

# Механіка, машинознавство та електропостачання

УДК 666.983

DOI: 10.30748/zhups.2018.56.18

С.С. Вандоловський, Т.О. Костюк, О.В. Рачковський, І.А. Плахотнікова

Харківський національний університет будівництва та архітектури, Харків

## ТЕХНОЛОГІЯ СТВОРЕННЯ СТАЛЕФІБРОБЕТОНУ З ПІДВИЩЕНОЮ МІЦНІСТЮ НА РОЗТЯГ

*Сталефібробетон (СФБ) є різновидом дисперсно-армованого бетону, в якому матрицею є звичайний бетон, який має низьку міцність на розтяг  $R_{bt}$ . З метою покращення показника  $R_{bt}$  в бетонну матрицю вводять армуючі нитки-фібри. Як встановлено проведеними дослідженнями, в зоні контакту «сталеві фібра – цементне тісто» виникає шар новоутворень, міцність яких в 2,24 рази перевищує міцність цементного каменю в середині бетону. Відмінна позитивна якість бетону, армованого сталевими фібрами, дала підставу створити нову модель структури СФБ. Аналіз нової моделі дозволяє визначити напрямки технологічних рішень, які сприяють підвищенню міцності СФБ на розтяг. Такими технологічними показниками є наступні: розширення площі контакту «сталеві поверхня – цементний камінь», максимально можливе зближення окремих фібр між собою, розташування фібр в напрямку дії зовнішніх зусиль. Використання відомого методичного підходу «спрямоване структуроутворення» дозволило шляхом комплексного вирішення вищезгаданих окремих завдань отримати СФБ з високим показником міцності на розтяг при вигині  $R_{bt}=56,2$  МПа.*

**Ключові слова:** *сталефібробетон, сталеві фібра, твердість, міцність на розтяг, спрямоване структуроутворення.*

### Вступ

**Постановка проблеми.** Сталефібробетон є відносно новим матеріалом, який використовують на основі експериментальних випробувань. Основні напрямки його використання – це покриття смуг аеродромів, автодоріг і морських споруд. Вважається, що в майбутньому цей матеріал буде застосовуватися більш широко завдяки наявності переваг порівняно з традиційним залізобетоном, які коротко можна сформулювати як такі: спрощення або виключення арматурних робіт; підвищення в 2–2,5 рази міцності бетону на розтяг [4]. Наукові дослідження останніх років довели, що міцність сталефібробетону (СФБ) може бути розраховано на основі міцності вихідного бетону на стиск [11] або на розтяг [14] із залученням відповідних коефіцієнтів.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** В переважній більшості СФБ є матеріалом на основі бетонної матриці, в яку з метою її підсилення вводять сталеві фібри діаметром 0,5–1 мм при довжині 30–100 мм в кількості 0,5–1,5 % за об'ємом (40–120 кг/м<sup>3</sup>). Гомогенізацію (перемішування) бетону з фіброю виконують в стандартних змішувачах [4–5]. В зв'язку з хаотичним розташуванням фібри в бетонній матриці розроблені рівняння по розрахунку напружень, які сприймають окремі фібри залежно від кута між напрямком діючої сили та положенням фібри [11]. Загально визнано, що основним показником, який впливає на міцність СФБ є дотичне напруження  $\tau$  в зоні контакту «сталеві фібра – це-

ментний камінь». У.Х. Магдєєв визнав, що міцність СФБ збільшується в разі зменшення відстані між фібрами [10]. Найбільшого значення коефіцієнта підсилення ( $K_p=2,0-2,5$ ) можна досягти в разі зближення фібр до 1–2 мм. При цьому виникає проблема складу бетону. При згаданій відстані звичайний бетон не може бути застосований, оскільки в його складі є частки заповнювача 5–10 мм. В зв'язку з цим сформульовано мету статті.

**Мета дослідження.** На основі теоретичних та експериментальних висновків про фізико-хімічну взаємодію в зоні контакту «сталеві поверхня – цементні новоутворення» шляхом методики «спрямоване структуроутворення» розробити технологію створення особо міцного СФБ для застосування не тільки в промисловому, цивільному і транспортному будівництві, а також і в військовому будівництві – наприклад при будівництві злітно-посадкових смуг, що дозволяють приймати важкі літаки, при будівництві майданчиків для воєнної техніки – стоянки танків, літаків та ін.

### Виклад основного матеріалу

Дисперсно-армований бетон є матеріалом, в якому бетонна матриця підсилена короткими нитками – фібрами як металевими так і неметалевими [1], кількість яких через різниці в масі визначають за об'ємом –  $\mu$  в % [2]. Визнано, що вплив сталеві фібри завдяки міцного потенціалу її поверхні (-1,77) [7] при контакт з цементними новоутвореннями (+0,53) [8] сприяють

виникненню більш міцних речовин, ніж у бетоні [6; 9]. Експериментальна перевірка цього висновку виконана шляхом визначення мікротвердості за Віккерсом – «HV». Схема визначення мікротвердості дисперсно-армованого бетону наведена на рис. 1.

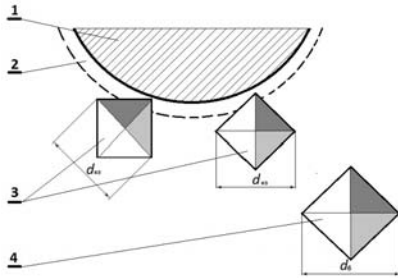


Рис. 1. Схема визначення мікротвердості дисперсно-армованого бетону:  
 1 – сталеві фібри  $d = 3$  мм; 2 – шар цементного каменю посиленого дією сталеві поверхні;  
 3 – відбиток алмазної пірамідки поблизу сталеві поверхні;  
 4 – відбиток в середині бетонної маси

Результати визначення мікрот. 1. Показники HV розраховані по таблицях, які наведені в додатках (№ 1) до СТ СЭВ 1175-78.

Згідно схеми (рис. 1) виникає, що відбитки пірамідки не обмежуються простором зони, в якій цементний камінь підсилюється активними центрами (АЦ) сталеві поверхні. Прилад ПМТ – 3, який було застосовано в випробуваннях, пристосований для роботи з металами, і визначення твердості прямими вимірюваннями можливо здійснити після модернізації ПМТ – 3. Однак необхідність визначення впливу структури сталі на структуру цементного каменю дає змогу вирішити проблему розрахунковим методом.

Складаємо рівняння, що об'єднують дані табл. 1. Показник  $HV_{пшш} = 121,33$  є показником твердості середньої частини подвійного електричного шару (ПЕШ). Показник  $HV_6 = 75,7$  – для бетону. Середній показник є середньою величиною між посиленим бетоном і бетоном в масі і тоді:  $HV_{пшш} = +2 HV_{пшш(с)} - HV_{6(с)} = = 2 \times 121,33 - 75,7 = 166,96$ .

Таблиця 1

Мікротвердість ділянок, що оточують сталеву фібру

Діагональ відбитка d, мкм	Мікротвердість HV (зона контакту)		Діагональ відбитка d, мкм	Мікротвердість HV (бетон)		K <sub>п</sub>
	HV <sub>пшш</sub>	HV <sub>пшш(с)</sub>		HV <sub>6</sub>	HV <sub>6(с)</sub>	
55	123,0	121,33	69	77,9	75,7	1,619
56	118,0		70	75,7		
55	123,0		71	73,6		

Таким чином розрахунковим шляхом визначена твердість тонкого шару, що оточує сталеву арматуру  $HV_{пшш} = 166,96$  кгс/мм<sup>2</sup>. Отриманий результат дає підставу визначити коефіцієнт підвищення твердості:  $K_{п} = \frac{HV_{пшш}}{HV_6} = 2,24$ . Отриманий K<sub>п</sub> дав під-

ставу вважати, що міцність шару, що оточує сталеву фібру, також має близьке значення. Підсилений шар, визнаний шляхом рентгено-структурного аналізу, оприлюднений раніше [13]. Його товщина складає 5–10 мкм.

Результати визначення особливих якостей СФБ дають підставу вважати, що загальноприйнята модель дисперсно-армованого бетону [11], що наведена на рис. 2 не відповідає дійсній структурі СФБ, і запропонована удосконалена модель структури СФБ, яка наведена на рис. 3 [9].

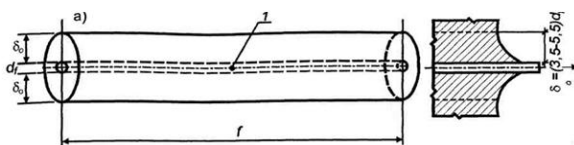


Рис. 2. Загально прийнята модель дисперсно-армованого бетону

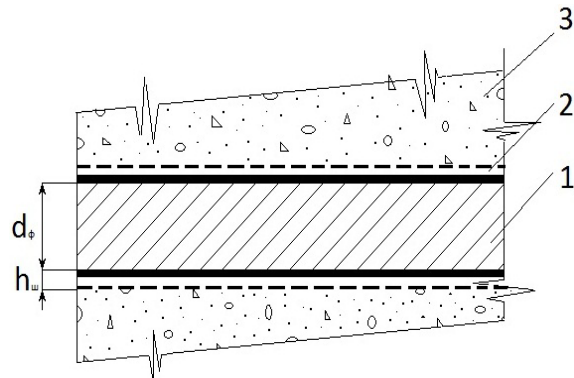


Рис. 3. Розроблена оновлена модель структури бетону, армованого сталевими фібрами:  
 1 – сталеві фібри; 2 – шар підсиленого цементного каменю; 3 – бетонна матриця;  $d_f$  – діаметр фібри;  $h_{ш}$  – висота шару

Аналіз моделі на рис. 3 дає підставу зробити наступні висновки, що підсилений шар цементних новоутворень навколо сталеві фібри забезпечує підвищення міцності СФБ в разі розширення площі підсиленого шару. Таким чином, при зменшенні діаметру фібр (при постійній масі фібр) площа підсиленого цементного каменю повинна зростати пропорційно площі контакту і міцність СФБ на фіб-

рах діаметром 0,1–0,2 мм буде більша, ніж при діаметрах 0,5–1,0 мм.

З метою підвищення загальної площі підсиленого бетону розглянута можливість введення до складу бетонної матриці поряд з фіброю залізного порошку. Модель структури сталевібробетону, в якому фібра оточена залізним порошком наведена на рис. 4.

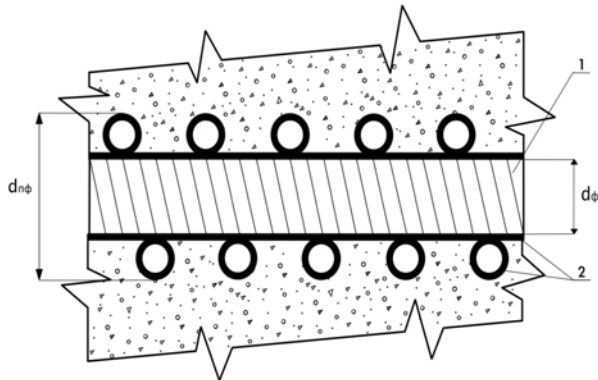


Рис. 4. Модель структури сталевібробетону, в якому фібра оточена залізним порошком:  
1 – сталеві фібри; 2 – шар підсиленого цементного каменю;  $d_{\text{ф}}$  – діаметр фібри;  
 $d_{\text{пф}}$  – діаметр підсиленої фібри

Введення залізного порошку виробництва ДП «Завод порошкової металургії» м. Бровари Київської області (10 %) дозволило зміцнити бетону матрицю [9; 13]. Згідно зі схемою наведеною на рис. 3, а також даних У.Х. Магдєєва [10] міцність СФБ підвищується при зближенні фібр, але при звичайному бетоні це неможливо, оскільки частки заповнювача (5–10 мм) не дозволяють розмістити фібри менше ніж згадані частки. З метою уникнення цієї перешкоди розроблено склад дрібнозернистого бетону з заповнювачем – відходами металургійної промисловості Полтавського гірничо-збагачувального комбінату з розміром часток (мм) від 0,03 до 0,06, гомогенізація яких вимагає подвійного перемішування у

дезінтеграторі [12]. Ущільнення бетону на особливо дрібних заповнювачах вимагає застосування суперпластифікаторів. Лабораторні випробування довели ефективність використання «RELAXOL – SUPERPK».

Наведені теоретичні та експериментальні висновки дають підставу розробки за методом «спрямованого структуроутворення» технологічного рішення створення особливо міцного СФБ: 1) використати фібри малих діаметрів; 2) максимальне зближення фібр між собою; 3) застосування особливо дрібнозернистого бетону; 4) ефективне ущільнення суміші; 5) розташування фібр по можливості в напрямку діючих при експлуатації зусиль.

Згідно з цим переліком розроблено модель (зразок) сталевібробетону такого складу: бетонна матриця Ц:3=1:3; В/Ц=0,5 з додатком суперпластифікатора 0,9 %. Сталева фібра  $d=0,2$  мм і довжиною 40 і 160 мм. Фібри розташували окремими шарами таким чином, що їх напрямки в контактуючих шарах складають кут  $90^\circ$ , відстань між фібрами 1...1,5 мм. Було виготовлено стандартну балочку  $40 \times 40 \times 160$  мм. Технологія виготовлення балочки: 1) на металевій поверхні, укладали шар бетону  $h=2,5$  мм; 2) в бетон занурювали фібри з проектним зазором; 3) кожний наступний шар укладали в форму на попередньо вже розташований шар. Після того, як форма була заповнена сталевібробетоном, суміш ущільнювали вібрацією на стандартному лабораторному вібростолі, а потім пресували навантаженням 0,2 МПа,  $P=125$  кН протягом 2 хвилин. Після цього зразок знаходився в нормальних умовах при  $+20^\circ\text{C}$ . У віці 28 діб провели тестування зразка на міцність згідно стандарту [3], прикладанням зусилля по центру зразка, опертого на дві опори. При зусиллі  $P=5872$  кН зразок деформувався, і його нижня поверхня торкнулася нижньої опори преса. Загальний вигляд зразка після тестування наведено на рис. 5.



Рис. 5. Загальний вигляд зразка сталевібробетону після випробувань

Як видно з фотовідбитку, посередині зразка (під центральною силою навантаження) захисний шар бетону відірвався від зразка, але руйнації не

сталася. При цьому загальне розрахункове напруження досягло значення 112,5 МПа. В якості заповнювача використані – відходи металургійної проми-

словості Полтавського гірничо-збагачувального комбінату з розміром часток (мм) в середньому 0,05.

Обстеження зразка після дії сили  $P=5990$  кгс встановлено, що під дією  $P$  тонкий (2 мм) шар бетону покритися тріщинами і частково відскочив. Схема навантаження зразка наведена на рис. 6.

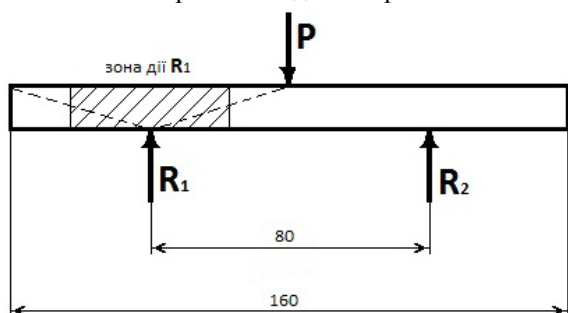


Рис. 6. Схема навантаження зразка

Частина зразка під дією реакції  $R_1$  та  $R_2$  залишилася у задовільному стані. Згідно із схемою (рис. 6)  $R_1 = 0,5P$ . Отже можна вважати, що ділянка  $R_1$  витримала навантаження і максимальне зусилля  $\sigma_{max}$  можна визначити як:

$$\sigma_{max} = \frac{3R_1 l}{2bh^2},$$

де  $R_1$  – зусилля 2936 кН;

$l$  – довжина між опорами 8 см;

$h$  – висота зразка 4 см;

$b$  – ширина зразка 4 см;

$\sigma_{max} = 56,16$  МПа;

$\sigma_{max}$  можна визначити як досягнутий показник  $R_{btF}$  СФБ:

$$\sigma_{max} = 56,2 \text{ МПа.}$$

Для матриці  $R_{btF} = 12 - 15$  МПа [5], тоді для СФБ  $K_n = 3,8 \dots 4,6$ , тобто додання фібри  $d=0,2$  мм дозволяє в 4–4,5 рази підвищити міцність бетону на розтяг при вигині.

Отримання матеріалу такої якості на практиці можливо шляхом використання напівфабрикатів – заготівлі в якості тонких пластин зі спрямованим розміщенням фібр. При цьому в двох сусідніх пластинках фібри повинні розміщуватись під прямим кутом, як це показано на рис. 7.

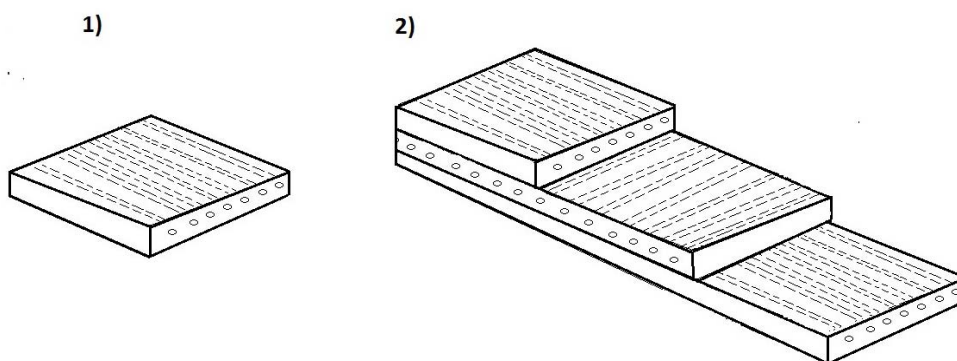


Рис. 7. Модель структури сталевібробетону «спрямоване структуроутворення»  
1) заготівля 1; 2) деталь підвищеної міцності

## Висновки

Порівняльний аналіз якісних показників в дисперсно-армованих бетонах з різними видами армуючих фібр виявив, що сталевібробетон має суттєву позитивну відміну від бетонах армованих неметалевими фібрами. Завдяки фізико-хімічній взаємодії сталева поверхня, яка має значний поверхневий потенціал (-1,77) [7] сприяє в бетонній матриці (+0,53) [8] появі в контактній зоні новоутворень, міцність (твердість) яких в 2,24 рази вища ніж в оточуючому бетоні. Запропонована відмінна структурна модель СФБ. З метою практичного використання цієї особливості розроблені заходи по розширенню

площі контакту, а саме, введення в склад цементного тіста залізного порошку. Визнано, що міцність СФБ збільшується при зменшенні відстані між фібрами. Для досягнення необхідної структури розроблений особливо дрібнозернистий бетон з використанням відходів металургійної промисловості. Шляхом методики «спрямоване структуроутворення» розроблена технологія отримання особливо міцного сталевібробетону з прямокутним розташуванням фібр  $d=0,2$  мм. Розроблені зразки СФБ, тестування яких у віці 28 діб показали міцність на розтяг при вигині  $R_{btF} = 56,2$  МПа, що в 4–4,5 рази перевищує міцність на розтяг бетонної матриці.

## Список літератури

1. Alva Peled Textile Reinforced Concrete / Alva Peled, Arnon Bentur, Barzin Mobasher. – Taylor & Francis Inc, 2017. – 473 p.
2. Job Thomas Mechanical Properties of Steel Fiber-Reinforced Concrete / Job Thomas, Anand Ramaswamy // Journal of Materials in Civil Engineering. – 2007. – №19 (5). – P. 385-392.

3. British Standards Institute BS EN 14651-2007 Test method for metallic fibre concrete.
4. Bentur A. Fibre Reinforced Cement Composites / A. Bentur, S. Mindress. – 2 nd. ed. – Taylor & Francis Inc, 2007.
5. Amir M. Alani, Morteza Aboutalebi. Mechanical Properties of Fibre Reinforced Concrete - A Comparative Experimental Study World Academy of Science, Engineering and Technology International Journal of Civil and Environmental Engineering Vol. 7, No. 9. – 2013. – P. 646-651.
6. Коллоидная химия и физико-химическая механика цементных бетонов / А.Н. Плугин и др. – К.: Наукова думка, 2011. – Т. 1 – 333 с.
7. Теория твердения портландцемента / А.Н Плугин и др. – К.: Наукова думка, 2012. – Т. 2. – 212 с.
8. Теория прочности, разрушения и долговечности бетона, железобетона и конструкций из них / А.Н Плугин и др. – К.: Наукова думка, 2012. – Т. 3 – 281 с.
9. Вандоловський С.С. Особливості структури сталевібробетона та її удосконалення / С.С. Вандоловський // Науковий вісник будівництва. – 2018. – Том 91, № 1. – С. 253-257.
10. Магдеев У.Х. Трещинообразование дисперсно-армированных бетонов с позиций механики разрушения / У.Х. Магдеев, В.И. Морозов, Ю.В. Пухаренко // Известия КГАСУ. – 2012. – № 1. – С. 110-117.
11. Рабинович Ф.Н. Композиты на основе дисперсно-армированных бетонов. Вопросы теории и проектирования, технология, конструкция: моногр. / Ф.Н. Рабинович. – М.: АСВ, 2011. – 642 с.
12. Костюк Т.А. Влияние на прочность мелкозернистого бетона технологии смешивания высокодисперсной составляющей / Т.А. Костюк, С.С. Вандоловский, И.Э. Казимагомедов, Е.Б. Деденева // Харьковский национальный технический университет будівництва та архітектури: мат-лы международной научно-практической конференции: Эффективные технологические решения в строительстве с использованием бетонов нового поколения. – Харьков 28-29 октября 2015. – С. 163-166.
13. Effect of microfillers on the concrete structure formation / Olga Borziak and others // MATEC Web of Conferences 116, 01001 (2017) Transbud. – 2017. – P. 1-6.
14. Колчунов В.И. Аналитическая и конечно-элементные стержневые модели нелинейной задачи сцепления арматуры с бетоном, их сравнение и анализ / В.И. Колчунов // Містобудування та територіальне планування: наук.-техн. збірник. – К.: КНУБА, 2016. – Вип. 60. – С. 184-197.

## References

1. Alva, Peled, Arnon, Bentur and Barzin, Mobasher (2017), *Textile Reinforced Concrete*, Taylor & Francis Inc, 473 p.
2. Job, Thomas and Anand, Ramaswamy (2007), Mechanical Properties of Steel Fiber-Reinforced Concrete, *Journal of Materials in Civil Engineering*, No. 19 (5), pp. 385-392.
3. British Standards Institute BS EN 14651-2007 Test method for metallic fibre concrete.
4. Bentur, A. and Mindress, S. (2007), *Fibre Reinforced Cement Composites*, 2 nd. ed. Taylor & Francis Inc.
5. Amir M. Alani, Morteza Aboutalebi (2013), Mechanical Properties of Fibre Reinforced Concrete - A Comparative Experimental Study World Academy of Science, *Engineering and Technology International Journal of Civil and Environmental Engineering*, Vol. 7, No. 9, pp. 646-651.
6. Plugin, A.N. (2011), “Kolloidnaya himiya i fiziko-himicheskaya mekhanika cementnyh betonov” [*Colloid chemistry and physicochemical mechanics of cement concretes*], No. 1, Naukova dumka, Kiev, 333 p.
7. Plugin, A.N. (2012), “Teoriya tverdeniya portlandtsementa” [*The theory of hardening portland cement*], No. 2, Naukova dumka, Kiev, 212 p.
8. Plugin, A.N. (2012), “Teoriya prochnosti, razrusheniya i dolgovechnosti betona, zhelezobetona i konstruktivnykh iz nih” [*The theory of strength, fracture and durability of concrete, reinforced concrete and structures of them*], No. 3, Naukova dumka, Kiev, 281 p.
9. Vandolovskiy, S.S. (2018), “Osoblivosti strukturi stalefirobetona ta yiyi udoskonalennya” [Features of steel fibre concrete structure and its improvement], *Scientific Herald of Construction*, No. 1 (98), pp. 253-257.
10. Magdееv, S.S. (2012), “Treschinoobrazovanie dispersno-armirovannykh betonov s pozitsiy mehaniki razrusheniya” [Cracking of dispersed-reinforced concrete in terms of fracture mechanics], *Proceedings of KSASU*, No. 1, pp. 110-117.
11. Rabinovich, F.N. (2011), “Kompozity na osnove dispersno-armirovannykh betonov. Voprosy teorii i proektirovaniya, tehnologiya, konstruktivnyye monografiya” [*Composites based on dispersed-reinforced concrete. Theory and design issues, technology, design: monograph*], DIA, Moscow, 642 p.
12. Kostyuk, T.A. (2015), “Vliyaniye na prochnost melkozernistogo betona tehnologii smeshivaniya vyiskdispersnoy sostavlyayushey” [The effect on the strength of fine-grained concrete mixing technology of a highly dispersed component], *Kharkov National Technical University Budivnitskva ta arhitekturi: materials of the international scientific and practical conference: Effective technological solutions in construction using new-generation concrete*, Kharkov, pp. 163-166.
13. Olga Borziak (2017), *Effect of microfillers on the concrete structure formation*, MATEC Web of Conferences 116, 01001, pp. 1-6/
14. Kolchunov, V.I. (2016), “Analiticheskaya i konechno-elementnyye stержnevyye modeli nelineynoy zadachi stsepleniya armatury s betonom, ih sravnenie i analiz” [Analytical and finite-element rod models of the nonlinear problem of coupling reinforcement with concrete, their comparison and analysis], *Urban planning and territorial planning: Ph.D. Collection*, No. 60, KNUBA, Kharkov, pp. 184-197.

Надійшла до редколегії 14.03.2018  
Схвалена до друку 15.05.2018

**Відомості про авторів:**

**Вандоловський Станіслав Станіславович**  
аспірант  
Харківського національного університету  
будівництва та архітектури,  
Харків, Україна  
<https://orcid.org/0000-0002-1091-3650>

**Костюк Тетяна Олександрівна**  
доктор технічних наук, професор  
Харківського національного університету  
будівництва та архітектури,  
Харків, Україна  
<https://orcid.org/0000-0002-9246-2899>

**Рачковський Олександр Васильович**  
кандидат технічних наук, доцент  
Харківського національного університету  
будівництва та архітектури,  
Харків, Україна  
<https://orcid.org/0000-0001-6743-3845>

**Плахотнікова Ірина Анатоліївна**  
кандидат технічних наук, доцент  
Харківського національного університету  
будівництва та архітектури,  
Харків, Україна  
<https://orcid.org/0000-0003-1986-4215>

**Information about the authors:**

**Stanislav Vandolovskyi**  
Doctoral Student  
of Kharkiv National University  
of Civil Engineering and Architecture,  
Kharkiv, Ukraine  
<https://orcid.org/0000-0002-1091-3650>

**Tatiana Kostyuk**  
Doctor of Technical Sciences Professor  
of Kharkiv National University  
of Civil Engineering and Architecture,  
Kharkiv, Ukraine  
<https://orcid.org/0000-0002-9246-2899>

**Alexander Rachkovskyi**  
Candidate of Technical Sciences Associate Professor  
of Kharkov National University  
of Civil Engineering and Architecture  
Kharkiv, Ukraine  
<https://orcid.org/0000-0001-6743-3845>

**Iryna Plakhotnikova**  
Candidate of Technical Sciences Associate  
Professor of Kharkov National University  
of Civil Engineering and Architecture  
Kharkiv, Ukraine  
<https://orcid.org/0000-0003-1986-4215>

**ТЕХНОЛОГИЯ СОЗДАНИЯ СТАЛЕФИБРОБЕТОНА С ПОВЫШЕННОЙ ПРОЧНОСТЬЮ НА РАСТЯЖЕНИЕ**

S.S. Vandolovskyi, T.A. Kostyuk, A.V. Rachkovskyi, I.A. Plakhotnikova

*Сталефібробетон (СФБ) являється різновидністю дисперсно-армированого бетону, в якому матрицею являється звичайний бетон, який має дуже слабку міцність на розтягнення  $R_{bt}$ . З метою покращення показателя  $R_{bt}$  в бетонну матрицю вводять армируючі нити-фібри. Як встановлено проведеними дослідженнями, в зоні контакту «сталевий фібра - цементне тісто» виникає шар новоутворених речовин, міцність яких в 2,24 рази перевищує міцність цементного каменя в середині бетону. Відмінне властивість бетону, армированого сталевими фібрами, дало підставу створити нову модель структури СФБ. Аналіз нової моделі дозволяє визначити напрямки технологічних рішень, що сприяють покращенню міцності СФБ на розтягнення. Такими технологічними показателями є: розширення площі контакту «сталевий поверхня - цементний камінь», максимальне можливе зближення окремих фібр між собою, розташування фібр в напрямку дії зовнішніх сил. Використання відомого методичного підходу «направленого структуроутворення» дозволило шляхом комплексного рішення вищезгаданих окремих завдань отримати СФБ з високим показателем міцності на розтягнення при вигині  $R_{bt} = 56,2$  МПа.*

**Ключові слова:** *сталефібробетон, сталевий фібра, твердість, міцність на розтягнення, напрямлене структуроутворення.*

**TECHNOLOGY OF CREATION OF STEELFIBROBETON WITH HIGH STRENGTH TO STRETCHINGS**

S.S. Vandolovskyi, T.O. Kostyuk O.V. Rachkovskyi, I.A. Plakhotnikova

*Fibre reinforced concrete (SFRC) may be defined as a composite materials made with Portland cement, aggregate, and incorporating discrete discontinuous fibres. Steel fiber reinforced concrete (SFRC) is a variety of dispersed-reinforced concrete with average concrete matrix which has very weak tensile strength  $R_{bt}$ . Reinforcing fibers-threads which are made of different materials (fiberglass, propylene and textile yarns) are added to the concrete matrix to increase  $R_{bt}$ .*

*Substances of a more compact structure are arising in double electric ball zone (DEB). As a result of difference in charges of contact substances new physical and chemical phenomena appear in DEB zone.*

*Research shows that a layer of neoplasm thickness 5-10mc arises in the contact zone of steel fiber and cement. Micro-strength of these substances is determined by the method of Vickers (HV). Strength of neoplasm substances around the fibers is higher in 2,24 times than the strength of cement stone inside the concrete. In this article you can see that the new positive quality of the concrete which is reinforced by steel fiber gave us an opportunity to create a principal new structure model of SFRC. The analyze of the developed model gives us an opportunity to identify the directions for technology decisions, which will provide SFRC tensile strength increase. These technology decisions are: increasing the contact zone between steel surface and cement stone by adding additional steel powder, maximum rapprochement of fibers between each other, accommodation of fibers in the direction of external forces. Use of the famous methodical approach «Directed structuring» gave us an opportunity (by technology problem solving) to get a technology of SFRC structure. This new SFRC structure has high tensile strength  $R_{bt} = 56,2$  МПа.*

**Keywords:** *steel fiber concrete, steel fiber, hardness, tensile strength, directed structuring.*