова голівка через порожнистий корпус сполучена з гнучкою приводною штангою, що дозволяє управляти процесом формування пілотної свердловини і обходити виявлені перешкоди у будь-якому напрямі(в межах природного вигину робочої нитки, що простягається). Просто кажучи, прямолінійне буріння здійснюється за допомогою одночасного втискування в ґрунт і обертання бурової голівки. Коли ж її тільки вдавлюють в ґрунт (без обертання) - здійснюється поворот в напрямі, залежний від положення бурової лопатки і її «рульових» характеристик.

Етап 2. Розширення свердловини. Після досягнення пункту виходу бурову пілотну голівку від'єднують від бурових штанг, а замість неї приєднують розширювач зворотної дії - риммер. Докладанням тягового зусилля з одночасним обертанням риммер простягається через створ свердловини у напрямі бурової установки, розширюючи пілотну свердловину до необхідного діаметру. Залежно від величини розширення цей процес може бути одноразовим або багатократним. Для забезпечення безперешкодного простягання труб через розширену свердловину її діаметр повинен на 25- 30% перевищувати діаметр трубопроводу.

Етап 3. Простягання трубопроводу. Готовий батіг трубопроводу розташовується на протилежній від бурової установки стороні свердловини. До переднього кінця батога кріпиться оголовок з вертлюгом, що сприймає тягове зусилля, і риммером. Вертлюг обертається з буровою ниткою і

риммером, але не передає обертальний рух на трубопровід. Таким чином, бурова установка зтягує у свердловину батіг трубопроводу по проектній траєкторії.

Ефективність, технічна і економічна доцільність застосування технології ГНБ багато в чому зумовлені її універсальністю. Типові діаметри використовуваних тут труб - від 50 - 100 до 1500 мм, тоді як довжина буріння без виходу на поверхню може досягати навіть 2300 м. Метод застосовний майже в усіх типах ґрунтів і скель(групи I - V з семи існуючих по класифікації), з трубами з різних матеріалів(ПЕ, сталь, сфероїдальний чавун). При тому, що погрішність керованого буріння свердловини складає всього 50 мм.

Проте, приведені вище параметри зовсім не слід вважати межею можливостей ГНБ. Австралійські фахівці, зокрема, стверджують, що нині не існує причин, із-за яких, при необхідності, неможливо було б пробурити свердловину на надвеликій глибині - наприклад, 1000 м. Вони ж звертають увагу на спорідненість ГНБ і вертикального нафтогазового буріння, практичний досвід якого перевищує зараз 11000 м, а використовуване при цьому устаткування і пристосування - схожі або ідентичні. Тому, виходячи з «нового мислення» і власної концепції наддовгого буріння методом ГНБ, австралійці констатують практичну здійснимість пілотних отворів протяжністю 10 км[4,5]..

Не менш переконливо і вражаюче виглядають також економічні розрахунки ординарного застосування технології ГНБ. У далекому зарубіжжі вартість робіт на будівництво комунікацій цим методом залежно від конкретних умов складає в середньому 300-600 доларів США за прокладення 1 м трубопроводу. Визначальним чинником ціни на роботи методом ГНБ в Америці і Західній Європі є діаметр трубопроводу(орієнтовно береться найпростіше співвідношення: 1 мм - 1 долар). При ґрунтовніших розрахунках, окрім цього, враховують також матеріал труб, категорію ґрунту, глибину залягання комунікацій, наявність перешкод та ін. Але в основному, фахівці

єдині в оцінці економічної ефективності застосування технології ГНБ порівняно з іншими способами будівництва трубопроводів. На їх думку, використання ГНБ для спорудження інженерних мереж(особливо - переходів під водними перешкодами і лісовими масивами) дозволяє істотно - до 30-50% - скоротити об'єми фінансових витрат.

Про це ж свідчать і розрахунки вітчизняних фахівців, проведені для конкретно го випадку застосування ГНБ в м. Одесі. Обґрунтування: затверджені Держбудом України кошторисні норми по облаштуванню прохідних каналів методом ГНБ на базі керованих бурових установок Navigator фірми Vermeer (як доповнення до збірок Ресурсних кошторисних норм спорудження об'єктів зв'язку, радіотрансляції і телебачення (РЕСН д 2.2-34-2013) і Ресурсних кошторисних норм експлуатації машин і механізмів (РКНЕ Д 2.7-2013). Склад робіт: горизонтальне спрямоване пілотне буріння діаметром 100 мм з розширенням до 152 мм в ґрунтах II групи. Результат: певна вартість погонного метра прохідного каналу, отриманого методом ГНБ, склала 649 грн при трудовитратах 2,94 людино-години, що значно дешевше за аналогічні витрати на прокладення комунікацій відкритим способом - 985 грн при трудовитратах 8 людино-годин. Отже, значне зниження трудовитрат (в 2,7 разу) і економія фінансових ресурсів (в 1,5 л разу) в наявності.

Найважливіша(і обов'язкове) умова успіху при проведенні бурових робіт - наявність надійної локаційної системи. Вона дозволяє точно контролювати процес буріння, напрям проходки і безпомилково визначати місце розташування бурової голівки, а також здійснювати автоматичне регулювання параметрів буріння. При цьому високочастотні комп'ютерні системи контролю отримують усю необхідну інформацію.

Окрема(але далеко не остання за значимістю) глава в технології ГНБ - застосування бурових сумішей. Виробництво відповідних компонентів для їх приготування - самостійний і бурхливо такий, що розвивається напрям світової індустрії. Як показує практика, саме правильно підібраний склад бурового розчину робить ключовий вплив на успіх в реалізації проєкту з

використанням ГНБ. Бурові суміші виконують ряд найважливіших технологічних функцій : охолоджують буровий інструмент; служать в якості підкладки для відпрацьованого ґрунту; зменшують тертя і знижують зусилля продавлювання або тяги, необхідне для прокладення трубопроводу; допомагають стабілізувати стінки свердловини при пілотному бурінні і розширенні. У простих випадках застосування технології ГНБ для цих цілей може використовуватися також вода в чистому вигляді, хоча і до неї пред'являються суворі вимоги в плані характеристик хімічного складу(вона не повинна містити кальцій і хлор, а показник її жорсткості(рН) повинен знаходитися в межах 7-10 одиниць). Проте в переважній більшості випадків основу бурових розчинів складає бентоніт — природний глинистий мінерал, що має властивість сильно розбухати при гідратації, а в умовах обмеженого простору і присутності води утворювати щільний гель, який перешкоджає водообмену. Залежно від умов буріння додаткові властивості основному буровому розчину забезпечують різні полімерні присадки. Вони широко використовуються для збільшення продуктивності(темтів проходки), зменшення фільтрації і подолання складних ґрунтів.

Безумовно, технологія ГНБ, з якою Україна познайомилася в середині 90-х років майже одночасно з іншими країнами СНД і Східної Європи, переживає на вітчизняному ринку аналогічні «проблеми зростання». Серед чинників, стримуючих темпи її впровадження, в першу чергу слід назвати:

- безальтернативність і дорожнечу імпортової техніки ГНБ;
- відсутність об'єктивної інформації про експлуатаційно-технічні і ремонтні кондиції установок ГНБ різних компаній-виробників;
- відсутність відповідної нормативної бази, єдиних норм і розцінок на здійснення робіт методом ГНБ;
- інертність мислення деяких фірм-монополістів, згідно з яким «великий фронт робіт» забезпечує ним «великі гроші», а економна технологія - навпаки.

3.5 Безтраншейні технології в міських умовах

Це призводить до руйнування цілісності проїзної частини, усіх її конструктивних шарів покриття і основи, надалі - до деформації проїзної частини, що обумовлює втрату міцності, рівності, зносостійкості, передчасне старіння покриття, а у ряді випадків відбувається руйнування прилеглих ділянок із-за тих, що просіли основи і руйнівної дії атмосферних опадів. Витрати на неодноразове відновлення доріг із-за раніше виконаних розкопок не компенсують втрачених якостей проїжджої частини, її цілісності і експлуатаційних характеристик[4,16..

Роботи по улаштуванню конструктивних шарів дорожнього покриття повинні виконуватися в теплу пору року при температурі не нижче 10^0 С. Будь-які відхилення призводять до втрати якості, а відповідно - до нераціонального використання матеріальних і фінансових ресурсів. Ці вимоги практично не виконуються, що обумовлене необхідністю безперервного руху автотранспорту. Розкопки міських вулиць призводять до затримок в русі автотранспорту, втратам часи усіма учасниками руху, додатковому забрудненню довкілля за рахунок збільшення шкідливих викидів, збільшенню кількості ДТП.

Затримки автотранспорту із-за розкопок проїзної частини наносять досить відчутний фінансовий збиток. Так, на чотирьох смуговій проїжджій частині при розрахунковому навантаженні на смугу до 600 автомобілей в годину добові втрати складають до 25 тис. грн.

Втрати від затримок автотранспорту в місцях розкопок при чотирьох смуговій проїжджій частині складають :

- а) за часом: $600 \times 2 \times 0,82 \times 15 \times 0,75 / 492 = 45$ людино-дня,
- де 600 - годинне навантаження на смугу(автомобілів в годину);
- 0,82 - коефіцієнт визначення відношення до занятому населенню;
- 15 - кількість годин інтенсивного руху автотранспорту;

0,75 - величина затримок автотранспорту (кількість хвилин при перетині),

492 - тривалість робочого дня в хвилинах;

б) за вартістю втрат : $45 \times 130 = 5850$ грн,

де 130 - приведена вартість людино-дня.

Величина прямих витрат (з урахуванням $K_{\text{неравн}} = 3,0$) : $5850 \times 3 = 17550$ грн;

в) матеріальні витрати по ліквідації тих, що просіли - до 1500 грн

г) загальна сума втрат складе: $5850 + 17550 + 1500 = 24900$ грн.

До того ж, зростуть непрямі витрати в умовах виникнення ДТП. Моральний збиток і соціальні наслідки при цьому не піддаються прямо-му численню.

Нині розкопування проїжджої частини є небажаним і неприпустимим. При реконструкції міських вулиць і доріг необхідно передбачити додаткові канали для про-кладки підземних інженерних комунікацій. І застосовувати слід тільки безтраншейні технології і прокладення інженерних мереж, використовуючи передовий, вітчизняний і зарубіжний досвід: методи горизонтального спрямованого буріння(ГНБ), протяжки, «проколу» та інші.

Приклад розрахунку: Склад робі : горизонтальне спрямоване пілотне буріння діаметром 100 мм з розширенням до 152 мм в ґрунтах II групи. На підставі ресурсних кошторисних норм визначена вартість погонного метра прохідного каналу, отриманого методом ГНБ в ґрунтах другої групи. Вона складає 1649 грн при трудовитратах 2,94 людино-години, що значно дешевше за аналогічні витрати на прокладення комунікацій відкритим способом-2985 грн при трудовитрати 8,25 людино-годин.

За прямими витратами набагато вигідніше за виконувати роботу безтраншейним методом(в даному випадку - ГНБ), безумовною перевагою якого є відсутність руйнувань проїжджої частини та ін. елементів благоустрою міста, відсутність причин, що створюють значні перешкоди в русі автотранспорту, що практично завжди має місце при відкритому прокладенні комунікацій.

Отже, значне зниження трудовитрат(у 2,7 разу), поліпшення екологічного стану навколишнього середовища, економія фінансових ресурсів (у 1,6 разу), відсутність непрямих витрат, пов'язаних з втратами часу пасажирів, істотне скорочення термінів будівництва - переконливі свідчення очевидної доцільності застосування безтраншейних технологій в міських умовах.

3.6 Вимоги до якості і приймання робіт

Контроль і оцінку якості робіт на всіх етапах будівництва переходу виконують відповідно до вимог нормативних документів.

Контроль якості виконуваних робіт повинен здійснюватися фахівцями або спеціальними службами, оснащеними технічними засобами, що забезпечують необхідну достовірність і повноту контролю і покладається на керівника виробничого підрозділу (виконроба, майстра), що виконує дані роботи.

Продукція (вироби, конструкції, труби і ін.), що поступає на будівельний майданчик, повинна пройти вхідний контроль. Даний контроль проводиться з метою виявлення відхилень від вимог проекту і відповідних стандартів. Вхідний контроль здійснюється шляхом перевірки зовнішнім оглядом і вимірами, а також контрольними випробуванням у випадках сумнівів в правильності характеристик або відсутності необхідних даних в сертифікатах і паспортах заводів-виробників. Результати вхідного контролю оформляються Актами вхідного контролю.

Операційний контроль здійснюється в ході виконання виробничих операцій з метою забезпечення своєчасного виявлення дефектів і вживання заходів по їх усуненню і попередженню. Контроль проводиться під

керівництвом майстра або виконроба переважно за допомогою вимірювальної апаратури або технічним оглядом.

В процесі підготовчих робіт необхідно здійснювати вхідний контроль труб і з'єднань трубопроводу, наявність сертифікатів і так далі, контролювати на відповідність проєкту:

- розмітку траси;
- кут нахилу бурових штанг - розрахунковому куту забурювання;
- розміри і типи бурової головки, різця, розширювачів;
- склад і якість бурового розчину.

В процесі проходки пілотної свердловини необхідно контролювати:

- кут нахилу, положення і глибину розташування бурової головки;
- відхилення фактичного розташування бурової головки від розрахункового;

- швидкість проходки;
- зусилля проходки;
- тиск і витрата бурового розчину.

В процесі розширення і протягання трубопроводу необхідно контролювати:

- швидкість проходки;
- тиск і витрата бурового розчину;
- зусилля протягання трубопроводу.

Якість виробництва робіт забезпечується виконанням вимог до дотримання необхідної технологічної послідовності при виконанні взаємозв'язаних робіт і технічним контролем за ходом робіт, викладеним в проєкті організації будівництва і проєкті виробництва робіт, а також в схемі операційного контролю якості робіт.

3.7 Матеріально-технічні ресурси

Потреба в машинах і устаткуванні. Механізація будівельних і спеціальних будівельних робіт повинна бути комплексною і здійснюватися комплектами будівельних машин, устаткування, засобів малої механізації, необхідного монтажного оснащення, інвентарю і пристосувань.

Засоби малої механізації, устаткування, інструмент і технологічне оснащення, необхідні для виконання робіт, повинні бути скомплектовані в нормо комплекти відповідно до технології виконуваних робіт.

При виборі машин і установок необхідно передбачати варіанти їх заміни у разі потреби. Якщо передбачається застосування нових будівельних машин, установок і пристосувань, необхідно указувати найменування і адресу організації або підприємства-виробника.

3.8 Охорона праці і техніка безпеки при улаштуванні полімерних трубопроводів

Охорона праці при виробництві робіт по облаштуванню інженерних комунікацій з поліетиленових труб і фасонних виробів в цілому, і по облаштуванню ПЕ комунікацій зокрема, складається з досить великого комплексу різних чинників охорони праці, оскільки ці роботи включають декілька видів робіт. [6,23,25].

Вже на стадії проектування інженерних комунікацій виникає необхідність залучення фахівців і інформаційної бази різних обслуговуючих господарств і організацій для визначення наявності і місцезрештування існуючих комунікацій, оскільки частенько магістральні мережі будуються на досить великих територіях, і є небезпека їх перетину або ушкодження.

Безпосередньо на майданчиках проведення робіт також проводять детальні розмітки і «трасування» майбутніх виїмок в присутності або з відома обслуговуючих господарств і організацій. Крім того, незважаючи на наявність підтверджених узгоджень, земляні роботи робляться під контролем відповідальної особи - виконроба або майстра

Результатом ушкодження існуючих комунікацій можуть бути різні травми і каліцтва людей і ушкодження машин і механізмів в наслідок поразки електричним струмом, вибухів та інше.

Наступний об'ємний комплекс заходів по охороні праці є присутнім при виробництві земляних робіт, які підрозділяються на підготовку і розбиття території; розпушування або відтавання(при необхідності) ґрунту і, безпосередньо, спорудження котлованів і траншей. Усі роботи виконуються з суворим дотриманням правил по виробництву таких робіт(враховуються такі чинники: вид ґрунту, місцевості, міра розпушування і вологості ґрунту, висота виїмки, безпечні відстані та інші).

Відповідальність за виконання заходів щодо техніки безпеки, охорони праці, промсанітарії, пожежній і екологічній безпеці покладається на керівників робіт, призначених наказом.

Відповідальну особу здійснює організаційне керівництво будівельними і монтажними роботами безпосередньо або через бригадира. Розпорядження і вказівки відповідальної особи є обов'язковими для тих, що всіх працюють на об'єкті.

Охорона праці робочих повинна забезпечуватися наданням адміністрацією необхідних засобів індивідуального захисту (спеціального одягу, взуття і ін.), виконанням заходів щодо колективного захисту робочих (огорожі, освітлення, вентиляція, захисні і запобіжні пристрої і пристосування і так далі), санітарно-побутовими приміщеннями і пристроями відповідно до норм, що діють, і характеру виконуваних робіт. Робочим повинні бути створені необхідні умови праці, живлення і відпочинку. Роботи виконуються

в спецвзутті і спецодягу. Всі особи, що знаходяться на будівельному майданчику, зобов'язані носити захисні каски.

Розпорядження по техніці безпеки повинні враховуватися і знаходити віддзеркалення в організаційно-технологічних картах і схемах на виробництво робіт.

Терміни виконання робіт, їх послідовність, потреба в трудових ресурсах встановлюється з урахуванням забезпечення безпечного ведення робіт і часу на дотримання заходів, що забезпечують безпечне виробництво робіт, щоб будь-яка з виконуваних операцій не була джерелом виробничої небезпеки для одночасно виконуваних або подальших робіт.

При розробці методів і послідовності виконання робіт слід враховувати небезпечні зони, що виникають в процесі робіт. При необхідності виконання робіт в небезпечних зонах повинні передбачатися заходи щодо захисту тих, що працюють.

Санітарно-побутові приміщення, автомобільні і пішохідні дороги повинні розміщуватися поза небезпечними зонами. У вагончику для відпочинку робочих повинні знаходитися і постійно поповнюватися аптечка з медикаментами, носилки, що фіксують шини і інші засоби для надання першої медичної допомоги. Всі працівники що працюють на будівельному майданчику повинні бути забезпечені питною водою.

Особа, відповідальна за безпечне виробництво робіт, зобов'язана:

- ознайомити робочих з Робочою технологічною картою під розпис;
- стежити за справним станом інструментів, механізмів і пристосувань;
- роз'яснити працівникам їх обов'язки і послідовність виконання операцій.

До роботи на бурових агрегатах допускаються особи, що пройшли спеціальну підготовку і що засвоїли:

- пристрій агрегату;
- підготовку агрегату до роботи;

- управління механізмами агрегату в цілому;
- виробництво робіт по бурінню свердловин;
- техніку безпеки при роботі;

Підтвердження кваліфікаційної групи слід проводити щорічно із записом в журналі перевірки знань по техніці безпеки.

До виконання робіт по прокладці газопроводів методом похило-направленого буріння допускаються робочі і фахівці, навчені, атестовані і такі, що мають відповідні посвідчення, а також що пройшли:

- медичний огляд і визнані придатними для виконання будівельних і монтажних робіт;
- навчання і перевірку знань по безпечних методах і прийомах праці, пожежній безпеці, наданню першої медичної допомоги і що мають про це спеціальне посвідчення;
- ввідний інструктаж по техніці безпеки, виробничій санітарії і інструктаж безпосередньо на робочому місці. Повторний інструктаж проводиться не рідше за один раз на три місяці. Проведення інструктажу реєструється в спеціальному журналі.

Загальні вимоги техніки безпеки для всіх робочих:

- забороняється стороннім особам знаходитися на робочому майданчику;
- забороняється торкатися до штанги, що обертається;
- роботу проводити тільки в спеціальному одязі і із застосуванням засобів захисту;
- забороняється змінювати встановлену технологію виконання робіт без дозволу бригадира або начальника бурового комплексу;
- забороняється використовувати машини і механізми не по прямому призначенню;
- забороняється працювати на установках, рухомі частини яких (муфти, передачі, шківни) не забезпечені огорожею, що виключає небезпеку

травмування і попадання в них сторонніх предметів, а так само знаходитися в небезпечній зоні і поблизу працюючих машин і механізмів під час відпочинку і перерви в роботі;

- захарашувати матеріалами і устаткуванням робочі місця і проходи;

- палити і розводити вогонь в заборонених місцях.

Членам бурової бригади забороняється:

- передавати управління і обслуговування механізмів і устаткування особам, що не мають на це дозволу, а також залишати працюючі механізми, що вимагають присутності людей, без нагляду;

- допускати присутність людей безпосередньо у ротора під час роботи бурового верстата;

- перемикати швидкості, включати і вимикати муфти механізмів при включеному фрикціоні двигуна;

- при надяганні стропів брати їх ближче 40 см від вантажу і знаходитися напроти них при підйомі;

- знаходитися в радіусі дії ключа при розгвинчуванні труб ротором;

- працювати ключами при невідповідності їх розмірів діаметру труб, зношених сухарях і несправних ручках;

- чистити різьбові з'єднання труб руками (потрібно щітками!), нагвинчувати і відгвинчувати інструмент на вазі (слід застосовувати спеціальні дошки);

- використовувати в роботі труби з різьбовими з'єднаннями, що недокрутили;

- залишати роботу вузла приготування бентонітового розчину і насосів без нагляду;

- працювати в темний час доби без достатнього освітлення.

При роботі на бурильній установці існує небезпека поразки електричним струмом у разі пошкодження силового електричного кабелю буровою

головкою або розширювачем, кабель може бути пошкоджений також при установці анкерних якорів.

Бурильну установку слід заземляти до установки анкерних якорів. При установці заземлюючих штирів і анкерних якорів необхідно користуватися діелектричними рукавичками і гумовими чобітьми. Анкерні і упорні пристрої, що фіксують положення бурильної установки, повинні бути розраховані на подвійне тягове зусилля, яке може розвинути установка.

Перед початком роботи необхідно перевірити справність звукової аварійної системи бурильної установки.

- При пошкодженні силового електричного кабелю, що знаходиться під напругою, забороняється:
 - операторові - покидати установку (мати), роз'єднувати штанги;
 - робочим - рухатися з місця, торкатися що знаходяться поряд установки, змішувача і інших механізмів.

При пошкодженні силового електричного кабелю оператор повинен:
при бурінні пілотної свердловини - витягнути одну штангу назад;
при зворотному розширенні - подати одну штангу вперед.

До продовження робіт приступати тільки після отримання дозволу організації - власника електричного кабелю. Перш ніж продовжити буріння необхідно перевірити працездатність аварійної системи. У разі несправності аварійної системи приступати до роботи забороняється.

Якщо при роботі на установці відбулося пошкодження інших суміжних комунікацій, необхідно повідомити їх власникові про аварію, що відбулася, і припинити працю до отримання дозволу на виробництво робіт.

ВИСНОВКИ

У країнах з ринковою економікою, що розвивалися в сприятливіших історичних умовах, структура трубопровідних систем значно відрізняється від вітчизняної. У системах водопостачання і опалювання будівель в Європі сталеві труби також займають незначну долю з тенденції постійного зниження і заміни сталевих труб довговічнішими.

Проте автоматичне перенесення зарубіжного досвіду не завжди доцільне із-за значних природних, соціальних, економічних, територіальних і будівельних відмінностей.

У сучасних умовах кризи ЖКГ необхідно комплексно розглядати трубопровідні системи ЖКГ як елементи систем життєзабезпечення, яке забезпечує транспортування готового продукту(питної, технологічної води, високо потенційного теплоносія, рідкого палива, газу) до численних місць споживання, розкиданих на значній території, і відводять відходи(стоки, низко потенціальний теплоносій, згоріле паливо і так далі).

Це вимагає зміни соціальної політики і відношення до цих систем: переведу їх з підсобних (другорядних) в життєва важливі, і орієнтації соціальної політики на виділення необхідних засобів для їх відновлення.

Щоб не зробити чергової стратегічної помилки і через 50 років знову не зіткнутися з кризою ЖКГ, вибираючи труби для трубопровідних систем, необхідно враховувати негативний досвід минулого і розглядати їх комплексно як елемент єдиної системи, з урахуванням усього життєвого циклу трубопровідної системи і стійкого, безпечного розвитку суспільства.

Трубопровідні системи є основним елементом комунальних систем, які багато в чому формують основні споживчі вимоги до них.

Вибір методу укладання, ремонту й матеріалу трубопровідних систем в значній мірі залежить від: конфігурації трубопроводів, гідравлічних характеристик, глибини закладання труб, необхідної швидкості виконання

робіт, кваліфікації персоналу, допустимого обсягу земляних та відновлювальних робіт, діаметру труб, показників якості вмісту, щільності забудови.

Безтраншейні технології є досить актуальними для сучасних міст будь-якого типу. Використання безтраншейної прокладки інженерних мереж та їх ремонт дає економію затрат 30-50% в порівнянні з традиційною системою, вони активно розробляються та виконуються багатьма приватними організаціями, але на даний момент ще не набули належної їм популярності в Україні.

На сьогоднішній день найбільш поширеними методами безтраншейного прокладання інженерних комунікацій є горизонтальна проходка в ґрунтах і протягування в утворену свердловину окремих модулів труб або батогів трубопроводів. На вітчизняному ринку технологія ГСБ впроваджуються повільними темпами. До факторів, що стримують темпи її використання є: безальтернативність та дорожняча імпортної техніки ГСБ; відсутність об'єктивної інформації про експлуатаційно-технічні та ремонтні кондиції установок ГСБ різних компаній-виробників; інертність мислення деяких фірм-монополістів, згідно з яким «великий фронт робіт» забезпечує їм «великі гроші», а економна технологія – навпаки.

Аналіз і обґрунтування методів прокладання інженерних систем, показав, що найбільш сучасним і перспективним способом відновлення водопровідного трубопроводу є безтраншейний метод, який дає можливість не тільки збільшити експлуатаційну довговічність, але і знизити витрати, пов'язані з їх експлуатацією.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Аналіз ринку пластикових труб в Україні. 2022 рік. URL:<https://pro-consulting.ua/ua/issledovanie-rynka/analiz-rynka-plastikovyh-trub-v-ukraine-2022-god> (дата звернення 20.09.2023).
2. Безтраншейне прокладання труб методом ГНБ. URL: <https://burinvest.com.ua/services/beztranshejna-prokladka-trub/> (дата звернення 12.10.2023).
3. Вевелер Х. В. Розробка технологічних та організаційних рішень ремонту та відновлення водопровідних трубопроводів. URL: <https://studfile.net/preview/8155827/> (дата звернення 10.09.2023).
4. Горизонтальне спрямоване буріння і будівництво підземних комунікацій. URL: <http://bud-3.com.ua/gnb/> (дата звернення 11.04.2023).
5. Горизонтально направлене буріння і будівництво підземних комунікацій в місті Києві. URL: <http://bud-3.com.ua/regions/kiev/> (дата звернення 11.09.2023).
6. ДБН А.3.2-2-2009. Система стандартів безпеки праці. Охорона праці і промислова безпека у будівництві. Основні положення. [Чинний від 2012–04–01]. Вид. офіц. Київ : Мінрегіон України, 2012. 94 с
7. ДБН А.3.1-5-2016. Управління, організація і технологія. Організація будівельного виробництва. [Чинний від 2016–05–05] Вид. офіц. Київ : Мінрегіон України, 2016. 52 с.
8. ДСТУ–Н Б В.2.6-203:2015. Настанова з виконання робіт при виготовленні та монтажу будівельних конструкцій. [Чинний від 2016–04–01]. Вид. офіц. Київ : Мінрегіон України , 2015. 62 с.
9. ДБН В.2.5-64:2012. Внутрішній водопровід та каналізація будівель. [Чинний від 2013–03–01]. Вид. офіц. Київ : Мінрегіон України , 2013. 134 с.

10. ДБН В.2.5-75:2013. Каналізація. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення проектування. [Чинний від 2014–01–01]. Вид. офіц. Київ : Мінрегіон України , 2013. 134 с.
11. Данкевич Н.О., Давидюк Д.Л. Аналіз сучасного стану інженерних мереж та впровадження інноваційних технологій їх ремонту та реконструкції. Abstracts of XV International Scientific and Practical Conference. Varna, Bulgaria. Рр. 194-197. URL: <https://eu-conf.com/events/scientific-fundamentals-of-solving-modern-scientific-problems/>.
12. Душкін С.С. Надійність водопровідно-каналізаційних систем : конспект лекцій. Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2015. 115 с.
13. Звіт про прямі збитки інфраструктури від руйнувань внаслідок військової агресії росії проти України за рік від початку повномасштабного вторгнення. URL: https://kse.ua/wp-content/uploads/2023/03/UKR_Feb23_FINAL_Damages-Report-1.pdf. (дата звернення 12.09.2023).
14. Кравчук А.М. Водопостачання і водовідведення : навч. посіб. Київ : КНУБА, 2012. 180 с.
15. Кравченко В.В. Санітарно-технічне обладнання будинків : навч. посіб. Рівне : НУВПГ, 2010. 120 с.
16. Концерн будівництва «Київпідземшляхбуд». Високі технології підземного будівництва. URL : <http://kpsb.com.ua/ua/technology/trenchless>. (дата звернення 21.09.2023).
17. НПАОП 41.0-1.01-79. Правила техніки безпеки при експлуатації систем водопостачання та водовідведення населених місць. URL : <http://www.ohrantruda.com/arkhiv-dokumentov/file/1771>. (дата звернення 11.10.2023).
18. Правила технічної експлуатації систем водопостачання та водовідведення населених пунктів України. URL : <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0231-95>. (дата звернення 11.10.2023).

19. Поліетиленові труби. Особливості та переваги. URL : <https://aqueduct.com.ua/ua/preimushhestva-polijetilenovyh-trub.html>. (дата звернення 11.10.2023).

20. Пошкоджені комунальні мережі на території запорізької області продовжують відновлювати спеціалісти. URL: <https://www.zoda.gov.ua/news/64097/poshkodzheni-komunalni-merezhi-na-teritoriji-zaporizkoji-oblasti-prodovzhujut-vidnovljувati-spetsialisti.html> (дата звернення 10.04.2023).

21. Сучасні технології в будівництві : підручник / за ред. О.І. Менейлюка. Київ : Освіта України, 2011. 534 с.

22. Технологія будівельного виробництва: підручник / за ред. В.К. Чернетка, М.Г. Ярмолена. Київ: Вища шк., 2002. 430 с.

23. Технологія будівельного виробництва практикум. навч. посібник для вnz / за ред. М. Г. Ярмоленко. Київ : Вища школа, 2007. 207 с.

24. Технічний стан систем централізованого водопостачання та водовідведення. URL: <https://cleanwater.org.ua/tehnichnyj-stan-system-tsentralizovanoho-vodopostachannya-ta-vodovidvedennya/> (дата звернення 10.04.2023).

25. Якіменко О.В. Технологія будівельного виробництва : навч. посіб. Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2016. 410 с.

26. Standard Design and Construction Guidelines for Microtunneling: ASCE/CI 36-15. Reston: American Society of Civil Engineers, 2015. 122 p.

27. Najafi M. Pipeline rehabilitation systems for service life extension. *Service Life Estimation and Extension of Civil Engineering Structures*. 2011. C262-289. DOI: <https://doi.org/10.1533/9780857090928.2.262>.

28. What is horizontal directional drilling (HDD). URL: <https://www.hadleeandbrunton.co.nz/what-is-horizontal-directional-drilling/> (дата звернення 11.04.2023).