

**БУДІВЕЛЬНІ КОНСТРУКЦІЇ, БУДІВЛІ ТА СПОРУДИ:
ДОСЛІДЖЕННЯ, ПРОЕКТУВАННЯ, УПРОВАДЖЕННЯ**

УДК 624.012.25

**ДОСЛІДЖЕННЯ МІЦНІСНИХ ХАРАКТЕРИСТИК СТАЛЕФІБРО-
БЕТОННИХ ЛОТКІВ ВОДОВІДВЕДЕННЯ**

**ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЧНОСТЫХ ХАРАКТЕРИСТИК СТАЛЕФИБ-
РОБЕТОННЫХ ЛОТКОВ ВОДООТВОДА**

**STUDY DURABLE CHARACTERISTICS STEEL FIBER CONCRETE
TRAYS SEWAGE SYSTEMS**

**Андрійчук О.В., к.т.н., доцент, Ясюк І.М., аспірант (Луцький НТУ, м.
Луцьк)**

**Андрійчук А.В., к.т.н., доцент, Ясюк И.Н., аспірант (Луцкий НТУ, г.
Луцк)**

**O. Andriichuk, Ph.D., associate professor, I. Yasyuk, PhD student (Lutsk
National Technical University, Lutsk)**

**У статті описано дослідження дисперсно-армованих лотків і
представлені результати дослідження при дії одноразових навантажень**

**В статье описано исследование дисперсно-армированных лотков и
поданы результаты исследования при влиянии одноразовых нагрузок**

**Posted research information dispersed-reinforced trays sewage systems and
described methods and results of research under the influence of single load**

Ключові слова:

Залізобетон, сталевібробетон, фібра, водовідведення, лоток.

Железобетон, сталефибробетон, фибра, водоотвод, лоток.

Reinforced concrete, steel-fibre-concrete, fibre, sewage, tray.

Вступ. Система водовідводу – це одна з складових конструкції автомобільної дороги. Від його стану залежить стан земляного полотна і дорожнього одягу. Лотки систем придорожного водовідведення виготовляються з бетону або залізобетону. Під впливом погодно-кліматичних факторів та вібраційних коливань від руху т/з на їх поверхні, в процесі експлуатації, відбувається руйнування, що призводить до утворення тріщин, вибоїн, вилущування бетону, руйнування захисного шару бетону та ін. Варто

відмітити, що вони сприймають динамічні та температурні впливи. Низька тріщиностійкість матеріалів ставить завдання пошуку способів її підвищення.

Одним з варіантів вирішення даної проблеми є застосування дисперсно-армованого бетону в конструкції водовідвідних лотків. Експериментальні дослідження лотків систем придорожного водовідведення виготовлених із сталевібробетону (СФБ), порівняння отриманих даних із результатами випробувань типових лотків і виявлення переваг та недоліків при застосуванні дисперсно-армованого бетону в конструкції лотків є актуальною та доцільною задачею.

Аналіз останніх досліджень. Останні дослідження СФБ конструкцій проводились в різних галузях будівництва таких як: дорожнє будівництво; гідропоруди: причали, дамби, греблі, труби; просторові споруди; злітно-посадкові смуги аеродромів; будівництво мостів та інше.

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" [1]. Загальний аналіз останніх досліджень і публікацій, та їх результати подано в [2].

Постановка мети і задач досліджень. Метою експериментальних досліджень є:

- обґрунтування можливості та доцільності використання лотків зі СФБ;
- встановлення особливостей роботи лотків із СФБ та дослідження напружено-деформівного стану при дії одноразових навантажень;
- на основі експериментальних даних удосконалення методики розрахунку;
- розроблення рекомендації до впровадження лотків із СФБ у виробництво.

Завдання дослідження вивчення особливостей міцнісних та деформаційних характеристик, напружено-деформівного стану придорожніх лотків зі СФБ, а також роботи цих елементів при короткочасних та повторних навантаженнях.

Методика досліджень. З метою вивчення особливостей міцнісних та деформаційних характеристик, напружено-деформівного стану лотків було виготовлено партію лотків із різних матеріалів. У процесі випробувань зразків порівнюється між собою робота бетонних, залізобетонних, СФБ і сталевіброзалізобетонних лотків (СФЗБ). Прийнято за доцільне проведення експериментальних досліджень згідно табл. 1, відповідно до мети та задач, поставлених у роботі.

Конструктивних рішень лотків із різними поперечними січеннями розроблена значна кількість. В якості прототипу (макету) під час розроблення лотка зі СФБ найбільш доцільно взяти за основу з/б лоток-напівтрубу – відсутність кутів (концентраторів напруження); найбільше "робоче" січення при найменшій площі поверхні; достатньо проста технологія виготовлення зразків. Детально процес конструювання і

виготовлення лотків подано в статті [2]. Лотки мали товщину стінки $t=40$ мм, внутрішній діаметр $d_{\text{вн}} = 300$ мм ($d_3 = 380$ мм) і довжиною лотка $l = 300$ мм.

Таблиця 1

План експериментальної частини при дослідженні лотків водовідведення

Серія	Навантаження	Досліджувані параметри	Особливості	Маркування зразків
1-ша серія	Одноразові, до руйнування з кроком 10 % від руйнівного	Міцність, деформативність, тріщинотійкість при дії одноразових навантажень	Бетонні, С12/15	1Б-1, 1Б-2, 1Б-3
			Залізобетонні, С12/15, $\mu \approx 2\%$	1ЗБ-1, 1ЗБ-2, 1ЗБ-3
			Сталефібробетонні, С12/15, $\mu \approx 2\%$	1СФБ-1, 1СФБ-2, 1СФБ-3
			Сталефіброзалізобетонні С12/15, $\mu \approx 1+1\%$	1СФЗБ-1, 1СФЗБ-2, 1СФЗБ-3

Для отримання сталефібробетону в якості дисперсного армування дослідних лотків застосовується хвиляста фібра діаметром 0,8 мм та довжиною 50 мм.

Дослідження лотків проводяться згідно схеми, що подана на рис. 1.

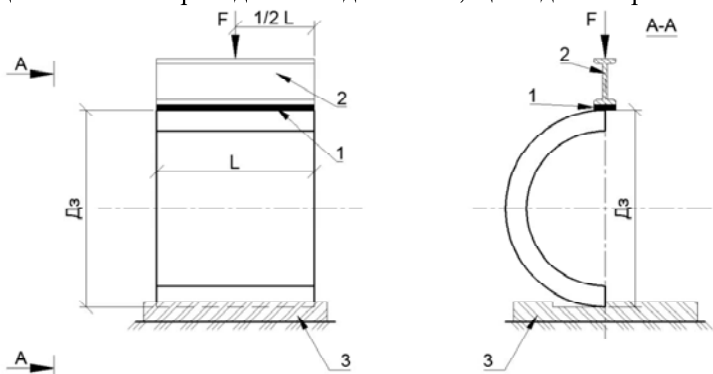


Рис. 1. Схема випробування лотка: 1 – гумовий килим; 2 – металева траверса; 3 – нерухома основа

Випробування дослідних зразків (лотків) виконується шляхом прикладання за допомогою металевої траверси зосередженого навантаження. Нижня частина елемента спирається на жорстку основу (рис. 2). Для цього буде використано гідравлічний прес ПСУ - 125. Для підвищення точності вимірювання діючого зусилля використовується зразковий протестований динамометр, що є можливість виміряти навантаження з точністю 50 Н. У цьому випадку навантаження створюється гідравлічним домкратом.

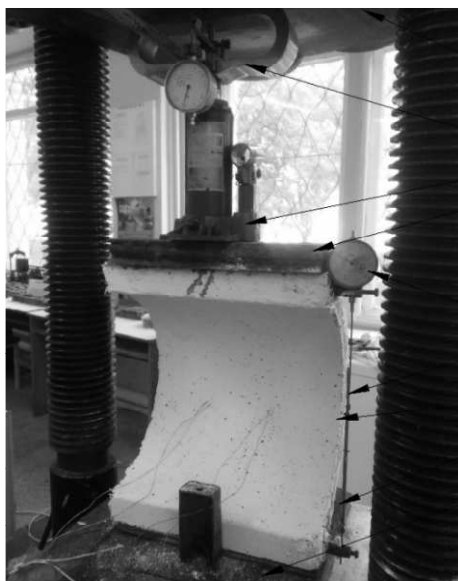


Рис. 2. – Загальний вигляд дослідження водовідвідного лотка:
 1- металева траверса;
 2- дослідний водовідвідний лоток;
 3- нерухома основа;
 4- гідравлічний домкрат;
 5- зразковий динамометр;
 6- верхня плита пресу ПСУ-125; 7- нижня плита пресу ПСУ-125;
 8- датчик визначення переміщення;
 9- штанга переміщення

Для вимірювання переміщень стінок дослідних зразків, що виникатимуть внаслідок відповідного завантаження лотка, використовується індикатор годинникового типу МИГ-1, з ціною поділки 0,01 мм, який прикріплюється за допомогою металевих тримачів, що в свою чергу приклеюватимуться до поверхні бетону епоксидним клеєм. Це забезпечує їх надійне положення відносно зразка в процесі вимірювання переміщень стінок лотка у діаметральному вертикальному напрямку.

Ширина розкриття тріщин визначатиметься за допомогою мікроскопа МПБ-3 з ціною поділки 0,05 мм. З метою покращення візуального спостереження за тріщоутворенням лотки фарбуються вапняним розчином.

Більш детальніше методика дослідження описана в [3].

Результати досліджень. *Випробування бетонних зразків.* Дослідження проводилось на лотках І серії: 1Б–1, 1Б–2 і 1Б–3; без армування.

Під час дослідження 1Б–1...3 навантаження подавалося ступенями через 0,83 кН (10 % від середнього руйнівного навантаження зразків серії 13Б). Середнє руйнівне навантаження склало $F_u = 10,83$ кН, а саме для зразка 1Б–1 воно становило $F=10,00$ кН, для зразка 1Б–2 $F=10,83$ кН і для зразка 1Б–3 $F=11,67$ кН. Переміщення стінок дослідних елементів під час навантаження в вертикальному (Δl) напрямку (рис. 3).

Перші видимі тріщини в елементах 1Б–1...3 не виникали до руйнівного навантаження $F = 10,83$ кН. Після руйнування зразок просто розпадався на дві частини по зоні з максимальним згинальним моментом (рис. 4). Ширина розкриття тріщин в такому випадку не фіксувалася.

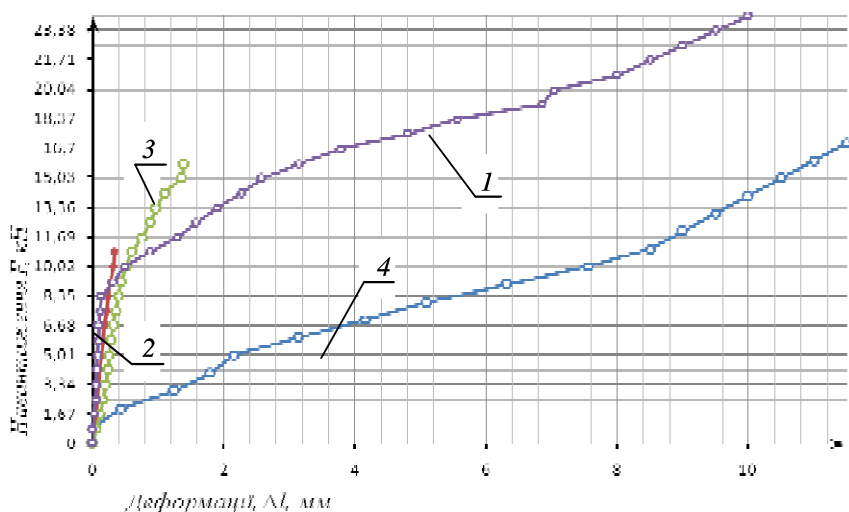


Рис. 3. Залежність деформації лотка від навантаження:
1 – СФЗБ зразки; 2 – Б зразки; 3 – СФЗБ зразки; 4 – ЗБ зразки

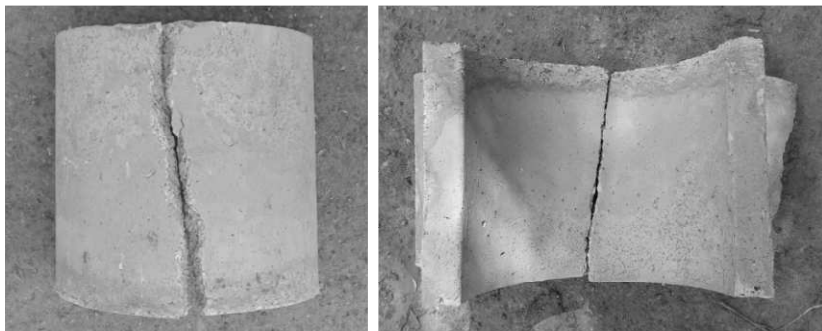


Рис. 4. Процес тріщиноутворення в бетонних лотках

Переміщення перерізу (Δl) елементів 1Б–1...3, переважно, мали лінійний характер прямої пропорційності. До значення навантаження $F = 1,67$ кН деформації зростали швидко, а потім швидкість зростання знизилася.

Випробування залізобетонних зразків. Дослідження проводилось на залізобетонних водовідвідних лотках першої серії: 13Б–1, 13Б–2 і 13Б–3, із відсотком армування сталевими каркасами $\mu = 2$.

Під час дослідження 13Б–1...3 навантаження подавалося ступенями через 0,83 кН, що становило 10 % від середнього руйнівного навантаження зразків серії 13Б. Середнє руйнівне навантаження склало $F_u = 14,17$ кН, а саме, для зразка 13Б–1 воно становило $F = 15,00$ кН, для зразка 13Б–2 $F = 13,33$ кН, а для зразка 13Б–3 $F = 14,17$ кН. Значення переміщення стінок подані в табл. 3.

У зразках 13Б–1...3 перші видимі тріщини виникли при навантаженні $F = 1,67 \dots 2,50$ кН з шириною $a_{cr} = 0,1$ мм. При навантаженні $F = 9,17$ кН

виникло ще 2 тріщини, їх ширина не встановлювалася. Лотки зразків 13Б–1...3 втрачають свою несучу здатність при $a_{\text{сгс}} = 1,5$ мм. Середнє руйнівне навантаження за втратою несучої здатності і складає $F_u = 14,17$ кН. Вигляд тріщиноутворення та розкриття тріщин лотка 13Б–1...3 (рис. 5, 6).

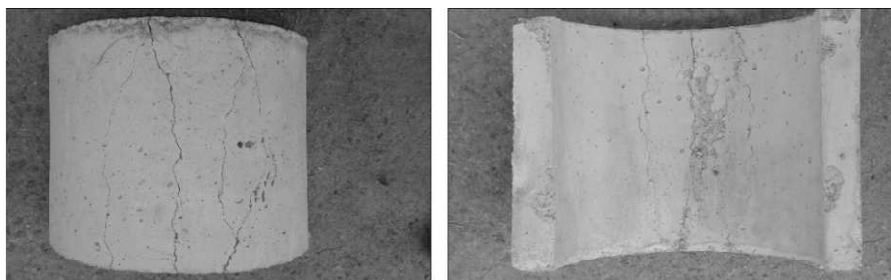


Рис. 5. Вигляд тріщиноутворення зразків ЗБ: зона розтягу та стиску

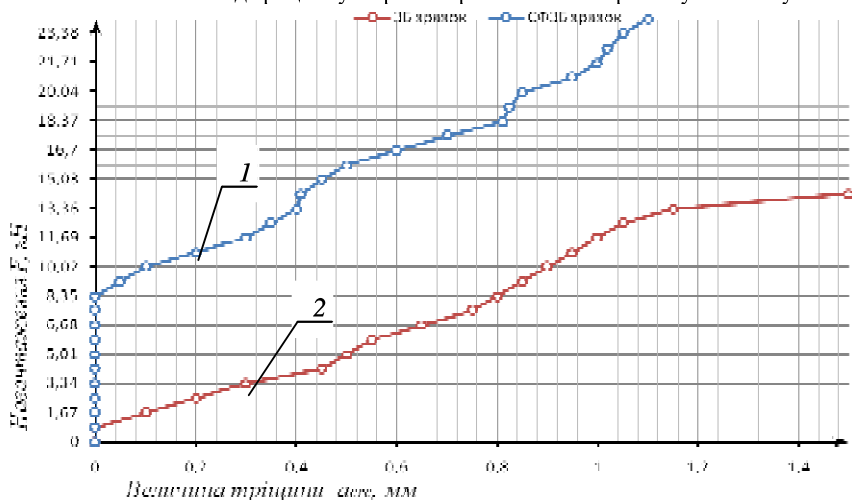


Рис. 6. Залежність розкриття тріщин від навантаження: 1 – СФЗБ; 2 – ЗБ зразки

Переміщення перерізу зразків 13Б–1...3 у вертикальному (Δl) напрямку на ділянці $F = 0,83...1,67$ кН відбувалося лінійно та досягло в максимальному значенні даної ділянки ($F = 1,67$ кН) значення $\Delta l = 0,44$ мм. На ділянці $F = 1,67...4,17$ кН переміщення стінок зразків збільшилося нелінійно до значення $\Delta l = 0,44... 2,12$ мм (через процес тріщиноутворення). На наступних ділянках завантаження $F = 4,17...9,17$ кН і $F = 9,17...14,17$ кН переміщення зразків знову набуло певної лінійної закономірності, але з більшим і меншим приростом відповідно. При $F_u = 14,17$ кН становило $\Delta l > 10$ мм (рис. 3).

Випробування сталевідробетонних зразків. Дослідження проводилось на СФБ водовідвідних лотках І серії: 1СФБ–1, 1СФБ–2 і 1СФБ–3, виготовлених із СФБ із відсотком армування сталевими анкерними фібрами $\mu = 2$.

Під час дослідження 1СФБ–1...3 навантаження подавалося ступенями через 0,83 кН, що становило 10 % від середнього руйнівного навантаження зразків серії 13Б. Середнє руйнівне навантаження склало $F_u = 15,83$ кН. Для 1СФБ–1 воно становило $F = 15$ кН, для зразка 1СФБ–2 $F = 16,67$ кН, а для 1СФБ–3 $F = 15,83$ кН.

Перші видимі тріщини в елементах 1СФБ–1...3 почали з'являтися дуже різко в зоні максимального згинального моменту при навантаженні близькому до руйнівного ($F = 14,17$ кН) з шириною розкриття $a_{\text{срс}} = 0,2$ мм, а при завантаженні $F = 15$ кН вони розкривалися до $a_{\text{срс}} = 0,28$ мм. Вигляд тріщиноутворення випробувального лотка 1СФБ–1...3 (рис. 7).

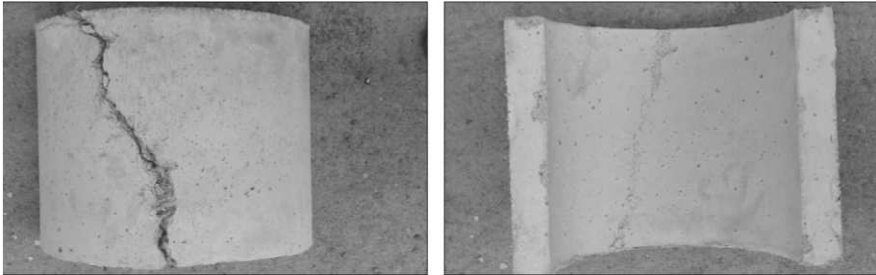


Рис. 7. Вигляд тріщиноутворення зразків СФБ: зона розтягу та стиску

Тріщини мали значно виражену плетінчастість, у порівнянні зі зразками 13Б–1...3. Подальшого збільшення навантаження до $F = 15,83$ кН дослідні елементи не сприймали та відбувався процес їхнього руйнування.

Переміщення перерізу (Δl) СФБ елементів на початку завантаження зростало пропорційно до значення $F = 3,33$ кН, а потім почалося виникнення пластичних деформацій і пропорційність між F та Δl порушилася. (рис. 3)

Випробування сталевіброзалізобетонних зразків. Дослідження проводилось на СФЗБ водовідвідних лотках І серії: 1СФЗБ–1, 1СФЗБ–2 і 1СФЗБ–3 із відсотками армування сталевим каркасом $\mu = 1$ і сталевими анкерними фібрами $\mu = 1$. Загальний відсоток армування $\mu = 2$.

Під час дослідження навантаження подавалося ступенями через 0,83 кН. Середнє руйнівне навантаження склало $F_u = 24,17$ кН, а саме, для зразка 1СФЗБ–1 воно становило $F = 24,17$ кН, для зразка 1СФЗБ–2 $F = 23,3$ кН, а для зразка 1СФЗБ–3 $F = 25$ кН.

Видимі тріщини виникли при $F = 9,17$ кН, при цьому виникала одна тріщина в перерізі із максимальним згинальним моментом ($a_{\text{срс}} = 0,05$ мм). Лотки 1СФЗБ–1...3 втрачають свою несучу здатність при $a_{\text{срс}} = 1,1$ мм, при середньому руйнівному навантаженні $F_u = 24,17$ кН (рис. 6 і 8).

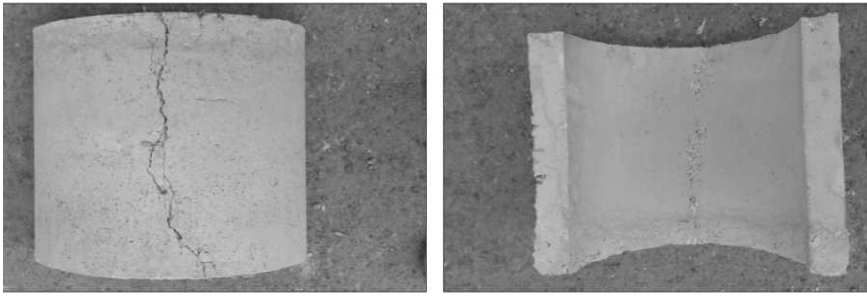


Рис. 8. Вигляд тріщиноутворення зразків СФЗБ: зона розтягу та стиску

Переміщення стінок зразків 1СФЗБ–1...3 у вертикальному (Δl) напрямку (рис. 3) на ділянці $F = 0,83...9,17$ кН відбувалося не дуже інтенсивно, мало лінійний характер та досягло в максимальному значенні даної ділянки ($F=9,17$ кН) значення $\Delta l = 0,32$ мм. На ділянці $F = 9,17...24,14$ кН переміщення збільшилося нелінійно до значення $\Delta l = 0,32...9,50$ мм. Втрата несучої здатності відбулася при руйнівному навантаженні $F_u = 24,17$ кН.

Висновки. Аналізуючи результати випробування можна оцінити, що лотки із СФБ при однаковому відсотку армування при дії одноразового навантаження мають високу міцність і тріщиностійкість порівняно із СФЗБ зразками, і набагато вищу порівняно із Б і ЗБ зразками.

Тріщини у випробувальних зразках виникали в зоні з максимальним згинальним моментом. У ЗБ і СФЗБ зразках тріщини мали прямолінійний характер, а в зразках із СФБ їх утворення відбувалося плетінчасто.

Утворення тріщин в сталевібробетонних зразках виникали перед втратою несучої здатності, в усіх інших порівнювальних видах розкриття тріщин спостерігалось при навантаженні $F = 1,67...9,17$ кН.

Бетонні зразки показали найменше сприйняття навантаження. Руйнування відбувалося без процесу тріщиноутворення.

В ході цього дослідження встановлено, що СФБ, як ефективний матеріал, доцільно використовувати для виготовлення лотків систем водовідведення. Застосування СФБ дозволяє: повністю відмовитися від використання арматури; знизити матеріалоемність конструкції, і як наслідок, їх вагу; знизити витрати праці під час виготовлення конструкцій і значно підвищити довговічність конструкцій.

1. Талантова К.В. Строительные конструкции с заданными свойствами на основе сталевібробетона: Дис... докт. техн. наук: 05.23.01 – Барнаул., 2009. – 476 с.
2. Андрійчук О.В. Виготовлення придорожніх лотків водовідводу зі сталевібробетону / О.В. Андрійчук, І.М. Ясюк// Наукові нотатки: збірник наукових праць – Луцьк: Луцький НТУ, 2014. – Випуск 45. – С. 7 – 14.
3. Андрійчук О.В. Методика експериментального дослідження придорожніх лотків водовідведення із сталевібробетону / О.В. Андрійчук, І.М. Ясюк// Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди: науковий збірник №30 – Рівне, НУВГП, 2015. – С. 86-95.