

## ВИБІР ОПТИМАЛЬНИХ СКЛАДІВ ФІБРОБЕТОНІВ ЖОРСТКИХ ДОРОЖНІХ ПОКРИТТІВ

<sup>2</sup>Руссу І.В., *д.т.н., проф.*, <sup>1</sup>Мішутін А.В., *д.т.н., проф.*,  
<sup>1</sup>Заволока М.В., *к.т.н., проф.*, <sup>1</sup>Кінтя Л., *м.н.с.*  
(<sup>1</sup>Одеська державна академія будівництва та архітектури,  
<sup>2</sup>Технічний університет Молдови)

Вибір оптимальних складів фібробетонів жорстких дорожніх покриттів проводився з використанням даних комплексу отриманих у процесі досліджень, що описують вплив складу на властивості композиту. Вибір здійснювався графічним методом на діаграмах типу «квадрати на квадраті». Проводився вибір складів фібробетонів з вдома різними рівнями вимог до характеристик матеріалу. В першому варіанті (бетони класу С30/35) у якості критеріїв обмеження використовувалися такі значення фізико-механічних характеристик бетонів:

- міцність на стиск  $f_{ck.cube} \geq 50$  МПа. Така міцність при найбільш розповсюдженому рівні коефіцієнта варіації для бетонних заводів України і Молдови забезпечую клас бетону С30/35, що дозволяє використовувати його на дорогах категорій до І-б (В35, М500 за вимогами ДБН В.2.3-4:2015. На діаграмах ізолінії  $f_{ck.cube} = 50$  МПа побудовані за ЕС-моделлю ;

- міцність на розтяг при згині  $f_{ctk} \geq 8$  МПа. Така міцність на розтяг забезпечує якість роботи матеріалу в конструкції дорожнього одягу і в значній мірі забезпечує довговічність бетону при впливах високих навантажень. На діаграмах ізолінії  $f_{ctk} = 8$  МПа побудовані за ЕС-моделлю;

- морозостійкість  $\geq F350$ . Такій рівень морозостійкості забезпечує високу довговічність бетону при експлуатації дорожніх покриттів у кліматичних умовах, які є характерними для України і Молдови. На діаграмах ізолінії F350 побудовані за ЕС-моделлю ;

У якості критерію оптимізації використовувався показник собівартості бетону (грн./м<sup>3</sup>), розрахований в цінах березня 2020 року. Показник собівартості був розрахований у 18-ти експериментальних точках, потім за цими даними була побудована відповідна ЕС-модель.

В другому варіанті вибору оптимальних складів (бетони класу С32/40) при у якості критеріїв обмеження використовувалися такі значення фізико-механічних характеристик бетонів:

Оптимальні склади фібробетонів та їх фізико-механічні характеристики

Таблиця 1

№ складу	Склад бетону	Фізико-механічні характеристики
С30/35, склад №1	Цемент – 420 кг/м <sup>3</sup> Щебінь – 1127 кг/м <sup>3</sup> Пісок – 676 кг/м <sup>3</sup> Метакаолін – 15 кг/м <sup>3</sup> Фібра – 0,9 кг/м <sup>3</sup> Добавка Coral – 3,36 кг/м <sup>3</sup> Вода – 174 л/м <sup>3</sup>	Міцність на стиск $f_{ck.cube}$ = 54 МПа Міцність на розтяг при згині $f_{ctk}$ = 8 МПа Морозостійкість F350 Стиранність $G = 0,395$ г/см <sup>2</sup> Міцність на стиск у віці 3-х діб $f_{ck.cube.3}$ = 35 МПа Собівартість – 1790 кг/м <sup>3</sup>
С30/35, склад №2	Цемент – 415 кг/м <sup>3</sup> Щебінь – 1131 кг/м <sup>3</sup> Пісок – 686 кг/м <sup>3</sup> Метакаолін – 15 кг/м <sup>3</sup> Фібра – 1,1 кг/м <sup>3</sup> Добавка Coral – 3,74 кг/м <sup>3</sup> Вода – 169 л/м <sup>3</sup>	Міцність на стиск $f_{ck.cube}$ = 54 МПа Міцність на розтяг при згині $f_{ctk}$ = 8,2 МПа Морозостійкість F350 Стиранність $G = 0,38$ г/см <sup>2</sup> Міцність на стиск у віці 3-х діб $f_{ck.cube.3}$ = 35 МПа Собівартість – 1800 кг/м <sup>3</sup>
С32/40, склад №1	Цемент – 435 кг/м <sup>3</sup> Щебінь – 1124 кг/м <sup>3</sup> Пісок – 669 кг/м <sup>3</sup> Метакаолін – 15 кг/м <sup>3</sup> Фібра – 1,4 кг/м <sup>3</sup> Добавка Coral – 3,92 кг/м <sup>3</sup> Вода – 175 л/м <sup>3</sup>	Міцність на стиск $f_{ck.cube}$ = 57 МПа Міцність на розтяг при згині $f_{ctk}$ = 8,5 МПа Морозостійкість F400 Стиранність $G = 0,34$ г/см <sup>2</sup> Міцність на стиск у віці 3-х діб $f_{ck.cube.3}$ = 38 МПа Собівартість – 1860 кг/м <sup>3</sup>
С32/40, склад №2	Цемент – 433 кг/м <sup>3</sup> Щебінь – 1124 кг/м <sup>3</sup> Пісок – 665 кг/м <sup>3</sup> Метакаолін – 20 кг/м <sup>3</sup> Фібра – 1,5 кг/м <sup>3</sup> Добавка Coral – 3,90 кг/м <sup>3</sup> Вода – 176 л/м <sup>3</sup>	Міцність на стиск $f_{ck.cube}$ = 58 МПа Міцність на розтяг при згині $f_{ctk}$ = 8,6 МПа Морозостійкість F400 Стиранність $G = 0,34$ г/см <sup>2</sup> Міцність на стиск у віці 3-х діб $f_{ck.cube.3}$ = 39 МПа Собівартість – 1865 кг/м <sup>3</sup>

Склад №1 (С32/40) характеризується найменшою собівартістю при забезпеченні необхідних рівнів всіх висунутих критеріїв (1860 грн./м<sup>3</sup>). Координати точки даного складу у факторному просторі є наступними:  $x_1 = -0,3$ ,  $x_2 = 0,4$ ,  $x_3 = 0$ ,  $x_4 = 0,5$ . Вміст компонентів суміші у складі №1 (С32/40) та розрахункові фізико-механічні властивості бетону наведено у таблиці.

Склад №2 (С32/40) має собівартість 1865 грн./м<sup>3</sup>, що фактично не відрізняється від собівартість складу №1. При цьому у порівнянні зі складом №1 бетон складу №2 характеризується дещо вищою міцністю на стиск і на розтяг при згині. Різниця між показниками властивостей складу №2 і №1 знаходиться у межах точності експерименту, але для складу №2 ця дозволяє казати про досягнення заданого рівня міцності з більшою вірогідністю. Координати точки даного складу у факторному просторі є наступними:  $x_1 = -0,35$ ,  $x_2 = 0,5$ ,  $x_3 = 0,33$ ,  $x_4 = 0,5$ . Вміст компонентів суміші у складі №2 (С32/40) та його розрахункові фізико-механічні властивості наведено у таблиці.

Таким чином, з використанням отриманого комплексу ЕС-моделей та з врахуванням собівартості обрано оптимальні склади фібробетонів жорстких дорожніх покриттів класів С30/35 і С32/40 з підвищеною в типових умовах експлуатації довговічністю та високою ранньою міцністю.

Результати експериментальних досліджень увійшли у монографію «Ефективні види фібробетонів».

На основі проведення випробувань був розроблений «Регламент з технології приготування і застосування модифікованого бетону для покриттів автодоріг із застосуванням поліпропіленової фібри», який був затверджений у Одеському дочірньому підприємстві «Облавтодор» державної акціонерної компанії «Автомобільні дороги України».