

- на завдання засобів оцінювання альтернатив (наприклад безпосереднє оцінювання, ранжування, парне порівняння);
- на вибір найкращого рішення з множини альтернатив (після завершення розрахунку моделі).

У зв'язку з цим у модель розробки і прийняття рішень вводиться *функція переваг проектного менеджера*  $F$ , що виділяє значимість тих або інших елементів моделі для конкретного проектного менеджера

$$F = f(\Omega, \Psi \mid \Gamma, E, N^s, K, A, a^0), \quad (12)$$

При цьому на розробку і прийняття рішень та відповідно на підготовку за допомогою СППР рішення накладаються такі обмеження:

- час на розробку і прийняття рішень не повинен перевищувати відведеного на реалізацію цього проекту (у межах інвестиційного проекту) часу  $T_p$ , тобто  $T \leq T_p$ ;
- запланований економічний ефект від прийнятого рішення повинен перевищувати витрати на його підготовку;
- кількість альтернативних рішень повинна бути більшою від одиниці ( $n > 1$ );
- реалізація будь-якого альтернативного рішення має призводити до вирішення проблеми;
- на етапі генерації ідей повинні брати участь не менше семи генераторів ідей ( $\xi \geq 7$ ), а на етапі експертизи – не менше десятих експертів ( $v \geq 10$ ), що забезпечує ефективність прийнятих рішень на підставі методу «Мозкового штурму».

1. Керівництво: Основи знань по проектному менеджменту: Пер. з англ. К., 1999. 197 с. 2. Шапіро В.Д. Управління проектами. С-Петербург, 1996. 610 с. 3. Шеремет В.В., Павлюченко В.М., Шапіро В.Д. та ін. Управління інвестиціями: У 2 т. М., 1998. 416 с. 4. Бушуєв С.Д., Морозов В.В. Методичні вказівки до використання комп'ютерної інноваційної гри «Штурм» – навчання колективному рішенню проблем на ЕОМ. К., 1989. 24 с.

УДК 691.16:662

**В.І. Братчун, І.Ф. Рибалко**

Донбаська державна академія будівництва і архітектури

## **ДЬОГТЕПОЛІМЕРБЕТОНИ З АКТИВОВАНИМ МІНЕРАЛЬНИМ ПОРОШКОМ**

© Братчун В.І., Рибалко І.Ф., 2000

**Показано, що довговічний дьогтебетон можна здобути комплексною модифікацією мікроструктури дьогтебетону введенням у кам'яновугільне в'язуче відсіву полівінілхлориду та активацією шламів станцій нейтралізації сталеводово-канатних заводів (мінеральний порошок) полімермістким відходом виробництва епоксидних смол.**

Термін служби дьогтебетонних покриттів автомобільних доріг дорівнює 6–8 рокам замість 14. Це зумовлено незадовільною зсувостійкістю, водостійкістю, морозостійкістю й інтенсивним старінням дьогтебетону [1–3]. Властивості дьогтебетону визначаються насамперед якістю матриці, поданої кам'яновугільним дьогтем і мінеральним порошком. При якісних компонентах і оптимальній структурі дьогтебетону найдоцільнішим засобом керування структуроутворення дьогтебетону є фізико-хімічна модифікація "об'ємного" і "структурованого" дьогтю полімерними добавками, наприклад, відсівом полівінілхлориду (ВПВХ), а також підвищення енергії взаємодії на поверхні поділу фаз (ППФ) "органічне в'язуче – мінеральний порошок, активований олігомером, що містить функціональні групи (полімермісткі відходи виробництва епоксидних смол (ПВЕС)" [4].

У сучасних умовах використання якомога більше вторинних матеріальних ресурсів у дорожньому будівництві має першочергове значення. За своєю економічністю та технічністю утилізація відходів виробництв тісно пов'язана з заходами щодо охорони навколишнього середовища і раціонального споживання природних ресурсів. Це дає змогу не тільки задовольнити потреби народного господарства внаслідок виготовлення додаткової продукції, економії капітальних вкладень, матеріальних витрат, але й значно зменшити забруднення біосфери.

У цій роботі доведено можливість застосування шлаків станцій нейтралізації (ШСН) сталедрото-канатних заводів, які модифіковані ПВЕС, як мінеральний порошок у дьогтеполімербетонних сумішах.

Шлам-відхід сталедрото-канатних заводів утворюється внаслідок нейтралізації кислих травильних розчинів вапняковим молоком. Це гетерогенна полідисперсна система з дисперсійного середовища (вода) та дисперсної твердої фази: шматки недопалення вапна розміром часток  $(0.5 - 15.0) \cdot 10^{-2}$  м, частинки гідроксидів заліза розміром  $1 \cdot 10^{-6} \dots 1 \cdot 10^{-5}$  м, кристали  $\text{CaSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$  (двоводний гіпс).

Методом рентгенографічного аналізу у складі шламу зареєстровано такі кристалічні фази: двоводний гіпс (7.52; 4.26; 3.03; 2.00; 2.08Å); кальцит (3.03; 2.44; 2.32; 2.07; 1.91; 1.85Å); гематит (3.65; 2.65; 2.51; 2.16; 1.92Å); гетит (4.16; 2.65; 2.42; 2.34; 1.70Å); гідросульфферрит кальцію (9.92; 5.44; 3.87; 2.84; 2.49Å).

Мікроскопічні дослідження свідчать про те, що двоводний гіпс є надто дисперсним: розміри його кристалів  $1 \cdot 10^{-6} \dots 2 \cdot 10^{-5}$  м, розміри зростків кристалів  $(1-4) \cdot 10^{-5}$  м. Кристали гіпсового каменю вкриті товстою пухкою оболонкою гідроксидів заліза. Кальцит становить основну мінеральну фазу недопалення вапна; його рентгенограма має типовий набір ліній.

За показниками дьогтьомності і пористості ШСН не відповідає вимогам ДСТ 16557-90 (табл.1)

Таблиця 1

## Показниками дьогтьомності і пористості ШСН

Вид мінерального порошку	Питома поверхня, $S_{1,2}$ , м <sup>2</sup> /кг	Щільність, $\rho$ , кг/м <sup>3</sup>	Середня щільність під навантаженням 40 МПа, $\rho_{п}^0$ , кг/м <sup>3</sup>	Пористість, $P_0$ , %	Дьогтьомність, %
З шламу станції нейтралізації	560	3460	1280	63	92
Вапняковий	400	2715	1880	31	61
Вапняковий, активований стеарином	445	2710	1890	30.3	59

ШСН піддавали механоактивації полімермістким відходом виробництва епоксидних смол. Під час виробництва твердих епоксидних смол для матеріалів, які використовують в електронній техніці передбачені багаторазові промивання органічних розчинів водою для зниження йонних домішків. При цьому утворюються відходи у вигляді водно-органічних емульсій, які утримують у своєму складі: летучі – 40...60 %; воду 30...40 %; розчинники 12...16 %; NaCl 2...5 %; золу 4...10 %; полімери 35...50 %.

При механоактивації ШСН у середвищі ПВЕС можливе щеплення олігомера до поверхні мінерального порошку. Взаємодія між катіонами кальцію й олігомером може відбуватися за донорно-акцепторним механізмом, тому що іони кальцію мають вільні орбіталі, а олігомери ПВЕС містять атоми кисню з неподільною парою електронів.

Модифікація поверхні мінерального порошку ПВЕС призведе до максимального зближення її за природою з дьогтеполівінілхлоридним в'язучим, що забезпечить повне змочування її дьогтеполімерним в'язучим. Структурно-зміцнений шар полімермісткого відходу виробництва епоксидних смол підвищить адгезію дьогтеполімерного в'язучого до активованої поверхні МП внаслідок збільшення кількості контактів сегментів пластифікованих надмолекулярних утворень полімера з активними центрами олеофільної поверхні і дифузії макромолекул полівінілхлориду в шар олігомера. Отже, виникне тривка й еластична матриця дьогтеполімербетону з високою адгезією до структуроутворюючих елементів мезо- і макроструктури.

Склади комплексно-модифікованої мікроструктури (чинники варіювання:  $X_1$  – в'язкість дьогтю,  $C_{30}^{10} = 52...215$  с;  $X_2$  – масова концентрація відсіву полівінілхлориду в дьогті,  $C_{м\text{ПВХ}} = 0,5...2,0$  %;  $X_3$  – масова концентрація активатора – ПВЕС на поверхні вапнякового мінерального порошку,  $C_{м\text{ПВЕС}} = 0,5...2,5$  %) визначено оптимальні значення чинників варіювання при заданих критичних значеннях параметрів оптимізації ( $Y_1$ ,  $Y_2$ ,  $Y_3$  – межа тривкості при стиску відповідно при  $R_0$  – не більше 13 МПа), при 20 °С ( $R_{20}$  – не менше 2,5 МПа) при 50 °С ( $R_{50}$  – не менше 1,2 МПа),  $Y_4$  – утримання органічного в'язучого у суміші (Д не більше – 9 %). Рівняння регресії апроксимовані поліномом другого ступеня. Як приклад наведено рівняння регресії, що характеризує взаємозв'язок між межею тривкості при 50 °С і чинниками варіювання (1).

$$Y_3 = 0,62 - 0,1X_1 + 0,08X_2 + 0,073X_3 + 3,46X_1^2 + 1,24X_2^2 + 3,44X_3^2. \quad (1)$$

Рівняння регресії перевірені на адекватність і задовольняють критерій Фішера (дисперсія адекватності дорівнює 0.015, коефіцієнт варіації становить 3.15 %; кореляційне відношення – 0.0976).

Значне зростання межі тривкості бетону спостерігається при концентрації ПВЕС на поверхні мінерального порошку 1...2 %. Активація поверхні шламу станцій нейтралізації ПВЕС з одночасною модифікацією кам'яновугільного в'язучого відсівом полівінілхлориду сприяє значному зміцненню міжфазного контакту поверхня мінерального порошку – органічне в'язуче (табл.2, склад 4). Модифіковані дьогтебетони характеризуються більш високою щільністю і тривалою водостійкістю, меншою температурною чутливістю механічних властивостей порівняно з теплими та гарячими дьогтебетонами (ДСТ 25877-83). Для них характерна більш висока тривкість при стиску з температурою 50 °С і менша – при 0 °С (склади 1, 2 табл.2)

У той же час висушений та домелений ШСН характеризується значною структуруючою здатністю в області помірних і низьких температур (табл.2, склад 3). Однак його використання призводить до перевитрат органічного в'язучого в дьогтебетонній суміші

(14 % понад 100 % мінеральних матеріалів), до значного підвищення межі міцності на стиск дьогтебетону при 0 °С та високої температурної чутливості  $K_T = R_0/R_{50} = 16$ . Це свідчить про високу жорсткість бетону та незадовільну його деформативність при низьких температурах його експлуатації.

Таблиця 2

### Характеристика показників

Показники	Склад дьогтев'язучої речовини в дрібнозернистому бетоні (тип В)			
	МП вапняковий, КД, $C^{10}_{50}=75$ с (вміст 7,7 %)	МП з ШСН неактивованій, КД, $C^{10}_{30}=133$ с (вміст 13,3 %)	МП з ШСН неактивованій, КД, $C^{10}_{30}=75$ с (вміст 14 %)	МП з ШСН активований 2 % ПВЕС, КД, $C^{10}_{30}=133$ с 31,5 % ПВХ (вміст 7,5 %)
Набрякання, % за об'ємом	0.83	0.95	0	0
Водонасичення, % за об'ємом	3.6	2.8	0.12	3.1
Межа міцності на стиск, МПа, при 0 °С				
20 °С	10.4	2.9	17.6	9.0
50 °С	3.9	1.5	4.5	4.3
Коефіцієнт водостійкості при тривалому водонасиченні, $K^T_B$	1.0	0.4	1.1	1.7
	0.74	0.23	0.7	1.0

Дьогтеполімербетонні суміші, які вміщують активовані полімервмісним відходом виробництва епоксидних смол шлами станцій нейтралізації сталедруто-канатних заводів, технологічніші, ніж дьогтебетонні. Оптимальний температурний інтервал ущільнення модифікованих дьогтебетонних сумішей дорівнює 40...100 °С, а гарячих дьогтебетонних 55...85 °С. Ущільнення дьогтеполімербетонних сумішей менш енергоємний, ніж дьогтебетонних. Для досягнення нормативної щільності дьогтеполімербетонів потрібна менша кількість проходжень катка.

Дьогтеполімербетони більш довговічні. Вони характеризуються меншим показником температурної чутливості і стійкіші до старіння, водо- і морозостійкі, ніж традиційні дьогтебетони.

Модифіковані дьогтебетони деформативніші, ніж гарячий дьогтебетон. Температура механічного скловання для них дорівнює 0 °С, а для гарячого дьогтебетону +10 °С.

Вони характеризуються більшими критичними напруженнями, ніж традиційні дьогтебетони. Отже, модифіковані дьогтебетони менш схильні до накопичення залишкових деформацій і довговічніші під дією транспортних навантажень, ніж гарячий дьогтебетон. Вони мають більш високі значення динамічного модуля пружності при високих температурах, які у десять разів вищі, ніж у дьогтебетонів, що представлені у ДСТ 25877-83. Фізико-механічні властивості дьогтебетонів, які представлені дьогтеполівінілхлоридним в'язучим і активованим ПВЕС ШСН і теплих асфальтобетонів ідентичні, що і визначає сферу їх застосування. За результатами досліджень розроблено рекомендації щодо виробництва і застосування дьогтеполімербетонних сумішей з мінеральним порошком із ШСН, поверхня якого активована ПВЕС.

1. Леушин А.И. Дегтевый бетон // Применение каменноугольных дегтей в дорожном строительстве / Под ред. А.К.Бируля. М., 1939. С.159–175. 2. Гельфанд С.И. Устойчивость асфальтобетона и дегтебетона в зависимости от климатических факторов. М., 1957. 96 с. 3. Лысихина А.И. Дорожные покрытия и основания с применением битумов и дегтей. М., 1962. 360 с. 4. Братчун В.И., Золотарев В.А. Модифицированные дегти и дегтебетоны повышенной долговечности. Макеевка, 1998. 226 с.

УДК 624.012

**В.В. Варський, А.Й. Форкуца, Б.М. Ільницький, Н.В. Барабаш**  
 НУ “Львівська політехніка”, кафедра будівельних конструкцій і мостів

## **МІЦНІСТЬ ТА ДЕФОРМАТИВНІСТЬ СТАЛЕБЕТОННИХ БАЛОК З ЗОВНІШНЬОЮ ВИСОКОМІЦНОЮ РИФЛЕНОЮ ПОЛОСОВОЮ АРМАТУРОЮ, АРМОВАНИХ ВСТАВНИМИ НЕЗАЛЕЖНИМИ ПЛОСКИМИ КАРКАСАМИ**

© Варський В.В., Форкуца А.Й., Ільницький Б.М., Барабаш Н.В., 2000

**Проведено дослідження сталебетонних балок, армованих високоміцними сталевими полосами періодичного профілю (поздовжня арматура) і поперечною арматурою у вигляді незалежних вставних каркасів.**

**Виявлено вплив конструкції поперечної арматури (незалежних вставних каркасів) на міцність, жорсткість і тріщиностійкість дослідних балок.**

**Дослідження, описані у цій статті, проведені в НУ “Львівська політехніка” в лабораторії кафедри будівельних конструкцій та мостів під керівництвом академіка д-ра техн. наук проф. Климента Ф.Є.**

Особливістю конструкцій з зовнішнім листовим (полосовим) армуванням є те, що арматура в них у вигляді металевих листів (полос) винесена на зовнішні грані перерізу елемента. Таке концентроване розташування листової (полосової) арматури надає цим конструкціям суттєвих переваг над звичайними залізобетонними з стержневою арматурою.

При армуванні сталебетонних згинальних елементів застосовується як листовая, так і профільована прокатна сталь, а також їх поєднання з стержневою арматурою. Суттєвий вплив на роботу сталебетонних конструкцій має їх конструктивне вирішення, а також матеріали, з яких вони виготовлені. Треба очікувати, що техніко-економічна ефективність сталебетонних балок зросте під час застосування у їх конструкції бетонів підвищеної міцності, незалежних вставних плоских каркасів (поперечна арматура) та високоміцних рифлених сталей. Необхідно відзначити, що застосування як поперечної арматури незалежних вставних плоских каркасів значно спрощують технологію виготовлення подібних конструкцій, оскільки таке вирішення не потребує приварювання поперечних стержнів до листа.