

**РЕСУРСОЗБЕРІГАЮЧІ МАТЕРІАЛИ ТА НОВІ ТЕХНОЛОГІЇ  
ВИГОТОВЛЕННЯ БУДІВЕЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ І КОНСТРУКЦІЙ**

**УДК 624.012.25**

**ПРО ДОЦІЛЬНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ ДИСПЕРСНО АРМОВАНОГО  
БЕТОНУ ДЛЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ЛОТКІВ СИСТЕМ  
ВОДОВІДВЕДЕННЯ**

**О ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ДИСПЕРСНО  
АРМИРОВАННОГО БЕТОНА ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ЛОТКОВ  
СИСТЕМ ВОДООТВОДА**

**ABOUT EXPEDIENCE OF THE USE OF DISPERSIBLE REINFORCED  
CONCRETE FOR MAKING TRAYS OF SYSTEMS OVERFLOW-PIPE**

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

**Андрійчук 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 подано відомості про дослідження дисперсно армованих бетонних конструкцій, а також описана доцільність використання сталевібробетону для виготовлення лотків систем водовідведення.**

**В статье поданы сведения об исследовании дисперсно армированных бетонных конструкций, а также описанная целесообразность использования сталефибробетона для изготовления лотков систем водоотвода.**

**In the article information is given about research of dispersible reinforced concrete constructions, and also the described expediency of the use of steel-fibre-concrete for making trays of the systems overflow-pipe.**

**Ключові слова:**

Залізобетон, дисперсно армований бетон, сталевібробетон, сталева фібра, система водовідведення, труба, лоток.

Железобетон, дисперсно армированный бетон, сталефибробетон, стальная фибра, система водоотвода, труба, лоток.

Reinforced concrete, dispersible reinforced concrete, steel-fibre-concrete, steel fibre, system of overflow-pipe, tray, pipe.

**Стан питання та мета дослідження.** Під час спорудження водогонів, дамб, мостів, тунелів, гідроелектростанцій і інших інженерних споруд основним конструкційним будівельним матеріалом є бетон. Для даного виду конструкцій бетон характеризується підвищеною водонепроникністю, морозостійкістю та тріщиностійкістю, і іншими параметрами [1].

Одним із різновидів важких бетонів є дисперсно армований бетон – бетон армований дисперсними волокнами (фібрами). Такий бетон являє собою звичайну суміш із цементу, піску, крупного заповнювача та води, доповнену певною кількістю сталевих чи інших волокон. 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: велику потенційну міцність на розтяг та підвищений модуль пружності. За потреби до сталевібробетону додаються пластифікуючі добавки – для полегшення легкоукладальності бетонної суміші.

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 [2, 3, 4, 5].

Сталевібробетон у світовій практиці займає значну долю в загальному об'ємі використовуваного бетону, для чого налагоджено промислове виробництво сталевих фібр в межах 350-400 тис тон в рік.

Досвід розвинених країн, таких як США, Великобританія, Німеччина, Франція і Австралія показав техніко-економічну ефективність застосування сталевібробетону в різного роду будівельних конструкціях [6]. Найбільш цікавими прикладами застосування сталевібробетону в цій сфері є: кріплення гідротехнічного тунелю діаметром 2340 мм в Карсігтоні (Великобританія), тунель Хеггура під дном Північного моря (Норвегія), колекторні тунелі метрополітену в Гамбурзі (Німеччина) і Ліоні (Франція), автодорожній тунель протяжністю 6630 м на глибині до 1 км Єнасан-2 в Японії. Достатньо широко сталевібробетон також використовується для виконання ремонтних робіт із оброблення тунелів, мостів, дамб, тонкостінних несучих конструкцій.

Варто відмітити, що велику кількість наукових праць і в Україні, Росії та Білорусії присвячено дослідженням конструкцій із дисперсно армованого бетону. В Республіці Білорусія сталевібробетон на даний момент має обмежене застосування - зведення монолітних підлог та дорожніх покриттів, а також окремих збірних виробів [5]. Але наукові дослідження конструкцій, виготовлених на основі сталевібробетону які проводять спеціалісти РУП "Института БелНИИС", стають все більше актуальними. На рис. 1 подано загальний вигляд виготовлених експериментальні тюбінги марки 55P.H.CФ

та дослідження експериментальної конструкції тюбінгу 55Р.Н.СФ, що проведені в Білорусії.

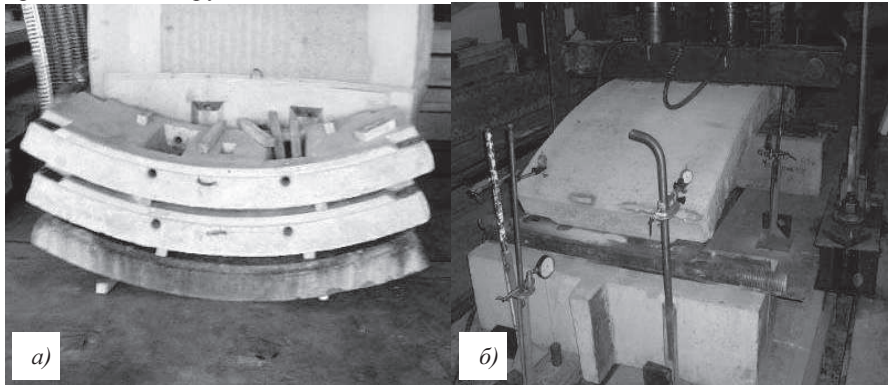


Рис. 1. *а)* виготовлені експериментальні тюбінги марки 55Р.Н.СФ;  
*б)* дослідження експериментальної конструкції тюбінгу 55Р.Н.СФ.

На рис. 2, *а)* подано загальний вигляд технологічного транспорту РУП БМЗ з навантаженням на вісь до 150 кН і монолітних плит технологічної дороги в м. Жлобин (Республіка Білорусія), а на рис. 2, *б)* Підготовка до випробування СФБ кільця марки КС10-9. Результати цих досліджень приведені в [4].

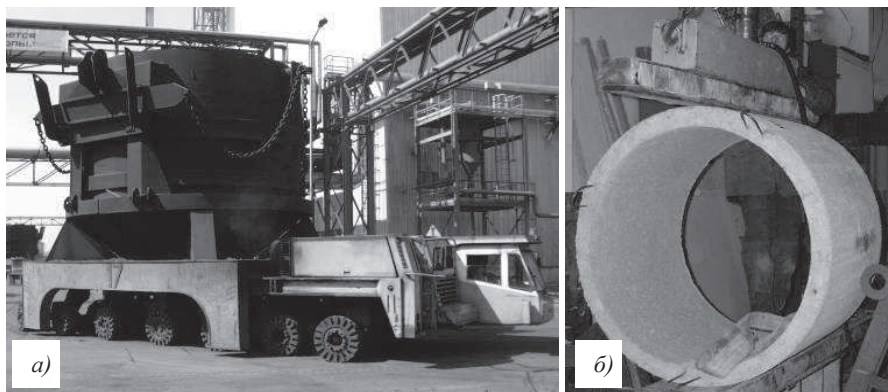


Рис. 2. Загальний вигляд технологічного транспорту РУП БМЗ з навантаженням на вісь до 150 кН і монолітних плит технологічної дороги в м. Жлобин;  
Підготовка до випробування СФБ кільця марки КС10-9.

Варто відмітити, що і в Україні були проведені дослідження безнапірних дисперсно армованих труб кільцевого перерізу на дію одноразових і повторних навантажень різних рівнів (рис. 3). Повторні малоциклові навантаження задавалися різних експлуатаційних рівнів – 0,5, 0,7 і 0,85 від руйнівних. Під час дослідження 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. [7, 8, 9].

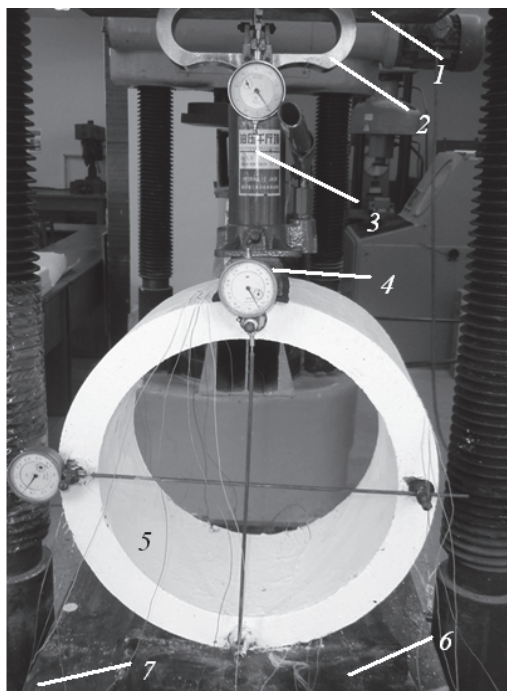


Рис. 3. Загальний вигляд випробування елементів кільцевого перерізу:  
 1 – верхня опорна плита пресу ПСУ-125;  
 2 – зразковий динамометр;  
 3 – домкрат;  
 4 – металева траверса;  
 5 – дослідний зразок кільцевого перерізу;  
 6 – гумовий килим;  
 7 – нижня опорна плита пресу ПСУ-125.

Відведення поверхневої води від насипів земляного полотна автомобільних доріг здійснюється за допомогою поздовжніх каналів укріплених в залежності від конкретних інженерно-геологічних і кліматичних умов – бетонними плитами, збірними залізобетонними лотками, а також монолітним бетоном.

В будівельній практиці використовуються, як правило, розроблені раніше типові рішення залізобетонних лотків для зведення каналів різного функціонального призначення. Типові збірні лотки виконуються із бетону класу на міцність при стиску – В15. На рис. 4 приведено загальний вигляд

притрасового водовідвідного лотка з поперечним січенням напівтруба із «робочою» довжиною  $l = 1000$  мм.

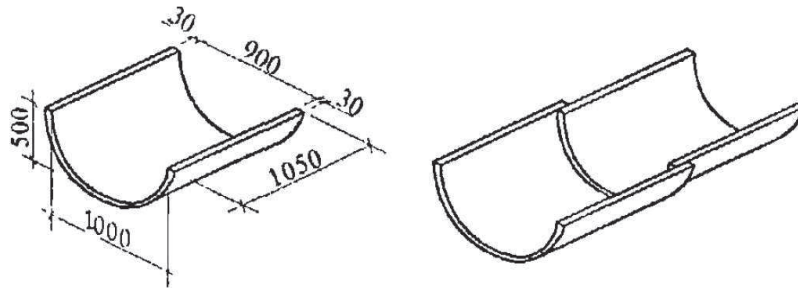


Рис. 4. Загальний вигляд притрасового водовідвідного лотка-напівтруби.

Недоліками водовідвідних лотків із залізобетону є їх невисока тріщиностійкість, ударна міцність, морозостійкість та інші характеристики, які в свою чергу залежать від міцності матеріалу на розтяг. Тому використання залізобетонних лотків, враховуючи умови його роботи в конструкціях, ставить завдання пошуку способів підвищення цих параметрів.

Застосування сталевібробетону для укріплення притрасових водовідвідних систем дозволяє вирішити ряд задач. А саме – знизити матеріалоемність конструкції і як наслідок їх вагу; знизити затрати праці на під час виготовлення конструкцій; продовжити безремонтний і загальний термін експлуатації конструкцій і зниження витрат на різні види поточного ремонту. Варто відмітити, що застосування сталевібробетонних лотків для водопостачання та водовідведення взамін типових залізобетонних дозволяє повністю відмовитися від використання арматури.

На сьогодні даних про досліджень в Україні водовідвідних лотків із дисперсним армуванням в літературі виявлено (можна вважати, що такі дослідження не проводилося). Якщо брати до уваги позитивний ефект отриманий під час дослідження тонкостінних інженерних конструкцій (труби, тюрінги) із дисперсно армованого бетону як в Україні, так і за кордоном, то актуальною задачею є проведення дослідження лотків систем водовідведення із сталевібробетону.

**Конструкція експериментальних зразків.** На даний момент в Україні відсутня в достатній кількості розроблена нормативна документація для проектування та виготовлення тонкостінних інженерних конструкцій із дисперсно армованого бетону. В Україні розроблено "Настанову з проектування та виготовлення сталевібробетонних конструкцій" [10], яка розповсюджується на проектування сталевібробетонних конструкцій будівель і споруд різного призначення, котрі виконуються з важкого та дрібнозернистого бетону, армованого сталевими волокнами. Стандарт

встановлює вимоги до проектування та виготовлення сталевібробетонних конструкцій без попередньо напруженої арматури, котрі експлуатуються при статичному навантаженні у середовищі з неагресивним ступенем впливу і в кліматичних умовах України. Але нормами не передбачено розроблення каталогу номенклатури композиційних матеріалів, не передбачається виготовлення конструкцій і виробів з використанням інших видів волокон (базальтових, скляних, синтетичних) для будівель і споруд промислового, цивільного та житлового призначення.

Під час виготовлення дослідних лотків для матриці сталевібробетону за основу необхідно прийняти бетон класу В15 – збірні з/б лотки виготовляються саме з такого класу бетону.

Для дисперсного армування дослідних лотків із СФБ можна використати фібри діаметром 0,8 мм та довжиною 50 мм виробництва Українсько-Канадського СП ТОВ «Донбас Ліберті» з м. Харцизьк Донецької області (табл. 1 і рис. 5).

Таблиця 1

Геометричні розміри сталевих анкерних фібр



Діаметр фібри, $d$	Довжина фібри, $L \pm 2,0$	Ширина розширеного кінця, $h \pm 0,2$	Кут нахилу $a, \pm 5^\circ$
мм	мм	мм	град
0,8	50	2,5	45

$a$  – забезпечується технологічним інструментом

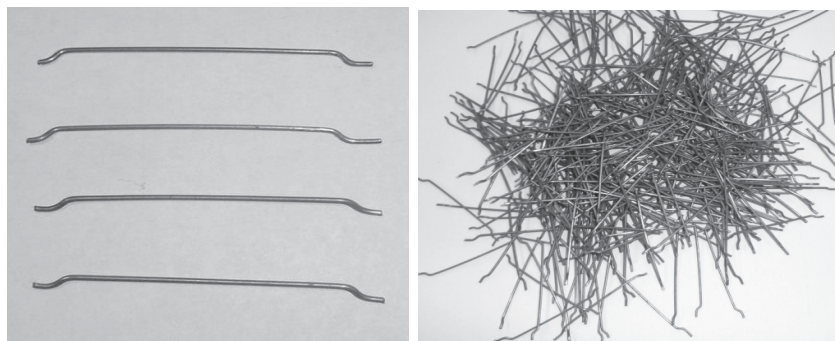


Рис. 5. Загальний вигляд сталевих анкерних фібр

Фібри з анкерними кінцями, що підвищують зчеплення фібр із матрицею бетоном – покращують їх механічну роботу в бетоні, та відповідно збільшують тріщиностійкість сталевібробетонних конструкцій. Під час досліджень, що описані в [8, 9] застосовувався саме такий вид фібр – завдяки їх введенню в бетонну матрицю був отриманий приріс міцності сталевібробетону при центральному розтягу порядку на 30 % в порівнянні з міцністю матриці бетону.

На даний конструктивних рішень лотків систем водовідведення з різними поперечними січеннями розроблена значна кількість. В якості прототипу (макету) під час розроблення лотка зі сталевібробетону найбільш доцільно взяти за основу залізобетонний лоток-напівтрубу. Основними передумовами в користь такого рішення є: відсутність кутів –концентраторів напруження, найбільше "робоче" січення при найменшій площі поверхні, достатньо проста технологія виготовлення зразків (рис. 4).

**Методика випробувань.** На рис. 6 подано схема до статичного розрахунку напівкруглих лотків і епюри від дії згинальних моментів і поперечних сил.

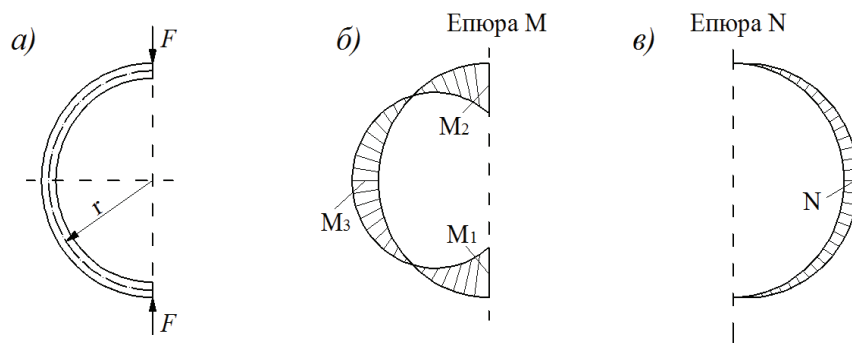


Рис. 6. Схеми до статичного розрахунку напівкруглих лотків:  
 а) схема навантажень під час проведення дослідження лотків;  
 б) епюри згинальних моментів; в) епюри поздовжніх сил N.

Для отримання достовірних результатів під час проведення дослідження необхідно мати в наявності по три зразки-близнюки лотків для кожного режиму досліджень.

На сьогодні дослідження лотків систем водовідведення з дисперсно армованого бетону від дії одноразових навантажень проведені в Росії – в ГОУ ВПО "Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова". Схема стендових випробувань, що була використана під час проведення досліджень лотків подана на рис. 7.

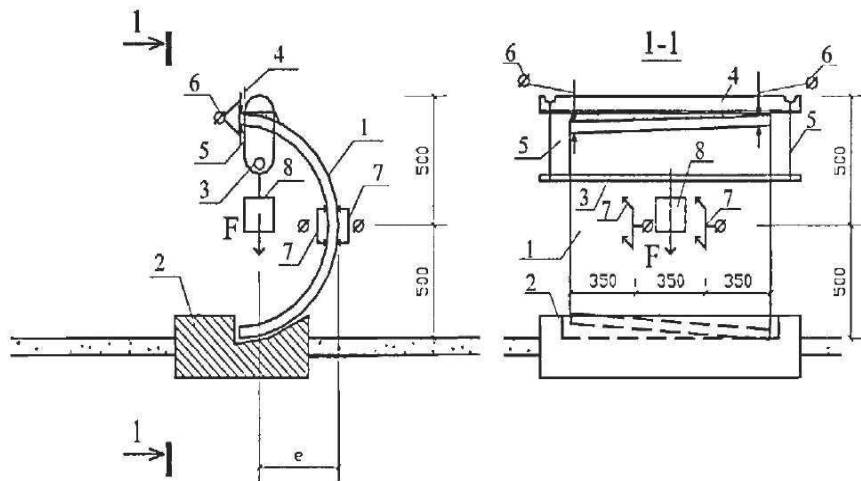


Рис. 7. Схема дослідження сталевібробетонного лотка:  
 1 – сталевібробетонний елемент лотка; 2 – жорстка основа; 3 – нижня траверса;  
 4 – верхня траверса; 5 – тяги; 6 – прогиномір Максимова; 7 – тензometri  
 Гугенбергера; 8 – вантажі.

Лотки досліджуються на спеціальному стенді в положенні "на боці" з вертикальною передачею навантаження. Така схема забезпечую виникнення максимального згинального моменту в січненні 1-1, що відповідає роботі лотків водовідведення в натурних умовах (рис. 7). Навантаження прикладається до зовнішньої грані елемента лотка у вигляді рівномірно розподіленої смуги за допомогою систем траверс і тяг.

При такому завантаженні в січненні 1-1 виникає згинальний момент:

$$M = F \cdot e \quad (1)$$

де  $F$  – нормальна згинальна сила, а  $e$  – її ексцентриситет.

Детально з результатами проведення досліджень лотків із дисперсно армованого бетону в ГОУ ВПО "Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова" та отриманими висновками можна ознайомитися в [11].

Під час проведення дослідження лотків навантаження повинно прикладатись ступенями через 8 – 12 % від руйнівного зусилля, що визначено теоретичним методом при проведенні розрахунку. Після кожного ступеня навантаження має робитися витримка на протязі 5 – 7 хв, під час якої знімаються покази індикаторів, показники тензометричного комплексу та вимірюється ширина розкриття тріщин.



**Висновки.** 1. Сталефібробетон як ефективний матеріал доцільно використовувати для виготовлення лотків систем водовідведення.

2. Застосування сталефібробетонних лотків для водопостачання та водовідведення взамін типових залізобетонних дозволяє повністю відмовитися від використання арматури, знизити матеріалоемність конструкції і як наслідок їх вагу, знизити затрати праці на під час виготовлення конструкцій і значно підвищити довговічність конструкції.

3. З огляду на наведе – дослідження особливостей роботи елементів кільцевого перерізу зі сталефібробетону та удосконалення методів розрахунку є актуальною задачею.

1. 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. 2. Рабинович Ф.Н. Композиты на основе дисперсно армированных бетонов. Вопросы теории и проектирования, технология, конструкции / Ф.Н. Рабинович // Монография. – М.: Издательство АСВ, 2011. – 642 с. 3. Юрко І.А. Високоміцний дисперсно-армований бетон / І.А. Юрко // Бетон и железобетон в Украине: Журнал – Полтава, 2013. – Выпуск 3. – С. 7 – 8. 4. Блещик Н.П. Физико-механические и технологические свойства сталефибробетона, особенности применения и перспективы развития сталефибробетонных конструкций / Н.П. Блещик, И.В. Коваль // Проблемы современного бетона и железобетона: Материалы III Международного симпозиума – Минск: Минсктиппроект, 2011. – Том 2. – С. 80 – 113. 5. Дорошенко О. Дисперсно – армований бетон – надійний та ефективний матеріал для транспортного будівництва / О. Дорошенко, Ю. Дорошенко, Н. Чиженко, К. Гудименко // Транспортное строительство Украины. – 2007. – №1 (5). – С. 16 – 19. 6. Рахимов Р.З. Фибробетон – строительный материал XX-го века / Р.З. Рахимов // Экспозиция. Бетоны и сухие смеси. – Н.Челны, 2008. – Выпуск 26 (54). 7. Бабич Є.М. Про доцільність використання сталефібробетону для виготовлення безнапірних труб / Є.М. Бабич, О.В. Андрійчук // Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди: Збірник наукових праць – Рівне: НУВГП, 2009. – Випуск 18. – С. 119 – 126. 8. Бабич Є.М. Проектування та виготовлення безнапірних труб із сталефібробетону / Є.М. Бабич, О.В. Андрійчук // Рекомендації. – Луцьк: Луцький НТУ, 2012. – 32 с. 9. Андрійчук О.В. Сталефібробетонні безнапірні труби / О.В. Андрійчук, Є.М. Бабич // Монографія. – Луцьк: РВВ Луцького НТУ, 2012. – 150 с. 10. ДСТУ-Н Б В.2.6-78:2009. Конструкції будинків і споруд. Настанова з проектування та виготовлення сталефібробетонних конструкцій. – К., Мінрегіонбуд України, 2009. – 46 с. 11. Талантова К.В. Строительные конструкции с заданными свойствами на основе сталефибробетона: Дис... докт. техн. наук: 05.23.01 – Барнаул., 2009. – 476 с.