

## **ВПЛИВ БАЗАЛЬТОВОЇ ФІБРИ НА ВЛАСТИВОСТІ БЕТОНУ ДЛЯ ТРАНСПОРТНОГО БУДІВНИЦТВА**

*Застосування базальтової фібри дозволяє підвищити тріщиностійкість, стиранність. Завдяки цим властивостям, застосування бетонів, армованих базальтовою фіброю, є ефективним проектним рішенням для автомобільних доріг, мостів. Зараз діє стандарт організації України, де встановлено загальні технічні умови для бетону, армованого базальтовою фіброю.*

*The use of basalt fibers can increase crack resistance, abrasion. Thanks to these properties the use of concrete, reinforced basalt fiber an effective design solutions for roads and bridges. Now has a standard of Ukraine, which established common specifications for concrete, reinforced basalt fiber.*

### **Вступ**

В сучасних технологіях виготовлення бетонних виробів набуває поширення дисперсне армування із застосуванням волоконних заповнювачів – переважно металевої, поліпропіленової або базальтової фібри. На відміну від традиційних видів армування (сталева арматура, сітка) дисперсне армування підвищує міцність бетону на розтяг і запобігає утворенню тріщин усадки.

Базальтова фібра має низку переваг у порівнянні з іншими волоконними заповнювачами для бетону. Застосування базальтової фібри дозволяє підвищити тріщиностійкість, стиранність. Коефіцієнти температурного розширення базальтової фібри і цементного каменю мають близькі значення. Завдяки цим властивостям застосування бетонів, армованих базальтовою фіброю, є ефективним проектним рішенням для автомобільних доріг, мостів.

### **1. Вимоги до дорожніх бетонів без дисперсного армування**

**1.1** Відповідно до діючих норм, конструкцію дорожнього одягу та матеріал покриття необхідно призначати виходячи з транспортно-експлуатаційних вимог, інтенсивності руху та складу автотранспортних засобів в його потоці,

кліматичних ґрунтово-геологічних умов, санітарно-гігієнічних вимог, вимог безпеки та комфортності руху, забезпеченості місцевими будівельними матеріалами.

Дорожній одяг може складатися з одного або кількох шарів. За наявності кількох шарів дорожній одяг включає покриття, основу та, за необхідності, додаткові шари основи.

Покриття повинно бути стабільно міцним, рівним, шорстким, протидіяти накопиченню пластичних деформацій влітку, зберігати суцільність навесні і восени та при розтягуванні від охолодження в зимовий період. Для тривалого збереження шорсткості матеріал покриття повинен бути стійким до стирання.

Цементобетон, відповідно до сфери застосування наведеної в [1], застосовують для капітального типу дорожнього одягу на автомобільних дорогах категорій I-а, I-б, II, III, IV.

Дорожній одяг необхідно проектувати з урахуванням надійності, яка забезпечує безвідмовну роботу конструкції протягом встановленого нормативного терміну служби. Кількісним показником коефіцієнта надійності є відношення довжини міцних ділянок без пошкоджень і деформації до загальної довжини ділянки дороги на останній рік наміченого строку служби.

При відповідному техніко-економічному обґрунтуванні нормативний строк служби дорожнього одягу необхідно приймати рівним строку служби дорожнього одягу між капітальними ремонтами [2]. Так, наприклад, норма міжремонтного строку експлуатації дорожнього одягу з цементобетону на автомобільній дорозі II категорії (капітальний ремонт) становить 21 рік, а норма міжремонтного строку експлуатації дорожнього одягу з цементобетону на автомобільній дорозі II категорії (середній ремонт) становить 8-10 років (в залежності від кліматичного району, в якому розташована дорога). Під час виконання середнього ремонту поліпшується шорсткість покриття. При цьому, необхідно враховувати темпи приросту інтенсивності і змін складу руху та завантаженості транспортних засобів у перші 5 років експлуатації дороги.

Дорожній одяг із цементобетонну залежно від категорії повинен мати коефіцієнт надійності відповідно до [1] згідно з таблицею 1.

**Таблиця 1** – Коефіцієнти надійності

Категорія дороги	I-а	I-б – II	III	IV
Коефіцієнт надійності	0,97	0,95	0,90	0,85

При розрахунку дорожнього одягу на міцність слід враховувати середньодобову інтенсивність вантажного руху та автобусів за останній рік перспективного терміну служби дорожнього одягу.

**1.2** Цементобетон є жорстким дорожнім одягом. Конструювання жорсткого дорожнього одягу полягає у розробленні декількох варіантів конструкції для подальшого вибору найбільш оптимального.

Завдання конструювання жорсткого дорожнього одягу такі:

- призначення покриття залежно від жорсткості дорожніх конструкцій та категорії дороги;
- вибір матеріалів для шарів основи, визначення кількості шарів і їх товщини;
- вибір заходів із забезпечення морозостійкості та осушення низу дорожнього одягу, призначення матеріалів та товщини основи.

При визначенні конструкції слід передбачати широке використання місцевих матеріалів і відходів промисловості, а також застосування прогресивних будівельних матеріалів і технологій.

Між покриттям та основою, за необхідності, слід передбачати вирівнювальний шар для усунення нерівностей основи, який повинен забезпечувати можливість переміщення плит цементобетонного покриття при зміні температури. Якщо цей шар здатний вбирати воду з бетонної суміші, його необхідно закривати гідроізоляційним шаром.

Жорсткий дорожній одяг треба розраховувати та конструювати відповідно до [3].

Товщину бетонного покриття необхідно визначати розрахунками, але не менше мінімальної товщини, наведеної у таблиці 2 відповідно до [1]. Вона дещо змінилася у порівнянні із [4].

**Таблиця 2 – Мінімальна товщина цементобетонного покриття**

Матеріал основи	Мінімально допустима товщина, см, покриття при загальному числі прикладань розрахункового навантаження, одиниць на смугу					
	понад $10^8$	від $2 \times 10^7$ - до $10^8$	від $10^7$ - до $2 \times 10^7$	від $5 \times 10^6$ - до $10^7$	від $10^6$ - до $5 \times 10^6$	менше ніж $10^6$
Цементобетон (дрібнозернистий бетон, шлакобетон)	<u>24</u>	<u>22</u>	<u>20</u>	<u>18 (16)</u>	<u>17 (16)</u>	<u>15</u>
	26	24	22	19 (18)	19 (18)	17
Кам'яний матеріал, укріплений в'язучим	<u>27</u>	<u>25</u>	<u>25</u>	<u>18 (16)</u>	<u>17 (16)</u>	<u>15</u>
	27	25	23	21 (19)	20 (19)	17
Щебінь, щебенево-піщана, піщано-гравійна суміші, шлак	-	-	<u>22</u>	<u>20 (18)</u>	<u>18 (16)</u>	<u>16</u>
			23	23 (20)	21 (19)	18
Пісок, піщано-гравійна суміші	-	-	-	<u>20 (18)</u>	<u>18 (16)</u>	<u>16</u>
				23 (20)	20 (19)	18

**Примітка 1.** У чисельнику – товщини відповідають розрахунковому навантаженню на колесо 50 кН, у знаменнику – 57,5 кН.

**Примітка 2.** У дужках наведена товщина цементобетонного покриття для жорсткого дорожнього одягу полегшеного типу.

**Примітка 3.** Якщо у поперечних швах штиркові з'єднання не застосовуються, мінімальну товщину покриття необхідно збільшувати на 2 см.

**Примітка 4.** При розрахунковому навантаженні на колесо 65кН до значення товщини у знаменнику додають 3 см.

**Примітка 5.** Мінімальна товщина цементобетонного покриття на дорогах I-а– II категорій – 26 см.

## 2 Вимоги до дорожніх бетонів, армованих базальтовою фіброю

У діючих нормативних документах донедавна були відсутні вимоги до дорожніх бетонів, армованих базальтовою фіброю. Тому, до них застосовували вимоги як і для

будь-яких інших дорожніх бетонів. Зараз діє [5], в якому встановлено вимоги, яким повинні відповідати дорожні бетони, армовані базальтовою фіброю.

Одним із основних критеріїв ефективності і необхідним показником є мінімальний проектний клас бетону на розтяг при згині, армованого базальтовою фіброю, для цементобетонних покриттів (таблиця 3).

Для цементобетонних покриттів автомобільних доріг використовують бетон важкий відповідно до вимог державних стандартів (ДС).

Довговічність бетонів, армованих базальтовою фіброю, для покриттів автомобільних доріг становить не менше ніж 25 років.

Клас бетону за міцністю визначається на стадії проектування відповідно до таблиці 8.5 [4] (міцність на стиск не нижче ніж В 25, міцність на розтяг при згині не нижче ніж  $V_{tb}$  3,2).

Клас бетону, армованого базальтовою фіброю, за міцністю повинен відповідати значенням, наведеним у таблиці 3.

**Таблиця 3** – Мінімальний проектний клас бетону, армованого базальтовою фіброю, для цементобетонних покриттів відповідно до [5]

Призначення бетону	Категорія дороги	Мінімальний проектний клас бетону за міцністю (марка бетону)	
		стиск	розтягування при згині
1	2	3	4
Одношарове або верхній шар двошарового цементобетонного покриття	I-а, I-б	В 35 (М 450)	$V_{tb}$ 4,8
	II	В 30 (М 400)	$V_{tb}$ 4,2
	III	В 25 (М 350)	$V_{tb}$ 4,0
	IV	В 25 (М 300)	$V_{tb}$ 3,6
Нижній шар двошарового покриття	I-а, I-б	В 25 (М 350)	$V_{tb}$ 4,0
	II, III	В 25 (М 300)	$V_{tb}$ 3,6
	IV	В 7,5(М 100)	$V_{tb}$ 1,6

Марка бетону, армованого базальтовою фіброю, для цементобетонного покриття за морозостійкістю повинна відповідати вимогам ДБН В.2.3-4 (не нижче ніж F150).

Водонепроникність бетону, армованого базальтовою фіброю, цементобетонного покриття повинна бути не нижче W 6.

Стандарт [5] введено в дію з 01 липня 2013 року. Мінімальний проектний клас бетону на розтяг при згині, встановлений у [5], дає можливість нормативно обґрунтувати застосування дорожнього бетону армованого базальтовою фіброю, оскільки, отримавши більші значення класу бетону на розтяг при згині можна, наприклад, конструювати меншу товщину цементобетонного покриття у порівнянні із бетоном без армування. При капітальному ремонті дороги таке зменшення може зекономити значні кошти.

Мінімальний проектний клас бетону на розтяг при згині, встановлений у [5], завжди суттєво більший у порівнянні із значеннями, встановленими у [4] (таблиця 4)

**Таблиця 4** – Мінімальний проектний клас бетону для цементобетонних покриттів та основ відповідно до ДБН В.2.3-4-2007

Призначення бетону	Категорія дороги	Мінімальний проектний клас бетону за міцністю (марка бетону)	
		стискання (марка)	розтягування при згинанні (марка)
Одношарове або верхній шар двошарового цементобетонного покриття	I-а, I-б	B 35 (M 450)	$B_{tb} 4,4 (P_{tb} 60)$
	II	B 30 (M 400)	$B_{tb} 4,0 (P_{tb} 50)$
	III	B 25 (M 350)	$B_{tb} 3,6 (P_{tb} 45)$
	IV	B 25 (M 300)	$B_{tb} 3,2 (P_{tb} 40)$
Нижній шар двошарового покриття	I-а, I-б	B 25 (M 350)	$B_{tb} 3,6 (P_{tb} 45)$
	II, III	B 25 (M 300)	$B_{tb} 3,2 (P_{tb} 40)$
	IV	B 75 (M 100)	$B_{tb} 1,2 (P_{tb} 30)$
Основи під цементобетонне покриття	I-а, I-б	B 7,5 ( $R_i$ 100)	$B_{tb} 1,2 (P_{tb} 15)$
	II, III	B 5,0 ( $R_i$ 75)	$B_{tb} 1,0 (P_{tb} 12)$
Основи під асфальтобетонне покриття	I-а, I-б, III, III	B 7,5 ( $R_i$ 100)	$B_{tb} 1,5 (P_{tb} 15)$

У 2016 році почне діяти [1]. У ньому підвищено мінімальний проектний клас бетону в залежності від категорії дороги (таблиця 5). В цьому випадку,

величини даного показника, наведені у [5] добре кореспондується з вимогами ДБН.

**Таблиця 5** – Мінімальний проектний клас бетону для цементобетонних покриттів та основ відповідно до ДБН В.2.3-4-2015

Конструктивний шар дорожнього одягу	Категорія дороги	Інтенсивність розрахункового навантаження, прив. авт./добу	Мінімальні проектні класи (марки) за міцністю	
			на розтяг при згині $B_{btb}(P_{tb})$	на стиск В (М)
Монолітне одношарове покриття або верхній шар двошарового покриття	I	більше 3000	4,8 (60)	40 (500)
	I-б	більше 2000	4,4 (55)	35 (450)
	II, III	Від 1000 до 2000	4,0 (50)	30 (400)
	IV	менше 1000	3,6 (45)	25 (300)
Нижній шар двошарових монолітних покриттів	I - II	більше 1000	3,2 (40)	-
	III	менше 1000	2,8 (35)	-
Монолітна основа під покриття	I - IV	будь-яка	0,8 (10)	-
Збірне покриття (основа)	I - IV	будь-яка	3,6 (45)	25 (300)

### 3. Дослідження бетонів, армованих базальтовою фіброю.

Для армування бетонної суміші використовували базальтову фібру, виготовлену з базальтового ровінгу довжиною 24 мм, 50 мм за [6].

На основі проведених досліджень зміни характеристик бетону внаслідок введення базальтової фібри в бетонну суміш встановлено:

1. Міцність на стиск не змінюється або її зміна незначна (в межах похибки випробування).

2. Міцність на розтяг при згині бетону з фіброю в окремих випадках підвищується до 33 % в порівнянні із бетоном без фібри.

3. Контрольні зразки бетону та зразки бетону, армовані базальтовою фіброю після випробувань на морозостійкість суттєво не відрізняються (в межах похибки випробування).

4. Водонепроникність бетону, армованого фіброю не змінюється або її зміна незначна (в межах похибки випробування).

5. Стиранність бетону з фіброю підвищується до 13 % в порівнянні із бетоном без фібри.

6. В цілому, введення в бетонну суміш базальтової фібри покращує міцність бетону на розтяг, стиранність, на стиск. Проте, необхідно перевіряти ефективність введення фібри в бетонну суміш в кожному конкретному випадку, оскільки відповідно до результатів досліджень, ефективність введення фібри не має чіткої залежності від її кількості та відрізняється в залежності від характеристик суміші, проектних показників бетону.

## **Література**

1. ДБН В.2.3-4:2015 Автомобільні дороги. Частина І. Проектування. Частина ІІ. Будівництво.
2. ВБН Г.1-218-050-2001 Міжремонтні строки експлуатації дорожніх одягів та покриттів на автомобільних дорогах загального користування.
3. ВБН В.2.3-218-008-97 Проектування і будівництво жорстких та з жорсткими прошарками дорожніх одягів, зі змінами та доповненнями.
4. ДБН В.2.3-4:2007 Споруди транспорту. Автомобільні дороги. Частина І. Проектування. Частина ІІ. Будівництво.
5. СОУ 42.1-37641918-091:2012 Будівельні матеріали. Бетони дорожні, армовані базальтовою фіброю. Загальні технічні вимоги.
6. ТУ У В.2.7-26.8-34323267-002:2009 (зі змінами) Ровінг з базальтових волокон (ТОВ «Технобазальт-Інвест», Хмельницька обл., м. Славута).