

С.Ю. Берестянська<sup>1</sup>, Є.І. Галагура<sup>1,2</sup>, М.О. Ковальов<sup>1</sup>, Л.Б. Кравців<sup>1</sup>,  
О.В. Опанасенко<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Українського державного університету залізничного транспорту, Україна

<sup>2</sup>Сумського національного аграрного університету, Україна

## ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ ФІБРОБЕТОНУ В СТАЛЕБЕТОННИХ БАЛКАХ

У статті розглядається ефективність використання фібробетону в сталобетонних балках. Для цього підбирається склад звичайного бетону, який за міцністю відповідає фібробетону. Проведено аналіз видів фібр і пояснюється доцільність використання сталевих і базальтових волокон для несучих конструкцій.

**Ключові слова:** сталобетонна балка, фібробетон, сталефіробетон, несуча здатність, міцність по контакту листа з бетоном.

### Постановка проблеми

Для розрахунку сталобетонних балок широко використовується метод граничної рівноваги, що дозволяє розглянути руйнування по нормальному поперечному перерізу і по міцності контакту сталевих листів з бетоном. В даний час широко використовуються дисперсно-армовані бетони, які в деяких конструкціях дозволяють значно скоротити витрату ресурсів.

### Аналіз останніх досліджень і публікацій

Останнім часом дисперсно-армовані бетони набувають широкого розповсюдження. Вони мають поліпшені механічні та деформативні характеристики у порівнянні зі звичайним бетоном. Армування утворюється завдяки веденню в бетонну матрицю різних видів фібри. Вибір раціональних параметрів фібрового армування (вид фібри, процентний вміст, довжина та інші) суттєво впливає як на механічні властивості конструкції, та і на її економічність. [1-4]. Огляд сучасних досліджень показав, що на даний момент відсутня інформація про вплив фібри на міцнісні характеристики сталобетонних балок. Також відсутня нормативна методика розрахунку сталефіробетонних балок.

### Мета статті

На підставі аналізу останніх досліджень можна визначити наступні завдання дослідження: проаналізувати різні види фібри, визначити призмові міцності бетону і фібробетону, розглянути методику розрахунку сталезалізобетонних балок за нормальним перерізом і по міцності контакту

сталевих листів з бетоном. Виконати розрахунки несучої здатності сталефіробетонних балок з базальтовою і сталевією фібрами, та виконати їх порівняльний аналіз. Метою статті є визначення ефективності використання фібробетону в сталобетонних балках.

### Виклад основного матеріалу.

**Види фібрового армування.** Фіброве армування – це процес зміцнення бетону або інших будівельних матеріалів волокнами (фібрами), які рівномірно розподілені по всій суміші. Цей вид армування підвищує міцність, тріщиностійкість, зносостійкість і довговічність матеріалів. В даний час фіброве армування все частіше використовується в будівельних конструкціях.

Фібра може відрізнятися за матеріалом виготовлення, формою, довжині та іншими характеристиками.

Основні види фібрового армування за типом волокна:

Сталева фібра.

Матеріал: низьковуглецева сталь, нержавіюча сталь.

Форма: гачкувата, гофрована, хвиляста.

Довжина: від 20 до 60 мм.

Переваги:

- висока міцність на розрив;

- ударостійкість.

Використовується для високих навантажень (промислові підлоги, злітно-посадкові смуги, тунелі і т.д.).

Недоліки:

- можлива корозія;

- підвищена вага.

Полімерна (синтетична) фібра.

Різновиди:

- поліпропіленова;
- поліамідна;
- поліестерна та ін.

Переваги:

- стійка до корозії;
- забезпечує стійкість до утворення тріщин на початковому етапі твердіння бетону;
- легка та зручна у використанні;
- можна використовувати в агресивних середовищах.

Застосування: тротуари, фасадні панелі, легкі конструкції.

Базальтова фібра.

Матеріал: природний базальтовий розплав.

Форма: короткі волокна.

Переваги:

- стійка до впливу хімічних речовин і корозії;
- стійкість до високих температур;
- підвищує морозостійкість бетону;
- екологічно чиста.

Застосування: дорожнє будівництво, фасади, плити перекриття.

Скляна фібра.

Матеріал: лугостійке скло (AR скло).

Особливість: додається в бетон для підвищення міцності і зменшення усадки.

Переваги:

- добре протистоїть лужним середовищам;
- діелектрична;
- міцна та легка.

Недоліки:

- може розбитися при надмірному навантаженні, якщо використовується AR скло.

Застосування: архітектурний бетон, фасадні панелі, декоративні вироби.

Вуглецева фібра.

У масовому будівництві використовується рідко через високу вартість.

Застосування: При зміцненні конструкцій з дуже високими вимогами до міцності, наприклад, в аерокосмічній або військовій промисловості.

Класифікація по довжині і формі волокон:

Мікрофібра (5-15 мм): запобігає появи мікротріщин, особливо на ранніх стадіях.

Макрофібра (20-60 мм): працює як заміна традиційної фурнітури при певних навантаженнях.

У [5,6,7] розглядаються різні види фібр і робиться висновок про доцільність використання сталевих і базальтових волокон для несучих конструкцій, пропонується оптимальний вміст і розміри сталевих і базальтових фібр.

Бетонна суміш для бетону та фібробетону мала наступний склад: портландцемент М 400 – 437,5 кг/м<sup>3</sup>, фракція щебеню 5-10 мм – 1158,12 кг/м<sup>3</sup>,

річковий пісок – 552,6 кг/м<sup>3</sup>, вода – 210 л/м<sup>3</sup> для встановлення міцності призми була використана сталева фібра «Чілябінка», яка була введена з розрахунку 32,536 кг/м<sup>3</sup> бетону [10]. Для встановлення призмової міцності бетону з базальтовою фіброю використовувалася фібра довжиною 12 мм, яка додавалася в кількості 0,2% від ваги цементу [10].

Призматична міцність бетону і фібробетону була визначена експериментально [8] і склала  $R_c=23,4$  МПа для звичайного бетону,  $R_c=30,1$  МПа для фібробетону зі сталевую фіброю і  $R_c=26,2$  МПа для фібробетону з базальтовою фіброю.

Методика розрахунку сталезалізобетонних балок. Для розрахунку несучої здатності залізобетонних конструкцій [11], а також при розрахунках композитних елементів з пружнопластичними шарами і пружнопластичними зсувними зв'язками [12] широко використовується спрощений метод граничної рівноваги, розроблений А.А. Гвоздевим [13]. У зв'язку з цим рекомендується призначати необхідну інтенсивність анкерного кріплення листової арматури бетоном виходячи з умови рівності поглинаючих анкерами зсувних сил граничній силі, що сприймається поперечним перерізом сталевго листа. Таким чином, буде забезпечена несуча здатність зсувних зв'язків [12,14,15,16].

У розрахунок вводиться поняття коефіцієнта інтенсивності з'єднання сталевго листа з бетоном, що визначає характер руйнування (по контактному або нормальному перетину):

$$K_u = \frac{\sum_{i=1}^n Q_{ai}}{2(l+b)A_s \sigma_T}, \quad (1)$$

де  $Q_{ai}$  - несуча здатність  $i$ -того зсувного зв'язку;  $\sigma_T A_s$  - межа плинності листової арматури при однобічному розтягуванні і площа сталевго листа на одиницю довжини перерізу;

$b, l$  - розміри балки в плані.

При  $K_u \leq 1,0$ , граничний стан сталевго бетонної балки визначається міцністю контакту між сталевую пластиною і бетоном, а механічні властивості листової арматури не будуть повністю використані, так як зсувні зв'язки не зможуть «навантажити» сталевий лист до стану плинності.

При  $K_u \geq 1,0$ , граничний стан може виникати як з умови міцності в нормальному поперечному перерізі, так і при контакті листа з бетоном. Останнє може бути виключено при певному розташуванні комбінуючих засобів або рівномірному розподілі контактних зусиль.

Несуча здатність сталобетонних балок за нормальним перерізом. В [17] запропонований метод визначення несучої здатності на основі умови міцності нормальних поперечних перерізів, який заснований на методі граничної рівноваги [13].

Для балки, навантаженої зосередженою силою (рис. 1), вираз для розривного навантаження виходить з умови міцності нормального поперечного перерізу:

$$F_H = \frac{2\sigma_T A_s}{a} \left( h_0 - \frac{0,5\sigma_T A_s}{R_b b} \right) \quad (2)$$

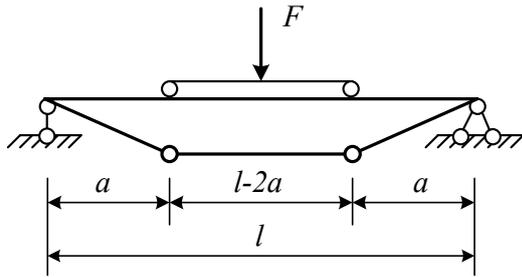


Рис. 1. Гранична рівновага сталобетонної балки при руйнуванні по міцності нормального перерізу від дії зосередженої сили

Під дією розподіленого навантаження (рис. 2) руйнівне навантаження визначається виразом (3). При цьому схема перелому береться з мінімальною ординатою, що дорівнює одиниці посередині довжини балки.

$$q_H = \frac{8\sigma_T A_s}{l^2} \left( h_0 - \frac{0,5\sigma_T A_s}{R_b b} \right) \quad (3)$$

де,  $\sigma_T$  – межа плинності сталевго листа,  
 $A_s$  – площа сталевго листа,  
 $R_b$  – граничні напруги в бетоні,  
 $l$  – прогин балки,  
 $b$  – ширина балки.

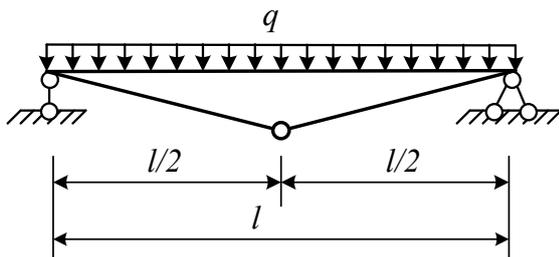


Рис. 2. Гранична рівновага сталобетонної балки при руйнуванні по міцності нормального перерізу від дії розподіленого навантаження.

Несуча здатність сталобетонних балок по міцності контакту листа з бетоном. При розрахунках за методом граничної рівноваги має бути дотримано дві обов'язкових умови [13]: деформації системи не мають змінювати геометричні

величини в умовах рівноваги; робота зсувних ланок підкоряється закону деформації ідеального пружнопластичного матеріалу і виключається можливість його крихкого руйнування.

У [17] було отримано вирази для визначення величини зосередженої сили і рівномірно розподілених навантажень виходячи з умови міцності контакту відповідно до схем навантажень (рис. 1, 2).

$$F_k = 2\tau_a b \left[ h_b - \frac{\tau_a \times a}{R_b} \right] \quad (4)$$

$$q_k = \frac{2\tau_a}{l} \left[ h_b - \frac{\tau_a \times a}{R_b} \right] \quad (5)$$

де  $\tau_a$  – гранична сила на одиницю площі контакту,

$h_b$  – висота бетонного шару.

В результаті експериментальних досліджень [17] визначено характер руйнування балок із зовнішнім листовим армуванням, при достатньому поєднанні арматурного листа з бетоном (за допомогою анкерного кріплення (рис. 3), що не відрізняється від характеру руйнування звичайних залізобетонних балок.

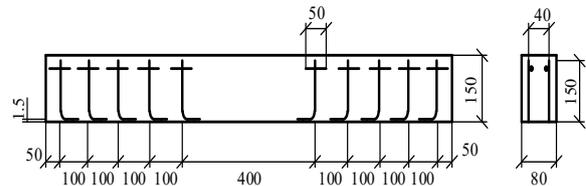


Рис. 3. Конструкція сталобетонної балки з анкерами.

Для подальших розрахунків балок з фібробетону використовуємо формули 2, 3, 4, 5, в які підставляємо значення  $R_b$  відповідно до [8]. У [7] визначено раціональні характеристики для базальтової і сталевгої фібри, а саме:

- рекомендується брати базальтову фібру довжиною 12 мм і процентним вмістом 0,2%;
- сталеву – фібру «Челябінка» з витратою 25... 50 кг/м<sup>3</sup>.

Визначено несучу здатність балок з однаковими розмірами 0,08x0,15x1,3 м, виконаних з бетонного сердечника зі звичайного бетону, фібробетону зі сталевгою фіброю та фібробетону з базальтовою фіброю, армованої зовнішньою сталевгою смугою розмірами 0,08x0,15x1,3 м.

Результати розрахунків наведено в таблиці 1. Як видно з таблиці 1, для всіх типів балок (без фібри, з додаванням базальтового волокна, з додаванням сталевгої фібри) як під дією зосередженого навантаження, так і під дією розподіленого



навантаження руйнування відбувається по нормальному перерізу. Додавання фібри дозволяє трохи збільшити ефективне навантаження. Так, під дією зосередженої сили введення базальтового волокна збільшує руйнівне навантаження на 0,40%, а введення сталевий фібри збільшує руйнівне навантаження на 0,81%. Під дією розподіленого навантаження введення базальтового волокна збільшує руйнівне навантаження на 0,45%, а введення сталевий фібри збільшує руйнівне навантаження на 0,90%.

Таблиця 1

Несуча здатність сталобетонних і сталевібро-бетонних балок в залежності від типу фібри.

Тип руйнування	Вид навантаження	Звичайний бетон без фібри	Бетон з додаванням базальтової фібри	Бетон з додаванням сталевий фібри
по міцності нормального перерізу	$F_H$ , кН	23.14	23.23	23.34
	$q_H$ , кН	26.77	26.89	27.01
по міцності контакту листа з бетоном	$F_k$ , кН	24.22	24.46	24.71
	$q_k$ , кН	27.53	27.79	28.08

### Висновки

На підставі аналізу різних видів фібри зроблено висновок про доцільність дослідження впливу сталевий та базальтової фібри на роботу сталобетонних балок. Для бетону з базальтовою фіброю довжиною 12 мм, яка додавалася в кількості 0,2% від ваги цементу, та бетону зі сталевий фіброю, яка була введена з розрахунку 32,536 кг/м<sup>3</sup> бетону, визначено призматичні міцності бетону і фіробетону. Розглянуто методику розрахунку композитних елементів за нормальним перерізом і по міцності контакту сталевий листа з бетоном. Виконано розрахунки несучої здатності сталевібробетонних балок з базальтовою і сталевий фібрами. Склад бетону і фіробетонної суміші підбирався виходячи з умови однакової міцності. Розрахунок проводився для визначення руйнівного навантаження під дією зосередженої сили і рівномірно розподіленого навантаження для балок зі звичайного бетону, бетону з додаванням базальтової фібри і з додаванням сталевий фібри.

Показано, що введення фібри де-що збільшує руйнівне навантаження. Отримані результати дослідження показують, що дана методика розрахунку потребує подальшого удосконалення та уточнення.

### Література

- Artemenko, S. E. Polymer Composite Materials Made from Carbon, Basalt, and Glass Fibers / S. E. Artemenko Structure and Properties, Fiber Chemistry 2003. – 35(3). – pp. 226-229. <https://doi.org/10.1023/A:1026170209171>
- Bhikshma, V. Study on mechanical properties of recycled aggregate concrete containing steel fibers / V. Bhikshma, K. Manipal // Asian Journal of Civil Engineering (Building and Housing), 2012. – 13 (2). – pp. 155-164.
- Brandt, A. M. Cement – Based Composites / A. M. Brandt : Materials, Mechanical Properties and Performance / Spon Press, 2009. – 2 edition. March. – 544 p.
- Klyuyev, S.V. Fiber Concrete on Composite Knitting and Industrialsand KMA for Bent Designs / S.V. Klyuyev, R. V. Lesovik, A. V. Klyuyev, A. V. Netrobenko, N. V. Kalashnikov // World Applied Sciences Journal, 2014. – V. 30. – № 8. – P. 964–969.
- Опанасенко Е.В., Берестянская А.А. Виды фибрового армирования. // Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди: збірник наукових праць. Рівне, 2015. №30. С.57–64.
- Vatulia G., Berestianskaya S., Opanasenko E., Berestianskaya A. Substantiation of concrete core rational parameters for bending composite structures. // DYN-WIND'2017 – MATEC Web of Conferences. 2017. Vol. 107. 00044 2017. <https://doi.org/10.1051/mateconf/201710700044>
- Вєрєвичєвє М.А., Берєстєянєкє А.А., Дерєзємєлє С.В. Вєбєр рєцєонєлєнєх пєрємєтєрєв фєбровєго армєрєвєнєя. // Сбєрнєк нєчєнєх тєрєдєв «Стрєєтєлєстєвє, мєтєрєєлєєвєдєнєє, мєшєнєстрєєнєє». Днєпрєпєтєрєвєк, 2015. Вєп. 82. С.60-69.
- Berestianskaya S., Galagurya E., Opanasenko O., Berestianskaya A., Bychenok I. Experimental Studies of Fiber-Reinforced Concrete Prisms Exposed to High Temperatures. Key Engineering Materials. Trans Tech Publications Ltd, Switzerland. 2020. Vol. 864. pp 3-8. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/KEM.864.3>
- Vatulya G., Berestianskaya S., Berestianskaya A., Opanasenko E. Theoretical and Numerical Analyses of Thermal-Load Behavior of Steel-Concrete and Steel-Fiber-Concrete Slabs. Journal of Civil Engineering and Construction. Volume 5, Number 2 (2016).
- Бєрєстєянєкє С.Ю., Опєнєсєнєкє Е.В., Бєрєстєянєкє А.А. Пєрєдпєсєлєкє дєлє пєрєвєдєнєя єкєспєрємєнтєлєнєх єсєлєдовєнєєв фєбрєбєтєнєєв нє тємпєрєтєрєнєє вєздєєвєстєєя. Тєзє дєпєвєдєєє 6-ї мєжнєрєднєє нєчєнєкє-тєхнєчнєє кєфєрєнєцєє «Прєблємє нєдєєнєстєє нє дєвєгєвєчнєстєє єнжєнєрнєх спєрєд тє бєдєвєлєє нє зєлєзнєчнємєу тєнєспєрєтєє». Хєркєв, 2017. С.101-102.
- Kupfer H., Hilsdorf H. K., Rusch H. Behavior of concrete under biaxial stresses // Journal of the American Concrete Institute. – 1969. – Vol. 66, No. 8. – P. 656–666. – DOI: 10.14359/7596.
- Кєвєлєчєк С. Б. Тєорєє пєлєстєнє є обєлєнєк : нєчєлєвнєє пєсєбнєк. – Луцьк : ЛНТУ, 2013. – 212 с.
- Нєстєєєшєєє В. А., Дєрєєнєкє В. В. Розрєхєнєк внєтєрнєшнєх зєсєлєє в нєрєзрєєнєєх стєлєзєлєзєбєтєнєнєєх бєлєкєх зє дєпємєгєєю кєнємєтєчнєєгє мєтєдєу грєнєчнєє

- рівноваги // Наукові записки КНТУ. – 2010. – № 10, ч. 3. – С. 108–111.
14. Павліков А. М., Микитенко С. М. Розрахунок несучої здатності збірних залізобетонних плит з листовим армуванням // Вісник НУ «Львівська політехніка»; Сер.: Теорія і практика будівництва. – 2015. – № 823. – С. 248–255.
15. Mittelstedt C. Theory of Plates and Shells. – Springer, 2023. – 412 p.
16. Павліков А. М., Микитенко С. М. Розрахунок несучої здатності двохшарових залізобетонних плит з різними матеріальними складовими // Вісник НУ «Львівська політехніка»; Серія: Теорія і практика будівництва. – 2015. – № 823. – С. 248–255.
17. Ковалев М.А. Напряженно-деформированное и граничное состояние сталебетонных балок при статическом кратковременном нагружении. [Текст] : автореф. дис. канд. техн. наук : 05.23.01 / Ковалев Максим Александрович; Харьков, 2008. – 24 с.

### References

1. Artemenko, S. E. Polymer Composite Materials Made from Carbon, Basalt, and Glass Fibers / S. E. Artemenko Structure and Properties, Fiber Chemistry 2003. – 35(3). – pp. 226-229. <https://doi.org/10.1023/A:1026170209171>
2. Bhikshma, V. Study on mechanical properties of recycled aggregate concrete containing steel fibers / V. Bhikshma, K. Manipal // Asian Journal of Civil Engineering (Building and Housing), 2012. – 13 (2). – pp. 155-164.
3. Brandt, A. M. Cement – Based Composites / A. M. Brandt : Materials, Mechanical Properties and Performance / Spon Press, 2009. – 2 edition. March. – 544 p.
4. Klyuyev, S.V. Fiber Concrete on Composite Knitting and Industrialsand KMA for Bent Designs / S.V. Klyuyev, R. V. Lesovik, A. V. Klyuyev, A. V. Ntребенко, N. V. Kalashnikov // World Applied Sciences Journal, 2014. – V. 30. – № 8. – P. 964–969.
5. Opanasenko E., Berestyanskaya A. (2015). Types of fiber reinforcement. Resource-saving materials, designs, etc. 30. 57–64.
6. Vatulina G., Berestianskaya S., Opanasenko E., Berestianskaya A. (2017). Substantiation of concrete core rational parameters for bending composite structures. DYN-WIND'2017 – MATEC Web of Conferences. 107. 00044 2017. <https://doi.org/10.1051/mateconf/201710700044>
7. Verevicheva M., Berestyanskaya A., Derizemlya S. (2015). Selection of rational parameters for fiber reinforcement. Construction, materials science, mechanical engineering. 82. 60-69.
8. Svitlana Berestianskaya, Evgeniy Galagurya, Olena Opanasenko, Anastasiia Berestianskaya, Ihor Bychenok. (2020). Experimental Studies of Fiber-Reinforced Concrete Prisms Exposed to High Temperatures. Key Engineering Materials. 864. 3-8. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/KEM.864.3>
9. Vatulya G., Berestianskaya S., Berestianskaya A., Opanasenko E. Theoretical and Numerical Analyses of Thermal-Load Behavior of Steel-Concrete and Steel-Fiber-Concrete Slabs. Journal of Civil Engineering and Construction. Volume 5, Number 2 (2016).
10. Berestyanskaya S.Yu., Opanasenko E.V., Berestyanskaya A.A. Prerequisites for conducting experimental studies of fiber-reinforced concrete on temperature effects. Abstracts of the 6th international scientific and technical conference "Problems of reliability on the durability of engineering products and life in the transport industry." Kharkiv, 2017. P.101-102.

11. Kupfer H., Hilsdorf H. K., Rusch H. Behavior of concrete under biaxial stresses // Journal of the American Concrete Institute. – 1969. – Vol. 66, No. 8. – P. 656–666. – DOI: 10.14359/7596.
12. Kovalchuk S. B. Theory of Plates and Shells: Textbook. – Lutsk: LNTU, 2013. – 212 p.
13. Nastasniy, V. A., Darienko, V. V. Calculation of Internal Forces in Continuous Reinforced Concrete Beams Using the Kinematic Method of Limit Equilibrium // Scientific Notes of KNTU. – 2010. – No. 10, Part 3. – P. 108–111.
14. Pavlikov A. M., Mykytenko S. M. Calculation of the load-bearing capacity of prefabricated reinforced concrete slabs with sheet reinforcement // Bulletin of Lviv Polytechnic National University; Series: Theory and Practice of Construction. – 2015. – No. 823. – Pp. 248–255.
15. Mittelstedt C. Theory of Plates and Shells. – Springer, 2023. – 412 p.
16. Pavlikov A. M., Mykytenko S. M. Calculation of the load-bearing capacity of two-layer reinforced concrete slabs with different material components // Bulletin of Lviv Polytechnic National University; Series: Theory and Practice of Construction. – 2015. – No. 823. – P. 248–255.
17. Kovalev M.A. Stress-strain and boundary state of steel-concrete beams under static short-term loading. [Text]: Abstract of Cand. Sci. (Eng.) thesis: 05.23.01 / Kovalev Maksim Aleksandrovich; Kharkov, 2008. – 24 p.

**Автор:** БЕРЕСТЯНСЬКА Світлана Юріївна,  
кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри  
будівельної механіки та гідравліки,  
Український державний університет залізничного  
транспорту,  
Svitlana BERESTIANSKAYA  
PhD (Tech), Associate Professor, Associate Professor  
of the Department of Construction Mechanics and  
Hydraulics,  
Ukrainian State University of Railway Transport  
E-mail – [s.berestyanskaya@gmail.com](mailto:s.berestyanskaya@gmail.com)  
ID ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4111-3138>

**Автор:** ГАЛАГУРЯ Євгеній Іванович,  
кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри  
будівельної механіки та гідравліки,  
Український державний університет залізничного  
транспорту,  
доцент кафедри будівельних конструкцій,  
Сумський національний аграрний університет,  
Evgeniy GALAGURYA,  
PhD (Tech), Associate Professor, Associate Professor  
of the Department of Construction Mechanics and  
Hydraulics,  
Ukrainian State University of Railway Transport,  
Associate Professor of the Department of Building  
Structures,  
Sumy National Agrarian University  
E-mail – [evgeniygalagurya@gmail.com](mailto:evgeniygalagurya@gmail.com)  
ID ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3075-8651>



**Автор:** КОВАЛЬОВ Максим Олександрович,  
кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри  
будівельної механіки та гідравліки,  
Український державний університет залізничного  
транспорту,  
Maksym KOVALOV,  
PhD (Tech), Associate Professor, Associate Professor of  
the Department of Construction Mechanics and  
Hydraulics,  
Ukrainian State University of Railway Transport  
E-mail – maks\_kov@ukr.net  
ID ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2104-3061>

Автор: КРАВЦІВ Лариса Богданівна,  
кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри  
будівельної механіки та гідравліки,  
Український державний університет залізничного  
транспорту,

Larysa KRAVTSIV,  
PhD (Tech), Associate Professor, Associate Professor of  
the Department of Construction Mechanics and  
Hydraulics,  
Ukrainian State University of Railway Transport  
E-mail – laura.kravtsiv030413@gmail.com  
ID ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4632-6148>

Автор: ОПАНАСЕНКО Олена Вікторівна,  
кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри  
будівельної механіки та гідравліки,  
Український державний університет залізничного  
транспорту,  
Olena OPANASENKO,  
PhD (Tech), Associate Professor, Associate Professor of  
the Department of Construction Mechanics and  
Hydraulics,  
Ukrainian State University of Railway Transport  
E-mail – opanasenko\_bmg@kart.edu.ua  
ID ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5437-5818>

### EFFICIENCY OF FIBER CONCRETE USE IN STEEL-CONCRETE BEAMS

S. Berestianskaya<sup>1</sup>, E. Galagurya<sup>1,2</sup>, M. Kovalov<sup>1</sup>, L. Kravtsiv<sup>1</sup>, O. Opanasenko<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Ukrainian State University of Railway Transport

<sup>2</sup>Sumy National Agrarian University

*The article discusses the effectiveness of using fiber concrete in reinforced concrete beams. An analysis of fiber types is provided. Fibers can vary in terms of material, shape, length, and other characteristics. The main types of fiber reinforcement by fiber type are: steel fiber, polymer fiber, basalt fiber, glass fiber, and carbon fiber. The feasibility of using steel and basalt fibers for load-bearing structures is explained, and the optimal content and dimensions of steel and basalt fibers are proposed. The concrete mix for concrete and fiber concrete had the following composition: Portland cement M 400 – 437.5 kg/m<sup>3</sup>, crushed stone fraction 5-10 mm – 1158.12 kg/m<sup>3</sup>, river sand – 552.6 kg/m<sup>3</sup>, water – 210 l/m<sup>3</sup>. To determine the prism strength, Chilyabinsk steel fiber was used at a rate of 32.536 kg/m<sup>3</sup> of concrete. To determine the prism strength of concrete with basalt fiber, 12 mm long fiber was used, which was added in an amount of 0.2% of the weight of cement. To calculate the load-bearing capacity of reinforced concrete structures, as well as when calculating composite elements with elastic-plastic layers and elastic-plastic shear connections, a simplified limit equilibrium method developed by A.A. Gvozdev is widely used. The calculation was performed based on the action of a concentrated force and the action of a distributed load. The load-bearing capacity was calculated based on the strength of the normal cross-section and the strength of the contact between the sheet and the concrete. For all types of beams (without fiber, with the addition of basalt fiber, with the addition of steel fiber), both under the action of a concentrated load and under the action of a distributed load, destruction occurs along the normal cross-section. The addition of fiber allows for a slight increase in the effective load.*

**Keywords:** steel-reinforced concrete beam, fiber-reinforced concrete, steel fiber-reinforced concrete, load-bearing capacity, strength of sheet contact with concrete.

**Стаття отримана:** 06.11.2025

**Стаття пройшла рецензування:** 15.12.2025

**Стаття опублікована:** 19.12.2025