

УДК 624.012

**ВИСОКОЕФЕКТИВНІ МАТЕРІАЛИ В БУДІВНИЦТВІ
АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРІГ І АЕРОДРОМІВ**

**ВЫСОКОЭФФЕКТИВНЫЕ МАТЕРИАЛЫ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ
АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ И АЭРОДРОМОВ**

**HIGH-EFFICIENCY MATERIALS ARE IN BUILDING OF HIGHWAYS
AND AIR FIELDS**

Гуйван Є.Ф., студент, Харипончук В.В., студент, Зятюк Ю.Ю., старший викладач (Національний університет водного господарства та природокористування м. Рівне).

Гуйван Є.Ф., студент, Харипончук В.В., студент, Зятюк Ю.Ю., старший преподаватель (Национальный университет водного хозяйства и природопользования г. Ровно).

Guivan E.F., student, Khariponchuk V.V., student, Ziatyuk Y.Y., senior lecturer (National university of water and environmental engineering, Rivne).

Наведенні характеристики матеріалів, що застосовуються в дорожньому будівництві. Представлено досвід застосування жорстких дорожніх одягів в розвинених країнах Європи та США. Проаналізовано доцільність застосування сталевібробетону в дорожньому будівництві при влаштуванні цементно-бетонного покриття і безперервного армування основ. Було встановлено, що застосування автобетонозмішувачів при зведенні монолітних конструкцій зі сталевібробетону виявляється досить ефективним і може бути рекомендовано для широкої практики в дорожньому будівництві.

Приведены характеристики материалов, которые применяются в дорожном строительстве. Представлен опыт применения жестких дорожных покрытий в развитых странах Европы и США. Проанализирована целесообразность применения сталефибробетона в дорожном строительстве при устраивании цементно-бетонного покрытия и непрерывного армирования основ. Было установлено, что применение автобетоносмесителей при возведении монолитных конструкций из сталефибробетонных оказывается достаточно эффективным и может быть рекомендовано для широкой практики в дорожном строительстве.

Aiming of materials description which are used in highway building. Experience of application is presented hard highway coverage in the developed countries of Europe and USA. Expedience of steelfiberconcrete application is analysed in highway building at arranging of cement-concrete coverage and bases trouble-free reinforcement .

The characteristics of the materials used in automobile road construction have been listed. Steel fiber reinforced concrete is a construction material which consists of concrete (the matrix) and steel fibers (reinforcing fibers). The insertion of steel fibers into concrete guarantees its high density which in tern determines the high stability performance of the structure of the material which remains intact when exposed to high values of load deformation. The experience of applying the rigid pavement in the advanced nations of Europe and the USA has been provided. The expediency of the use of steel fiber reinforced concrete in automobile road construction with the use of the cement-concrete pavement and the continuous reinforcement of the base has been analyzed. It has been determined that during the construction the application efficiency of steel fiber reinforced concrete is achieved owing to the following factors: the reduction of the labor costs for reinforcing works, combining the technological operations during preparation, reinforcement, paving and sealing of the steel fiber reinforced concrete mix, the duration of the useful life of the structures and the reduction of maintenance manipulation costs. The high stability and durability of the steel fibre reinforced concrete covering without necessary repairs and maintenance manipulation can be confirmed. The products which are made of steel fiber reinforced concrete are characterized by an increased bend and shear resistance. The technology of production of steel fiber reinforced concrete has been provided.

The application of steel fibers for the reinforcement of concrete provides an opportunity to reduce the weight of concrete products, shorten the primary and final waiting time by 25 per cent and increase the grade strength of concrete by an avarege of 25 per cent.

A conclusion can be drawn about the high efficiency and practicability of the further use of steel fiber reinforced concrete in the construction of the automobile roads with high traffic density (the automobile roads of the first and second technical grade).

Ключові слова :

Сталефібробетон, автомобільні дороги, аеродроми, фібра, високоефективні матеріали.

Сталефибробетон, автомобильные дороги, аэродромы, фибра, высоко-эффективные материалы.

Steel fiber reinforced concrete, roads, airports, fiber, highly effective materials.

Вступ. Фібробетон складається з двох матеріалів і має властивості, яких не мають вихідні матеріали, тобто цементно-бетонна матриця. У фібробетонні розтягуючі напруження приймають на себе волокна фібри. Фіброволокно посилює кути і торці бетонних конструкцій, на початку твердіння бетону знижує усадку і утворення тріщин, при знятті опалубки нівелює ймовірність пошкодження [1].

За статистикою, бетонне покриття дорожче асфальтового в 1,5-2 рази, тобто приблизно на 70-80%. Асфальтове вимагає догляду і ремонту вже через 3-4 роки після введення дороги в експлуатацію: заливання тріщин, засипки ям і т. п. Бетонне покриття перші 10-12 років експлуатації практично нічого не вимагає ніяких капіталовкладень. Фактично через вісім років загальні експлуатаційні витрати на бетонну і асфальтову дороги зрівнюються, після цього періоду бетонна дорога стає дешевше [2,3,4].

Якщо розглянути фізику бетону, то при охолодженні покриття до температури меншої, ніж температура бетонної суміші в момент укладання, бетон буде стискатися і бетонна плита також може дати тріщини. Щоб уникнути появи таких тріщин покриття розділяється швами на відстанях менших, ніж ті, при яких виникають небезпечні напруження. Такі шви влаштовуються звичайно на відстані 6-12 м і являють собою прорізи, глибина яких дорівнює однієї третини товщини плити. Завдяки виготовленню таких швів ми можемо контролювати поведінку всієї бетонної плити. Даний помилковий шов стиснення / розширення заливають спеціальною еластичною мастикою. По осі дороги також необхідно влаштовувати шов по типу помилкового шва, інакше можливе утворення поздовжньої тріщини. Таким чином, дорожнє покриття на цементному в'язучому складається як би з окремих плит. Щоб уникнути порушення монолітності всього покриття, а також для передачі навантаження від рухомих машин від однієї плити до іншої в швах встановлюють спеціальні металеві стрижні.

Альтернативою такого типу влаштування доріг може бути використання сталевібробетону. Сталевібробетон - це будівельний матеріал, що складається з бетону (матриця) і сталевібри (армуючі волокна). Введення сталевібри в бетон забезпечує його високу щільність, що визначає високі показники стійкості структури матеріалу, які зберігаються при роботі під навантаженням при високих значеннях деформації. Зокрема, сталевібробетон, розташовуваний по контуру конструкції досить економно, тонким шаром, забезпечує високу тріщиностійкість конструкції, а також її високу довговічність завдяки високим показникам міцності на розтяг. Одночасно, таке рішення створює необхідні передумови для значного зменшення і скорочення використання стержневої арматури.

Мета роботи: Дослідити характеристики, переваги та доцільність використання високоефективних матеріалів як сталевібробетон при будівництві автомобільних доріг і аеродромів.

Аналіз останніх досліджень. Вперше сталеві фібробетон в якості матеріалу був використаний для ремонту дорожніх покриттів в США . Завдяки своїй високій міцності, опору втомі, можливості укладання досить тонкими шарами, сталеві фібробетон володіє очевидними перевагами, які, як було встановлено, можуть проявляються не тільки у випадку ремонту, але і при зведенні покриттів нових доріг. Починаючи з 1972 року в США були здійснені досить великі проекти в цьому напрямку, що включають влаштування покриттів міжміських шосе, міських вулиць, площадок для стоянок автомобілів (штати Мічиган, Айова, Міннесота). Довжина ділянки покриття дороги в штат Айова становила 8 км при ширині проїзної частини 6,7 м. Вміст сталевих фібр в покритті змінювався на різних ділянках дороги від 0,75 до 1,5 % за об'ємом. У штаті Міннесота в якості армуючих компонентів були застосовані відрізки сталевого дроту та скляні волокна. Товщина покриття варіювалась в межах від 51 до 102 мм [5,6,7,8].

У аеропорту Мак Карен в м. Лас-Вегас (США) споруджена стоянка для літаків. Її площа 7300 кв.м, вона призначена для літаків з великою масою. Аналогічні покриття для стернових доріжок, злітних посадочних смуг є в Міжнародному аеропорту м. Тампа (США), Седар Репіндз(США), Джона Кенеді (США) і інших . На аеродромі в м. Лас-Вегас площа укладеного СФБ 51400м², товщина 15см замість 30см із звичайного бетону. Укладання великими серійними бетоноукладачами [9].

На території Росії значний обсяг досліджень з вивчення експлуатаційних характеристик сталеві фібробетонних покриттів доріг був проведений в Алтайському краї, Зведення покриття здійснювалося за допомогою бетоновкладальних машин (БУМ). Товщина перерізу покриття становила 12см. Спостереження за покриттям з моменту його зведення в 1982 р. по 1998р. показало, що його стан в жорстких кліматичних умовах Алтайського краю був досить стабільним, не вимагав капітального ремонту і відновлення. У той же час, експлуатаційні пошкодження на сусідніх ділянках автодороги виникали в значній кількості. Був зроблений висновок про можливість і доцільність подальшого застосування сталеві фібробетону при зведенні автодоріг з високою інтенсивністю руху (першої та другої технічних категорій). Дослідно-виробничі роботи по зведенню ділянки дороги з сталеві фібробетону показали наступне. Якість одержуваної в автобетонозмішувачі сталеві фібробетонної суміші з підвищеним вмістом фібр була цілком задовільною. Завдяки використанню автобетонозмішувача був забезпечений практично весь комплекс робіт, пов'язаних з монолітним бетонуванням, починаючи від приготування сталеві фібробетонної суміші та закінчуючи її доставкою та вкладанням в конструкцію. Будь-яких ускладнень в процесі виробництва робіт не виникало [10,11,12].

Матеріали для проведення досліджень. Товарний портландцемент Здолбунівського ПАТ “Волинь-цемент”, пісок з родовищ Славутського р-ну

Хмельницької обл., гранітний щебінь фракції 5-20 мм Вирівського кар'єру Рівненської області. Фібра різана із листа $df=0,5\text{мм}$, $lf=30\text{мм}$.

Сталева фібра зазвичай виготовлена зі сталюго дроту довжиною від 30 до 80 мм, діаметром 0,5 - 1,2 мм, міцність при розтягу близько 1000 МПа і більше. Фібра може бути виготовлена з нержавіючої сталі, зі звичайної сталі з покриттям та без покриття. Бетонна матриця для всіх зразків виготовлялась із одного складу бетону.

Технологія укладання та об'єкти з використанням фібробетону



Рис .1. Фрезування ділянки



Рис. 2. Підвезення СФБ



Рис.3. Розподілення СФБ перед укоченням



Рис. 4. Укочення СФБ катком та вигляд готової дороги



Рис. 5. Malpensa аеропорт Мілан, Італія та міст Дунаю, Австрія



Рис. 6. Автобусна зупинка Варшава, Польща та поверхня трамвайних шляхів Палермо, Італія

Таблиця 1

Фізичні характеристики сталеві фібри

Тип фібри	Сталеві анкерна та хвильова
Вихідний матеріал	низько- та високовуглецевий дріт
Довжина фібри (l), мм	40,0 ± 2
Робочий діаметр фібри (d), мм	0,5; 1,0; 2,0
Середня маса 1 фібри, грам	0,169
Кількість фібри в 1 кг, штук	5000
Відношення довжини/діаметра фібри, l/d	35
Модуль пружності	не менше 200 000 Н/мм ²
Тимчасовий опір розриву	не менше 900Н/мм ²
Тимчасовий опір фібри розриву, Мпа	не менше 600

Таблиця 2.

Склад бетону (з фіброю)

	Цемент, кг	Пісок, кг	Щебінь, кг	Вода, л	Фібра, кг (3%)
на 1 м ³	370	625	1100	210	30
на 60 літрів	22,2	37,5	66	12,6	1,8

Таблиця 3.

Випробування зразків (з фіброю)

Марка зразків	Розміри	Руйнуюче зусилля F, Кн	Міцність і стиснення, МПа
П-1	10*10,2*40,1	265	25,9
П-2	10*10*40	260	25,7
П-3	10,1*10,1*40,1	250	24,4

Таблиця 4.

Випробування зразків (без фібри)

Марка зразків	Розміри	Руйнуюче зусилля F, Кн	Міцність і стиснення, МПа
П _{СФБ} -1	10,1*10,1*40,1	306	30,0
П _{СФБ} -2	10,2*10,1*40	310	30,6
П _{СФБ} -3	10,2*10*40	315	30,8



Рис.7. Вигляд руйнування зразка із фіброю після випробування з чіткими кінцями фібр

Бетонозмішувач завантажують готовою сумішшю. Почергово завантажують цемент, пісок, щебінь, воду і після готовності суміші додають фібру. Завантаження фібри проводиться в 3 прийоми через проміжки часу близько 1 хвилини при обертаючому барабані бетономішалки. При великих об'ємах, завантаження фібри можна проводити вібриситом, пневмо-

завантажувачем (повітряної помпи). Інтервал перемішування сталефібробетонної суміші не повинен перевищувати трьох хвилин.

При будівництві ефективність застосування сталефібробетону досягається зниженням трудовитрат на арматурні роботи, суміщенням технологічних операцій під час приготування, армування, укладання та ущільнення сталефібробетонної суміші, продовження терміну експлуатації конструкцій і зниження витрат на різні види поточного ремонту.

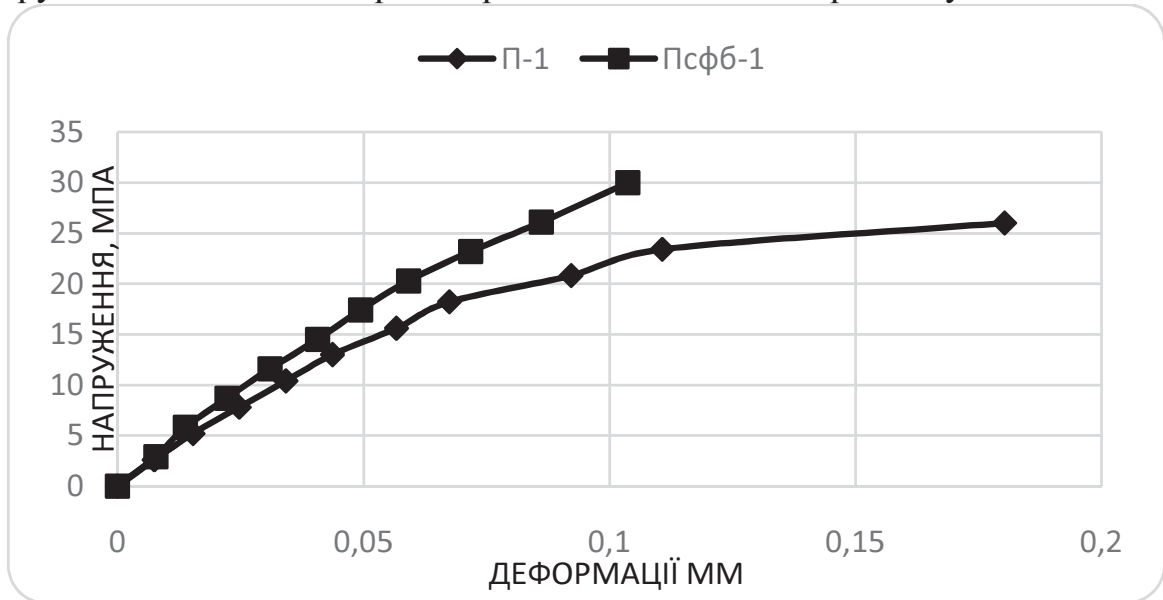


Рис.8. Діаграма порівняння напруження-деформації П-1 зразку неармованого і Псфб-1 зразку армованого бетону

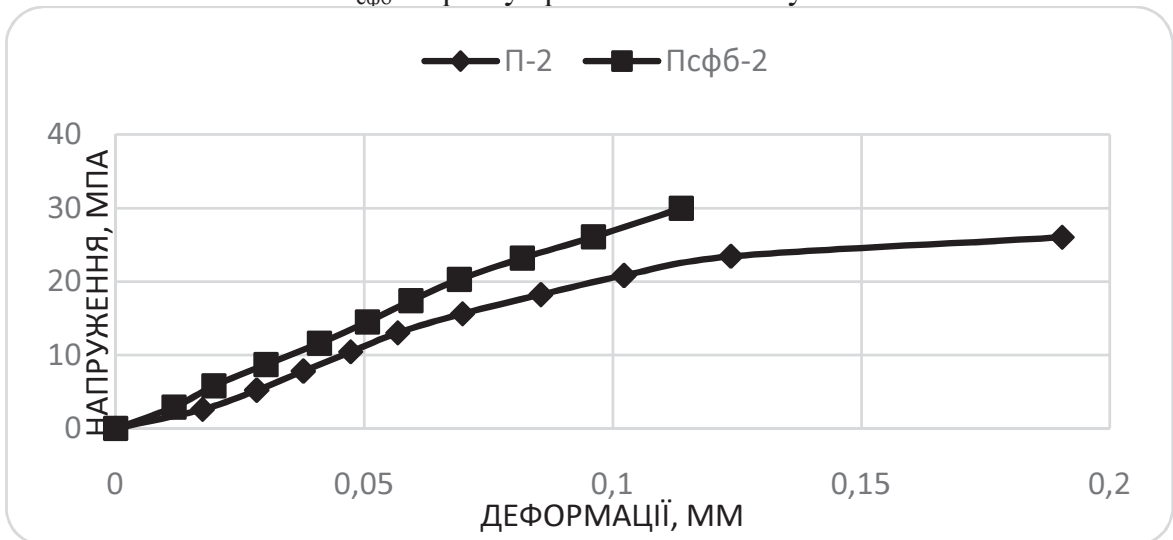


Рис.9. Діаграма порівняння напруження-деформації П-2 зразку неармованого і Псфб-2 зразку армованого бетону

Висновки. Можна констатувати високу стабільність і довговічність СФБ покриття без ремонтів і відновлення. Таким чином, було встановлено, що застосування автобетонозмішувачів при зведенні монолітних конструкцій зі сталефібробетону виявляється досить ефективним і може бути рекомендовано для широкої практики в дорожньому будівництві. У цьому

випадку створюються передумови для скорочення кількості технологічних операцій і підвищується продуктивність праці на будівельному майданчику.

За даними проведених досліджень можна зробити наступні висновки. Вироби із сталевібробетону характеризуються підвищеною міцністю на згин, і зріз. Застосування, для армування бетонів, сталеві фібри, дозволяє знизити масу бетонних виробів, скоротити час первинного і остаточного твердіння на 25 %, збільшити марочну міцність бетону в середньому до 25%.

1. Дворкін Л.Й. Основи бетонознавства/ Дворкін Л.Й., Дворкін О.Л. Дворкін. - К.: Основа, 2007.
2. ГБН В.2.3-37641918-557:2016 - Автомобільні дороги. Дорожній одяг жорсткий. Проектування.
3. Споруди транспорту. Автомобільні дороги: ДБН В.2.3-4:2007. [Чинні від 2008-03-01]. – К.: Мінрегіонбуд України, 2007. – 91 с. – (Державні будівельні норми України).
4. Споруди транспорту. ГБН В.2.3-218-534:2011 Оцінювання стану бетонного покриття автомобільних доріг - Державна служба автомобільних доріг України (Укравтодор) Київ 2011.
5. Рабинович Ф.Н. Композиты на основе дисперсно армированных бетонов. Вопросы теории и проектирования, технология, конструкции: Монография – М.: Издательство АВС, 2004. – 560с.
6. Steel fibre in airport runways//”Concrete”, 1972.-6, №8.-P.34-35.
7. Rabun J.E., Hatch E.M. Atlanta Airport Hlton and Conferenc Centr // PCI Journal. - 1991.-v.36. - №3 – P.26-33.
8. Steel fibre reinforced industrial floor design in accordance with the Concrete Society Technical Report (TR34). Bekaert. – Belgia. – 2000. – 44p.
9. Директор ООО «НПК «ВОЛВЕК ПЛЮС» Вострецов Ф.И. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.volvek.plys.php>.
10. Талантова К. В. Эксплуатационные характеристики сталефибробетонных конструкций для дорожного строительства / К.В. Талантова [и др.] // Бетон и железобетон. – 2002. – № 3. – С. 6–8.
11. Талантова К. В. Повышение эксплуатационных характеристик конструкций для дорожного строительства за счет применения строительного композита сталефибробетона / К.В. Талантова [и др.] // Бетон на рубеже третьего тысячелетия: материалы 1- й Всерос. конф. по проблемам бетона и железобетона. - М.: Ассоциация «Железобетон». 2001.- Кн.3: Секционные доклады: Секции III – VII. – С. 1732–1742.
12. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.budcentr.org/stalefibro.php>.
13. Fiber concrete technology .Brugg Contec AG Aachstr. 11 CH-8590 Romanshorn 2010. – 22 page.