

УДК 624.012.25

**ПІДВИЩЕННЯ НЕСУЧОЇ ЗДАТНОСТІ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ
БЕЗНАПІРНИХ ТРУБ КІЛЬЦЕВОГО ПЕРЕРІЗУ**

**ПОВЫШЕНИЕ НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ
БЕЗНАПОРНЫХ ТРУБ КОЛЬЦЕВОГО СЕЧЕНИЯ**

**INCREASE OF BEARING STRENGTH OF REINFORCE-CONCRETE
NONPRESSURE PIPES OF CIRCULAR CUT**

Андрійчук О.В., к.т.н., ст. викл. (Луцький національний технічний університет)

Андрийчук А.В., к.т.н., ст. препод. (Луцкий национальный технический университет)

Andriychuk A.V., candidate of technical sciences, senior lecturer (Lutsk National Technical University, Lutsk)

У статті описано загальні відомості про залізобетонні безнапірні труби та конструктивні рішення по збільшенню їх несучої здатності. Запропоновано зміну форми поперечного перерізу та використання сталевібробетону для виготовлення безнапірних труб.

В статье описаны общие сведения о железобетонных безнапорных трубах и конструктивных решениях по увеличению их несущей способности. Предложено изменение формы поперечного сечения и использования сталефибробетона для изготовления безнапорных труб.

In the article general information is described about reinforce-concrete nonpressure pipes and structural decisions on the increase of them bearing strength. The change of form of transversal cut and use of steel-fibre-concrete is offered for making of nonpressure pipes.

Ключові слова:

Залізобетон, безнапірні труби, кільцевий переріз, несуча здатність, сталеві фібра, сталевібробетон.

Железобетон, безнапорные трубы, кольцевое сечение, несущая способность, стальная фибра, сталефибробетон.

Reinforced concrete, nonpressure pipes, circular cut, bearing strength, steel fibre, steel-fibre-concrete.

Залізобетонні безнапірні труби – це універсальні конструкції, які використовують практично у всіх галузях будівництва: промислового, цивільного, гідротехнічного, транспортного та міського (системи водовідведення), для іригаційних систем (колектори, регулятори) тощо [1].

За призначенням залізобетонні безнапірні труби поділяються на: водостічні – застосовують при влаштуванні мереж зливової каналізації; каналізаційні – призначені для транспортування стічної господарсько-побутової та промислової води; іригаційно-меліоративні; дренажні; водовідвідні, що вкладаються в насипах автомобільних та залізничних шляхів, і інші. Безнапірні залізобетонні труби в світовій практиці давно складають конкуренцію трубам із інших матеріалів. В загальному балансі використання безнапірних водопровідних труб вони займають провідну позицію та володіють найбільшими техніко-економічними перевагами в порівнянні з трубами з чавуну та сталі. Використання бетонних та залізобетонних труб в безнапірних трубопроводах показало, що термін їхньої служби складає 80 – 100 років, тоді як термін служби металевих трубопроводів обмежується 30 роками.

Із усіх відомих конструкцій безнапірних залізобетонних труб найбільш поширеними є циліндричні з круглим поперечним перерізом. Така форма раціональна при гідравлічній роботі та найбільш зручна при виготовленні та монтажі трубопроводів.

Найбільшим недоліком використовуваних залізобетонних труб кільцевого поперечного перерізу на сьогоднішній день є їхня невисока тріщиностійкість.

На рис. 1 подана візуалізаційна схема під час проведення розрахунку труби кільцевого поперечного перерізу за допомогою ПК Ліра.

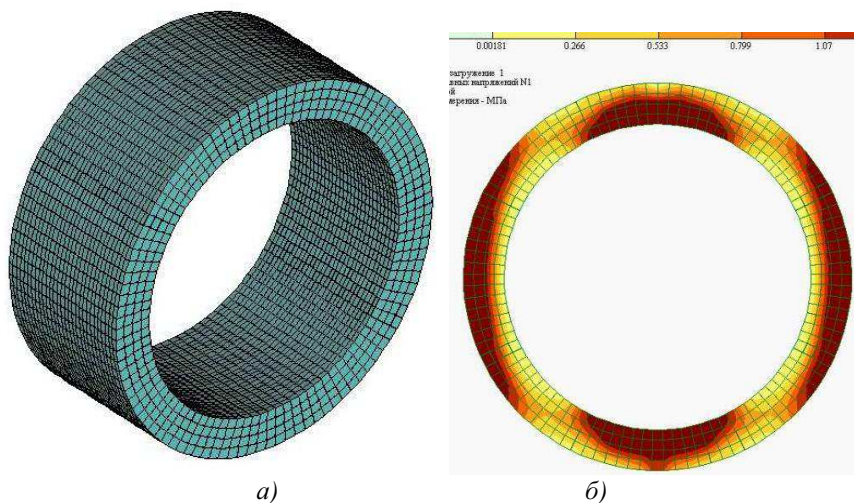


Рис. 1. Моделювання елементів кільцевого перерізу (а) та зони із максимальними згинальними моментами (б).

На рис. 2 подані схеми для статичного розрахунку циліндричних труб кільцевого поперечного перерізу.

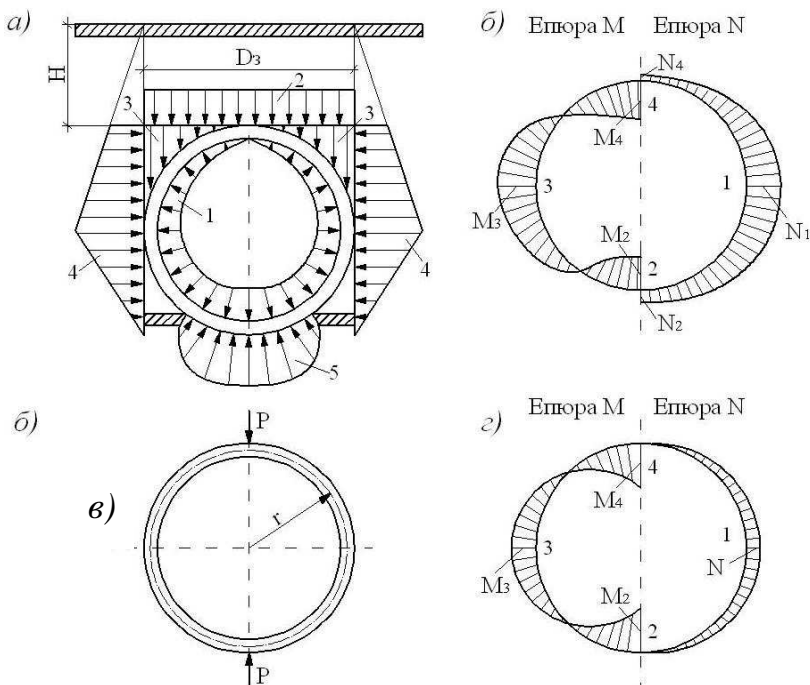


Рис. 2. Схеми до статичного розрахунку круглих труб:

- а) – схема навантажень; б) і г) – епюри згинальних моментів і поздовжніх сил N ; в) – схема дії приведенного навантаження; 1 – вага рідини, що транспортується; 2 – вертикальний тиск ґрунту та надземного навантаження; 3 – тиск ґрунту в пазухах; 4 – боковий тиск ґрунту; 5 – опорна реакція ґрунту основи

Згідно епюри (подана на рис. 2, б, г) чітко видно, що найбільш небезпечними відносно величини виникаючих моментів і відповідно розвитку процесу тріщиноутворення є внутрішня зона вертикальних січень та зовнішня зона горизонтальних – зони розтягу. Це також підтверджується і проведенням комп'ютерним моделювання роботи елементів кільцевого перерізу (рис. 1) за допомогою програмного комплексу ПК Ліра 9.4, що працює на основі алгоритмів методу скінченних елементів. На рис. 1, б чітко видно зони із максимальними моментами, що виникають під час дії прикладеного навантаження.

Одним із рішень в напрямку покращення тріщиностійкості залізобетонних безнапірних водопровідних труб кільцевого поперечного перерізу є застосування еліптичного каркасу (рис. 3), що враховує зони розтягу – внутрішню зону вертикального січення та зовнішню зону горизонтального.

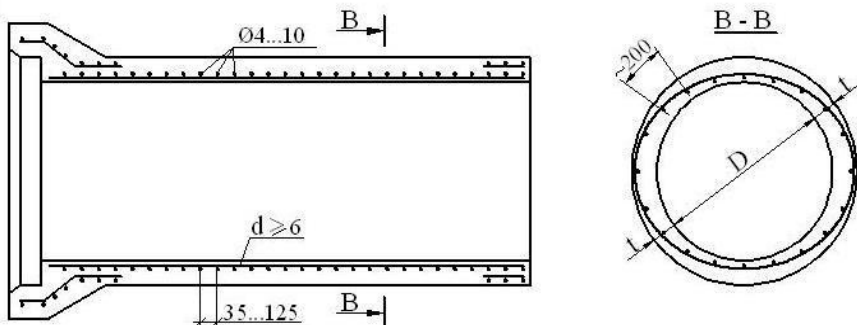


Рис. 3. Армування труби кільцевого поперечного перерізу еліптичним каркасом

Одночасно із значними перевагами, такий тип армування має два суттєвих недоліки. Потрібно враховувати, що використання еліптичних каркасів, значно ускладнює процес виготовлення залізобетонних труб кільцевого поперечного перерізу. Також ускладнюється і процес монтажу трубопроводів. Якщо під час монтажу труба з еліптичним каркасом буде вкладена з відхиленням на 90° відносно поздовжньої осі трубопроводу, то буде не тільки зведено всю можливу перевагу таких труб нанівець, але й значно знижено тріщиностійкість даного елемента під час дії навантаження, що пришвидшить процес тріщиноутворення. В діючому на сьогодні нормативному документі, що описує армування безнапірних труб – ГОСТ 6482–88 [2] такий тип армувального каркасу, як еліптичний – відсутній. І в першу чергу через його вище приведені недоліки.

Крім циліндричних труб кільцевого поперечного перерізу (рис. 4, б) в нашій державі використовуються еліптичні труби з плоскою підшовою обпирання та циліндричні з поперечними ребрами жорсткості та підшовою обпирання (рис. 4, а, в).

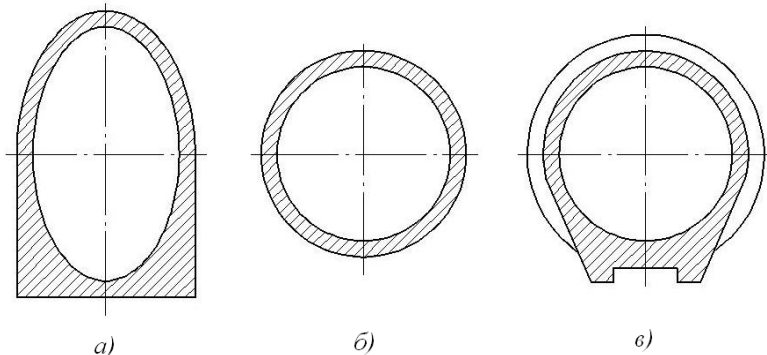


Рис. 4. Поперечні перерізи труб: а – еліптичний з плоскою підшовою обпирання; б – циліндричний; в – циліндричний з поперечними ребрами жорсткості та підшовою обпирання

Еліптичні труби з плоскою підшвою обпирання мають гірші характеристики по гідравлічній роботі та більш трудомісткий процес виготовлення в порівнянні зі звичайними циліндричними трубами кільцевого поперечного перерізу. Але несуча здатність таких конструкцій – вища.

В світовій практиці використовують безнапірні труби складних поперечних січень – стараючись надати поперечному січенню таку форму, щоб згинаючі моменти були, наскільки це можливо, зменшені або рівномірно розподілені по периметру труби. Сюди відносяться овальні та арочні труби з постійною товщиною стінки, а також труби з перемінною товщиною стінки (рис. 5). Дані види труб мають підвищену тріщиностійкість і міцність, але потребують значно складніших та більш технологічних процесів під час їх виготовлення в порівнянні з циліндричними трубами кільцевого поперечного перерізу.

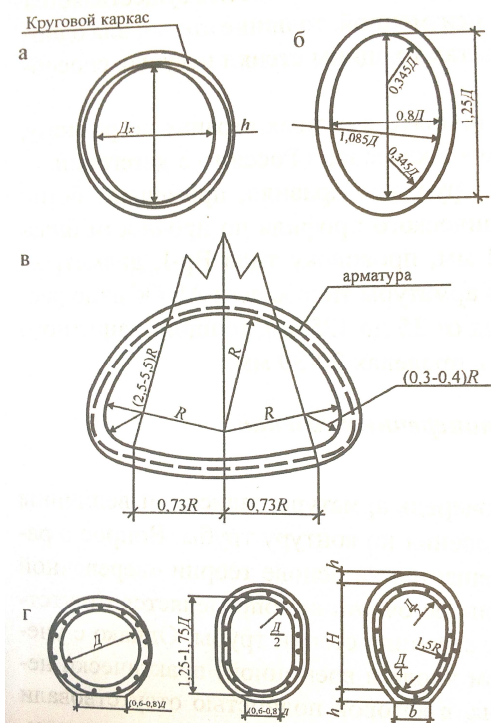


Рис. 5. Труби складних поперечних січень:

а – труба малої еліптичності;

б – овальна труба;

в – аркова труба (США) ;

г – труби з підшвою обпирання

Одним із рішень в напрямку підвищення тріщиностійкості та міцності безнапірних залізобетонних труб є застосування в конструкціях труб бетону з додаванням хаотично розміщених армуючих елементів у вигляді коротких сталевих відрізків довжиною 30 – 50 мм (фібр) (рис. 6). Комбінування жорстких – і через це володіючих значними резервами міцності – волокон з матрицею (бетоном) дозволяє локалізувати небезпеку, пов’язану з крихким

руйнуванням матриці та реалізувати таким чином основні властивості фібр: велика потенціальна міцність на розтяг та підвищений модуль пружності.

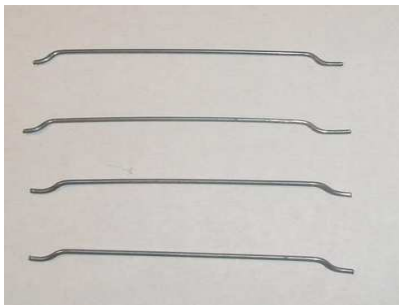


Рис. 6. Загальний вигляд сталевих анкерних фібр

Ефективність застосування сталевібробетону в будівельних конструкціях може досягатися за рахунок зниження трудовитрат на арматурні роботи, суміщення технологічних операцій на приготування, армування, укладання та ущільнення сталевібробетонної суміші, продовження терміну експлуатації конструкцій і зниження витрат на різні види поточного ремонту [3].

Під час досліджень елементів кільцевого перерізу (зменшеної стендової моделі безнапірної труби) зі сталевібробетону встановлено, що СФБ елементи з коефіцієнтом армування $\mu = 1,5 \%$ мають таку ж міцність, як і елементи із звичайного залізобетону за типовим армуванням та майже в два рази більшу тріщиностійкість. [4, 5]

Якщо взяти до уваги закордонний досвід і застосувати труби складних форм, щоб згинаючі моменти були, наскільки це можливо, зменшені або рівномірно розподілені по периметру труби, а також замінити класичне армування на дисперсне (сталевими фібрами) то можна отримати зростання несучої здатності такої конструкції в порівнянні з типовою. Але для цього твердження необхідно провести серію натурних стендових випробувань.

1. Железобетонные трубы. Проектирование и изготовление / Ю.А. Тевелев // Учеб. Пособие – М.: Издательство Ассоциации строительных вузов, 2004. – 328с.
2. ГОСТ 6482–88. Трубы железобетонные безнапорные. Технические условия.
3. Войлоков И.А. Применение дисперсного армирования при строительстве гидротехнических сооружений / И.А. Войлоков // Инженерно-строительный журнал – Санкт-Петербург: СПбГПУ, 2009. – Выпуск 1. – С. 28 – 32.
4. Бабич Є.М. Про доцільність використання сталевібробетону для виготовлення безнапірних труб / Є.М. Бабич, О.В. Андрійчук // Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди: Збірник наукових праць – Рівне: НУВГП, 2009. – Выпуск 18. – С. 119 – 126.
5. Бабич Є.М. Проектування та виготовлення безнапірних труб із сталевібробетону / Є.М. Бабич, О.В. Андрійчук // Рекомендації. – Луцьк: Луцький НТУ, 2012. – С. 32.