

УДК 696.11

Захарченко П.В.<sup>1</sup>, Рева В.І.<sup>2</sup>, Чирич В.З.<sup>3</sup>, Чубенко Д.А.<sup>4</sup>, Ісиленко С.А.<sup>1</sup>, Кошарний І.І.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> - Київський національний університет будівництва і архітектури,

<sup>2</sup> - Державне підприємство «Інженерний центр «Сушка»», м. Київ,

<sup>3</sup> - ТОВ «Укрполімерконструкція», м. Київ,

<sup>4</sup> - ТОВ «МАТЕК», м. Київ.

## ОГЛЯД ТЕХНОЛОГІЧНИХ ОСОБЛИВОСТЕЙ ВИРОБІВ ДЛЯ СИСТЕМ ВОДОПОСТАЧАННЯ ТА ВОДОВІДВЕДЕННЯ В УКРАЇНІ

*В статті розглянуті особливості систем водопостачання та водовідведення в Україні станом на кінець 2014 року.*

*В статье рассмотрены особенности систем водоснабжения и водоотведения в Украине по состоянию на конец 2014 года.*

*The article deals with the peculiarities of water supply and sanitation in Ukraine at the end of 2014.*

Водопровідна система України доволі складний інженерний комплекс, який постійно модернізується та потребує грамотної експлуатації. Свого часу для будівництва водопровідних та каналізаційних мереж України використовувались труби, що виготовлялись із сталі, чавуну, залізобетону, кераміки, полімерів та азбестоцементу, термін придатності яких обмежений. На більшості трубопроводів відсутнє зовнішнє антикорозійне покриття і практично на всіх – внутрішнє. Значна частина водопровідних та каналізаційних мереж цього комплексу відпрацювала нормативний термін і потребує заміни. Недостатня кваліфікація персоналу, застарілі методи та способи проведення ремонтних робіт, застосовані при цьому матеріали не відповідають сучасним вимогам, що негативно впливає на підтримання водопровідних та каналізаційних мереж у належному стану. Дані щодо зношеності мережевих систем в розрізі областей України представлені на рис. 1. За даними Мінрегіонбуду, стан мереж характеризується 1-2 аваріями на 1 км труби, що в 5-20 разів перевищує відповідний показник у країнах західної Європи, а більшість аварій спостерігається переважно у сталевих трубах без покриття.

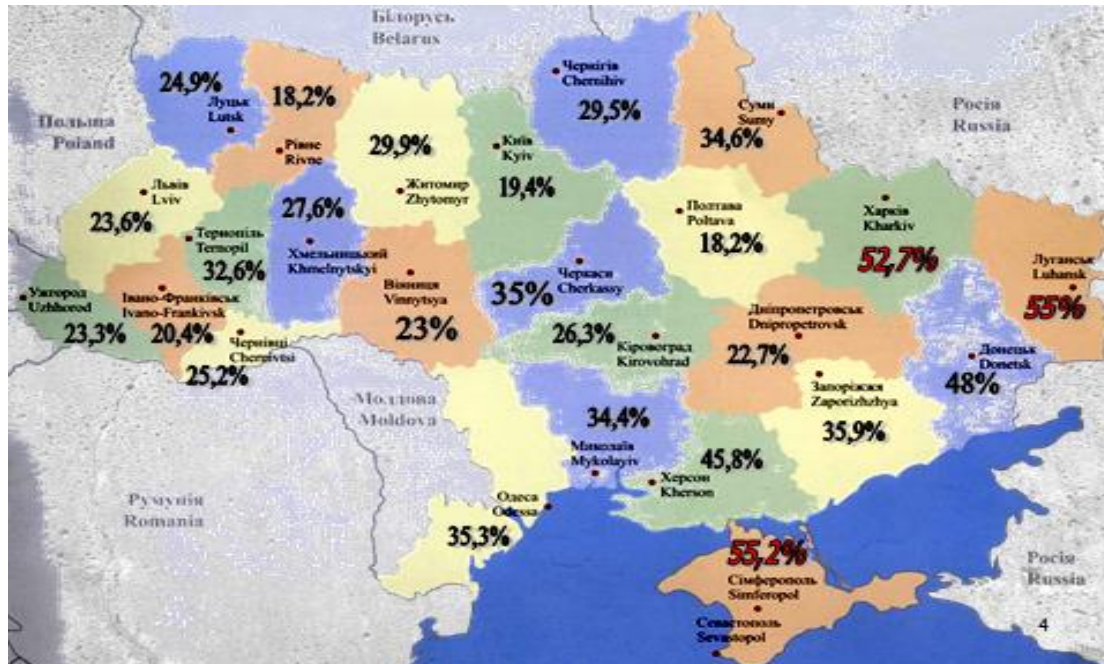


Рис. 1. Зношеність трубопроводних систем в областях України

Сталеві труби є найбільш міцними з тих, що використовуються для монтажу систем опалення, водо - газопостачання та каналізації. Незважаючи на те, що на ринку представлений досить великий вибір труб з більш сучасних матеріалів, в деяких випадках тільки сталеві труби підходять для монтажу систем. Основними перевагами сталевих труб є висока міцність, низький температурний коефіцієнт лінійного подовження, висока теплопровідність. Однак, остання перевага є такою лише в опалювальних системах. При транспортуванні холодної води ця перевага стає недоліком, оскільки на зовнішній стороні труби може з'явитися конденсат. Найбільшим недоліком сталевих труб є низька корозійна стійкість. Корозія є причиною попадання іржі у воду, зменшення за рахунок утворення продуктів корозії внутрішнього діаметра труби (зниження пропускної здатності). Одним з методів поліпшення експлуатаційних властивостей сталевих труб є нанесення на їх поверхню цинкового покриття або використання труб з нержавіючої сталі. В той же час використання таких труб стримується через їх високу вартість.

Маса сталевих труб визначається товщиною їх стінки та діаметром самої труби. Як правило, сталеві труби з'єднують за допомогою фітінгів та зварюванням. Сталеві труби використовуються при прокладанні каналізаційних мереж досить рідко. Це обумовлено не тільки великою масою труб, але в першу чергу – їх відносно низькою (в порівнянні з іншими

видами каналізаційних труб) стійкістю до корозії. В трубах, що використовують для водопровідних мереж цей параметр не є критичним, але каналізаційні стоки, як правило, містять агресивні хімічні сполуки, які сприяють досить швидкому руйнуванню сталевих трубопроводів. Втім деякі види сталевих труб все ж використовуються при облаштуванні каналізаційних мереж. Наприклад, для напірних ділянок каналізації або для проведення каналізаційного трубопроводу під дорогою чи іншою ділянкою поверхні, на яку здійснюється значний тиск.

Основний спосіб нероз'ємного з'єднання сталевих труб - зварювання. Складність та трудомісткість даного способу, дороге устаткування стримує використання сталевих труб при облаштуванні каналізації. Крім того, з'єднання труб електрозварюванням знижує антикорозійні властивості труби в області зварного шва, що автоматично призводить до зниження строку служби такого трубопроводу. Саме тому сталеві труби в каналізаційному трубопроводі найчастіше з'єднують роз'ємним способом за допомогою різьбового з'єднання. Застосовуючи ущільнене різьбове з'єднання, можна досягти високого рівня герметичності трубопроводу, при цьому напір рідини він буде витримувати не менший ніж при з'єднанні труб зварюванням. Необхідно зазначити, що сталеві трубопроводи потребують додаткового захисту від блукаючих токів (токів Фуко).

Згадані недоліки призвели до того, що сталеві труби поступово втрачають свої позиції в безнапірних трубопроводах, а також в сегменті каналізаційних систем. Основними негативними факторами є дороговизна металу та велика маса труб, що ускладнює процес монтажу каналізаційних систем майже на порядок. Проте, в деяких проектах сучасних мереж ще зустрічаються каналізаційні труби з чавуну, що пов'язано з його досить високою довговічністю та високою кільцевою жорсткістю, яка дає можливість монтувати чавунні вироби в горизонтальних та вертикальних системах. Важливою перевагою чавунних труб є те, що вони здатні успішно протистояти корозії. Чавунні труби стають найбільш оптимальним вибором у випадках, коли потрібно прокласти каналізаційну систему, що буде обслуговувати багатоквартирні будинки та великі промислові об'єкти. Переваги та недоліки чавунних труб визначаються сферою їх використання. Одним з суттєвих недоліків є складність монтажу таких труб. При їх виготовленні та монтажі внутрішню частину труб обробляють епоксидною смолою або бітумом, що гарантує збереження споживних властивостей матеріалу протягом тривалого терміну, а також забезпечує безперешкодне транспортування рідини по трубі. Більшість сучасних каналізаційних труб виготовляють у вигляді циліндра з розтрубом. Монтаж чавунних труб каналізаційної мережі проводять за

наступною схемою: вставляють хвостову безрозтрубну частину чавунної труби в розтруб вже встановленої. Зазор між внутрішніми краями розтруба і встановленої хвостової частини труби ущільнюють за допомогою льняної паклі або іншого матеріалу. Для цього перший шар паклі забивають у розтруб за допомогою спеціальної дерев'яної лопатки, наносячи по ній удари молотком (так зване «зачеканювання» паклі). Після того як ущільнювачем буде заповнено дві третини розтруба, останню третину заповнюють жорстким цементним розчином (цемент марок М-300, 400; водоцементне відношення 1:9 за об'ємом). Цементний розчин у розтрубі утрамбовують, після чого захищають його від висихання для запобігання утворення тріщин. Іноді використовують чеканку за допомогою свинця. Цей спосіб більш надійний, але потребує відповідної кваліфікації, а також більш затратний за часом монтажу та коштами.

В деяких випадках, коли виникає необхідність забезпечити герметичне з'єднання чавунної труби з пластиковою, використовують різного роду муфти та перехідники. Вони дозволяють з'єднувати труби як однакового діаметра, так і труби різні за діаметром. Для надійного стикування внутрішню поверхню розтруба чавунної труби очищують до чистого металу і просушують. В розтруб чавунної вставляють полімерну трубу та під тиском подають силіконовий герметик, рівномірно розподіляючи його в проміжку розтруба.

Великий сегмент труб для безнапірної каналізації представлений залізобетонними трубами, що виготовляють згідно з ГОСТ 20054 «Трубы бетонные безнапорные. Технические условия» та ДСТУ Б В.2.5-63:2012 «Труби безнапірні, залізобетонні, вібропресовані з циліндричним арматурним каркасом. Загальні технічні умови». Залізобетонні труби знаходять широке застосування в каналізаційних трубопроводах завдяки своїм перевагам: достатньо невеликій вартості, довговічності, технологічності у виготовленні і монтажі. За останні роки технологія виготовлення залізобетонних труб методом центрифугування замінила більш прогресивна технологія вібропресування, а використання полімерних вкладишів дозволило значно подовжити термін експлуатації трубопроводів.

В багатьох країнах світу в останні роки широкого застосування набули полімерні труби для облаштування систем водопостачання та водовідведення, газопостачання, захисних оболонки димарів, пальових конструкцій, для монтажу нафтопроводів, у системах дренажу, зрошення сільськогосподарських угідь та пасовищ. Найбільш широко труби з полімерних матеріалів застосовують у США, Німеччині, Об'єднаному Королівстві Великобританії, Франції і Японії. В Україні використання полімерних труб для зовнішніх і внутрішніх мереж водопостачання, водовідведення та газопостачання є досить незначним. На сьогодні

полімерні труби в нашій країні виготовляють з полівінілхлориду і поліетилену низького та високого тиску, менше з полікарбонату, бутадієнстиролу, поліпропілену, склопластиків та інш. Враховуючи щорічне збільшення виробництва полімерних труб, їх асортименту та отримання продукції з новими властивостями, цей ринок є досить перспективним.

У країнах Європи довговічні та економічно ефективні системи водовідведення виконують з полімерних мас на основі поліолефінів. На їх основі закордонні та українські підприємства випускають труби з внутрішнім діаметром до 4000 мм, з максимальною товщиною стінки до 200 мм. При монтажі такі труби з'єднуються зварюванням встик, а для безнапірних трубопроводів можливо також електрофузійне зварювання. Багато мережевих трубопроводів з водовідведення, які розраховані на застосування труб з низькими значеннями робочого тиску в системі, потребують високих ступенів кільцевої жорсткості (наприклад, для трубопроводів глибокого закладання). В цих випадках необхідно використовувати труби з товщиною стінки, яка перевищує оптимально-розрахункову для даного внутрішнього тиску, а за необхідності доцільним є використання профільованих труб. Окремі трубопроводи виконують з труб виготовлених з поліпропілену, що має високу ударну міцність, є стійким до багаторазових згинань, зносостійким, володіє низькою паро- та газопроникністю, високим значенням діелектричності, але в той же час має низьку термо- та світлостійкість. Труби з поліпропілену типу «Рандомсополімер» використовуються для монтажу внутрішніх систем гарячого водопостачання, опалення та технологічних трубопроводів в цивільному та промисловому будівництві. Цей міцний та дуже легкий сополімер відносять до класу термопластів, що володіють хімічною стійкістю до лужних та кислотних розчинників. Поліпропіленовий трубопровід можна використовувати при температурах від -10 до + 90°C (можуть витримувати короткочасне нагрівання до 110°C). Враховуючи високу еластичність даного полімеру, можна стверджувати, що крига, яка може утворюватися в трубопроводах при замерзанні води, не руйнує стінки труб. Блоксополімери пропілена (гетерофазні поліпропілени) використовуються для виготовлення труб, забезпечуючи їм високу ударну в'язкість, особливо при низьких температурах.

Труби з полівінілхлориду мають більш ніж 60-ти річний досвід застосування. Основними перевагами труб з ПВХ є: невелика маса (густина) - більш ніж у 5 разів легші за металеві труби; на 30% дешевші за поліетиленові труби з аналогічними технічними показниками; не піддаються дії корозії; стійкі до дії більшості кислот, лугів та солей; завдяки високим гідравлічним властивостям володіють кращою пропускною здатністю; висока пружність дозволяє багаторазово переносити гідравлічні удари; за теплопровідністю

наближаються до теплоізоляційних матеріалів; нетоксичні, вибухобезпечні, горіти починають при температурі 500°C.

До недоліків труб ПВХ відносяться:

- низька стійкість до ударних механічних навантажень;
- при горінні виділяють токсичні речовини, тому використання їх у приміщеннях обмежене, або заборонене. У Європі в деяких випадках відмовляються від їх використання.

ПВХ труби напірні для зовнішніх водопроводів випускаються зі стандартними товщинами стінок номінальними діаметрами від 900 до 500 мм, розраховані на робочий тиск від 0,6 до 1,6 МПа. Труби випускаються довжиною 1000, 2000, 3000 та 6000 мм. На одному з кінців труби сформований розтруб з ущільнюючим гумовим кільцем, який дозволяє герметично монтувати трубопроводи без додаткового зварювального обладнання або з'єднувальних муфт. Водночас таке з'єднання має низку недоліків, а саме:

- термін експлуатації трубопроводу залежить від якості гумового кільця;
- не досить надійне при використанні в ґрунтах, що просідають, та плавунах;
- гумове кільце менш стійке до агресивних сполук стічних вод.

Труби ПВХ безнапірні для водовідведення та каналізації застосовують при будівництві та ремонті підземних безнапірних трубопроводів з максимальним робочим тиском 0,16 МПа, в зовнішніх мережах каналізації будинків та споруд для відведення стічних вод в рідких та газових середовищах в діапазоні температури від 0 до 45°C. Безнапірні труби ПВХ випускаються діаметром 110-630 мм, довжиною 500, 1000, 2000, 3000, 4000, 5000, 6000 мм, за замовленням можуть випускатися труби довжиною до 12 м. Труби ПВХ безнапірні можуть виготовлятися одношаровими (монолітними) або тришаровими. Зовнішні шари виготовляють із первинного НПВХ, а внутрішній шар, що має пористу структуру, складається з вторинного матеріалу НПВХ. За класом кільцевої жорсткості труби з ПВХ розрізняють: SN- 2 з глибиною закладання до 1 метру, SN - 4 з глибиною закладання до 6 м, SN - 8 з глибиною закладання до 8 м, SN- 16 з глибиною закладання до 12 м. Безнапірні ПВХ труби діаметром 110-200 мм з класом жорсткості SN-2 мають високі економічні показники, що визначає їх широке застосування в приватному секторі будівництва. Для цивільних та промислових споруд більш затребувані труби діаметром більше 315 мм з класом жорсткості SN-8, SN-16, але цей тип труби значно програє більш сучасним двошаровим профільованим (гофрованим) трубам. Найбільш розповсюдженою технологією виробництва профільованих труб є виробництво методом двошарової екструзії двошарових труб з внутрішньою гладкою циліндричною поверхнею та зовнішньою – гофрованою (профільованою). Обидві оболонки

виробляються одночасно та поєднуються у гарячому стані в єдину монолітну конструкцію. При цьому між внутрішньою та зовнішньою стінками утворюються порожнини, які зменшують масу труби, а хвиляста зовнішня стінка забезпечує необхідну кільцеву жорсткість. Сировиною для виробництва таких труб є: поліетилен, поліпропілен або їх комбінації. Позитивний досвід використання таких труб був набутий при укладанні труб Корсис Про 1200 мм SN -16 при реконструкції Львівського аеропорту в 2010-2011 рр.

В розвинутих країнах широко використовуються труби з кераміки. Виняткові технічні, хімічні та фізичні властивості кераміки, а також досконала технологія виготовлення магістральних труб для підземної проходки гарантують тривалий термін служби систем каналізації при низьких витратах на ремонт і технічне обслуговування. Довговічність і надійність керамічних труб обумовлені унікальними параметрами:

- хімічна стійкість - величини рН від 0 до 14;
- міцність до промивання під високим тиском- до 340 бар;
- абсолютна стійкість до корозії;
- густина в 10 разів вища норми;
- найвища стійкість до внутрішнього (зовнішнього) стирання, порівняно з іншими матеріалами;
- незмінність параметрів і якості труб протягом усього терміну експлуатації;
- екологічність і відсутність шкідливого впливу на довкілля;
- термін служби – 100 років і більше;
- рівень амортизації – 1% і менше;
- зусилля проходки – до 5000 кН;
- твердість до поздовжнього тиску – 100 Н/мм<sup>2</sup>;
- товщина стінок – до 100 мм.

Створення інфраструктури каналізації з керамічних труб шляхом підземної проходки дозволяє отримати суттєві переваги для майбутнього будівництва і розраховувати на значно кращу безпеку і вищий термін експлуатації об'єктів, а також практично виключає похибки при монтажі підземних колекторів.

Магістральні труби з кам'яної кераміки – це своєрідне «лего» з відповідними супутніми елементами. А тривалий термін служби – понад 100 років – незначні витрати на технічне обслуговування і поточний ремонт каналізаційних систем, виготовлених з таких труб, є вирішальними параметрами, які зумовлюють їх високу рентабельність. За підрахунками польських вчених з Келецького технічного університету, керамічна труба

обходиться в 4 рази дешевше, ніж з найдешевшого іншого матеріалу. Вибір саме керамічної труби для будівництва каналізаційних мереж відкритим або безтраншейним способом – гарантовано правильне рішення з фінансової, екологічної та соціальної точки зору. Тому фахівці муніципалітетів міст в країнах Євросоюзу – наприклад, міст Прага, Брно, Пльзень, Кошице та ін. – дозволяють прокладання і переукладання мереж самопливної (безнапірної) каналізації лише керамічними трубами.

В Україні ж сьогодні керамічною трубою прокладена частина каналізаційної мережі на київському пивзаводі «Оболонь», де труби з інших матеріалів більше 2-3 років не витримували, а в Росії керамічна труба транспортує агресивні стоки на найбільшому в Європі Щолковському хімкомбінаті.

Каналізаційні труби представляють собою щільні, водонепроникні керамічні вироби циліндричної форми з розтрубом на одному кінці. Їх покривають зовні і зсередини хімічно стійкою глазур'ю. Наявність тонкого шару глазури на поверхні труб забезпечує їх високу водонепроникність до дії кислот і лугів.

Керамічні каналізаційні труби призначені для облаштування виробничих та господарсько-фекальних каналізаційних мереж, для транспортування стічних вод і рідких відходів харчових і хімічних виробництв. Керамічні труби також застосовують для облаштування внутрішньої виробничої каналізації при необхідності відведення від устаткування агресивних стічних рідин, а також для спорудження водостічних мереж в агресивних ґрунтових водах.

В Україні керамічні труби представлені продукцією виробництва німецько-бельгійського концерну Steinzeug-Keramo (це єдиний виробник керамічних труб на нашій півкулі). Ці труби затребувані в Європі, Японії і ОАЄ. Каналізація з керамічних труб Steinzeug-Keramo розроблена відповідно до жорстких стандартів якості та екологічності. Партнером і представником концерну Steinzeug-Keramo в Україні є ГО «Міжнародна асоціація термоенергетичних компаній», головною метою якої є сприяння впровадженню енергоефективних та екологічних матеріалів і технологій для сталого розвитку суспільства та бізнесу.

Компанія Steinzeug-Keramo виробляє широкий спектр керамічних труб з діаметрами від DN 100 мм до DN 1400 мм. Поряд з традиційними трубами і фітінгами асортимент компанії включає труби, що з'єднуються шляхом пресування, труби для дренажу, оглядові колодязі, труби для мікротунелювання. Виробництво кам'яно-керамічних труб і фітінгів проводиться відповідно до європейських стандартів (EN 295, EN1610, ZP WN 295).

Аспект довговічності та строку експлуатації каналізаційних систем являється основним параметром для прийняття виробничо-економічних рішень, а аспекти надійності та міцності являються визначальними параметрами для прийняття екологічно-орієнтовних рішень. Усі ці аспекти у сукупності впливають на соціальну сферу, де головним фактором є довговічність.

Сучасна каналізація повинна не тільки відводити стічні води, що містять механічні частки, органіку, масла, кислоти та інші хімічні речовини, а й запобігати забрудненню навколишнього середовища. Крім цього, основними вимогами до каналізаційних труб повинні бути міцність, водонепроникність, кислотійкість, лугостійкість, тобто стійкість до агресії відходів. Відомо, що від довговічності використовуваних труб, їх надійності залежить собівартість утримання транспортуючих мереж.

Аналіз недоліків та позитивних властивостей, бетонних, керамічних, полівінілхлоридних, сталевих та чавунних труб, що встановлені в існуючих системах водовідведення, показує, що від правильного вибору матеріалу цих труб, умов експлуатації, стану ґрунтів напряду залежить довговічність мереж. Крім цього, обов'язково треба брати до уваги співвідношення ціни труби та терміну її служби в мережі.