

УДК 691.535

РЕАКЦИЙНО-ПОРОШКОВИ БЕТОНИ ЯК НАПІВФАБРИКАТ ДЛЯ ВИГОТОВЛЕННЯ СУХИХ БУДІВЕЛЬНИХ СУМІШЕЙ РІЗНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

РЕАКЦИОННО-ПОРОШКОВЫЕ БЕТОНЫ КАК ПОЛУФАБРИКАТ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ СУХИХ СТРОИТЕЛЬНЫХ СМЕСЕЙ РАЗЛИЧНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

REACTIVE-POWDER CONCRETE AS A SEMI-FINISHED PRODUCT FOR THE PRODUCTION OF DRY CONSTRUCTION MIXTURES OF VARIOUS PURPOSE

Дворкін Л.Й., д.т.н., проф., Марчук В.В., к.т.н., ст. викладач, Марчук Б.В., магістрант, (Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне)

Дворкин Л.И., д.т.н., проф., Марчук В.В., к.т.н., ст. преподаватель, Марчук Б.В., магистрант, (Национальный университет водного хозяйства и природопользования, г. Ровно)

Dvorkin L.J., doctor of technical sciences, professor., Marchuk V.V., candidate of technical sciences, Senior Lecturer, Marchuk B.V., graduate student, (National University of Water Management and Nature Resources, Rivne)

Наведені результати експериментальних досліджень розчинів та сухих будівельних сумішей на основі реакційно-порошкових бетонів. Показана можливість отримання таких розчинів. Наведені і проаналізовані експериментально-статистичні моделі технологічних та фізико-механічних властивостей розчинових сумішей та розчинів, показано шляхи їх покращення.

Приведены результаты экспериментальных исследований сухих строительных смесей и растворов на основе реакционно-порошковых бетонов. Показана возможность получения таких растворов. Приведены и проанализированы экспериментально-статистические модели технологических и физико-механических свойств растворных смесей и растворов, показаны пути их улучшения.

In this study, the results of experimental research on masonry mortars based on dry mixtures with the use of reactive-powder concrete are given and shown the possibility of their industrial production.

During its lifecycle, almost all concrete and reinforced concrete structures and are exposed to aggressive environments, seismic, shock and other destructive effects that can cause damage and destruction of building structures, which leads to high demand of methods and materials for their restoration and protection from aggressive environments .

The need for repair and protection of concrete structures, including those for defense purposes, is determined by the operating conditions and concrete service life. Such protection consists in the formation of a water-impermeable layer on the surface of the insulating material (outer layer) and with the filling of surface cracks, pores and capillaries with hydration products. Surface treatment of the structure allows to increase their density, strength, watertightness, and hence the service life. Based on the obtained data, experimental and statistical models of physical and mechanical properties of fresh and hardened mortar has been built and analyzed.

Ключові слова:

Реакційно-порошковий бетон, будівельний розчин, міцність, суперпластифікатор, довговічність.

Реакционно-порошковый бетон, строительный раствор, прочность, суперпластификатор, долговечность.

Reactive-powder concrete, mortar, strength superplasticizer, durability.

Вступ. При зведенні будівель і споруд виникає необхідність в сумішах різного призначення. Виготовлення таких сумішей можливе централізовано на заводах або безпосередньо на будівельних майданчиках з застосуванням напівфабрикатів. В якості такого напівфабрикату може бути використаний реакційно-порошковий бетон (РПБ). РПБ – можна розглядати, як суху суміш, що містить в'язуче (портландцемент), дисперсний наповнювач (дрібний пісок, зола) і суперпластифікатор, а також при необхідності добавки-модифікатори (мікрокремнезем, метакаолін). Ці суміші забезпечують високу міцність, адгезійну здатність та довговічність бетонів та розчинів у різних умовах експлуатації [1 - 3]. Коректуючи склади РПБ різними компонентами можна досягати необхідних властивостей сухих сумішей, розчинів та бетонів різного призначення.

Стан питання та задачі дослідження. Під час експлуатації практично всі бетонні та залізобетонні конструкції і споруди піддаються дії агресивних середовищ, сейсмічним, ударним та іншим руйнівним впливам, які можуть викликати пошкодження і руйнування будівельних конструкцій [3, 4]. З кожним роком кількість бетонних і залізобетонних споруд, що руйнуються

зростає, що призводить до необхідності створення методів і матеріалів для їх відновлення та захисту від агресивного навколишнього середовища.

Необхідність ремонту і захисту бетонних конструкцій визначається умовами експлуатації і термінами служби бетону, залізобетонних конструкцій і виробів.

В теперішній час для поверхневого захисту матеріали на мінеральній основі знаходять все більше застосування за рахунок їх переваг перед матеріалами на органічному в'язучому. Серед переваг мінеральних матеріалів слід відзначити такі якості, як високу міцність, морозостійкість, адгезію, паропроникність, стійкість до впливу агресивних середовищ, простота застосування і нескладну технологія нанесення. Однак будівельні суміші на мінеральній основі мають певні недоліки: тривалий догляд за твердіючою сумішшю, що призводить до додаткових трудових і енергетичних витрат, неможливості їх використання при термінових ремонтних роботах.

Для усунення перерахованих вище недоліків ремонтних та захисних матеріалів на мінеральній основі були запропоновані склади СБС на основі реакційно-порошкових бетонів.

Мета роботи результати якої наведені в даній статті полягала у підтвердженні доцільності використання РПБ у будівельних розчинах, а також дослідженні впливу факторів складу на їх властивості.

В якості вихідних матеріалів для отримання СБС були використані:

- РПБ, що містив: ПЦ-I-500 у кількості - 35%, виробництва "Волинь-цемент" філія ПАТ "ДЦУ", мінералогічний склад клінкеру наступний: C_3S – 57,1%. C_2S – 21,27%, C_3A – 6,87%, C_4AF – 12,19%; золу-виносу Бурштинської ТЕС - 15%; пісок фр.0,16...0,63 – 50 %, суперпластифікатор 0,5% від цем.;
- кварцовий пісок фракції 0,16...1,25, Славутського кар'єру (Хмельницька обл.) з модулем крупності $M_{кр}$ - 1,6...1,9;
- суперпластифікуюча добавка «Melflux 2651F»;
- редиспергований полімерний порошок (РПП) Neolith P 4400 (вініловий ефір версатієвої кислоти) FAR SPA (Італія),

Методика досліджень та результати.

Для вивчення впливу факторів складу сумішей на основні властивості будівельних розчинів були виконані алгоритмізовані експерименти відповідно до тривісного трьохфакторного плану B_3 [5]. Умови планування експериментів наведені в табл. 1.

Як вихідні параметри вибрано рухомість розчинової суміші, міцність при стиску, згині у віці 1, 7 та 28 діб зразків, які тверднули у повітряно-сухих умовах та адгезійну міцність розчинів. Випробування проводили згідно з чинними нормативними документами ДСТУ Б В.2.7-239 та ДСТУ Б В.2.7-126-2011.

Таблиця 1

Умови планування експериментів при дослідженні ремонтних сумішей на основі РПБ

Фактори впливу		Рівні варіювання			Інтервал
Натуральний вид	Кодований вид	-1	0	+1	
Вміст РПБ, кг/т	X_1	500	650	800	150
Вміст золи, кг/т	X_2	0	50	100	50
Вміст РПП, кг/т	X_3	0	10	20	10

У ході досліджень в кожній точці виготовляли розчини на основі РПБ з вмістом складових згідно умов планування, а витрата піску становила решту маси до 1000 кг. Водопотреба була постійно та становила 120л/т сухої суміші.

Статистична обробка експериментальних даних дозволила отримати коефіцієнти рівнянь регресії рухомості, міцності при стиску та згині, а також адгезійної здатності досліджуваних розчинових сумішей та розчинів, які наведені в табл. 2.

Таблиця 2

Коефіцієнти рівнянь регресії

Коефіцієнти	Рухомість, ЗК, см	Міцність на згин, МПа, у віці			Міцність на стиск, МПа, у віці			Адгезія МПа
		1 доба	7 діб	28 діб	1 доба	7 діб	28 діб	
B_0	10,87	5,44	11,4	15,15	25,77	41,7	56	0,98
B_1	-1,2	0,9	2,40	3,12	10,24	11,81	14,9	0,26
B_2	0,95	0,4	0,78	0,74	4,12	4,66	4,25	0,1
B_3	2,3	-0,7	0,70	2,30	-6,47	-3,10	-4,1	0,76
B_{11}	0,76	0,3	-0,4	-0,99	2,44	-1,69	-1,24	-0,08
B_{22}	0,34	-0,20	-0,03	0,11	-0,36	-0,5	0,31	0,05
B_{33}	-1,4	-0,25	-0,3	-0,84	2,09	-0,25	1,41	0,3
B_{12}	0,3	0,10	0,43	0,37	1,08	2,59	2,20	0,01
B_{13}	0,13	0,40	-0,37	-1,11	1,00	-2,10	-0,88	0,1
B_{23}	-0,25	-0,10	-0,04	-0,15	-0,78	-1,53	0,15	0,04

Аналізуючи коефіцієнти рівнянь регресії рухомості сумішей по зануренню конуса (табл. 2) досліджені фактори можна розмістити по величині впливу в наступний спадаючий ряд $X_3 > X_2 > X_1$, також спостерігається несуттєвий вплив ефектів взаємодії цих факторів. При цьому підвищення вмісту РПП та золи має позитивний ефект, а збільшення кількості РПБ навпаки. Аналіз взаємодій коефіцієнтів рівнянь однозначно показує, що при збільшенні кількості РПБ в поєднанні зі зменшенням частки

золи має місце деяке падіння рухомості. Позитивно на рухомість розчинових сумішей впливає спільне збільшення витрат РПП і золи.

Аналіз отриманих коефіцієнтів рівнянь міцнісних показників (табл. 2) показує, що у діапазоні варіювання досліджуваних факторів, розчинів, які містять РПБ, як і слід було очікувати, найбільш помітний вплив чинять витрати РПБ та полімерного порошку. Спостерігається суттєвий вплив ефектів взаємодії факторів. Зокрема: вміст РПБ та золи призводять до росту міцності при стиску в усі терміни твердіння, а РПБ та полімерного порошку до зростання міцності на згин у віці 28 діб. Визначальним фактором для збільшення адгезійної здатності є наявність РПП. Очевидно, що досягнення високих міцнісних та інших якісних показників розчинових сумішей та розчинів можливе при відповідній оптимізації складів розчинів.

Для аналізу отриманих коефіцієнтів рівнянь побудовані двофакторні графічні залежності, які ілюструють вплив факторів складу на властивості розчинових сумішей та розчинів (рис. 1...3).

Важливим наслідком введення РПП Neolith P 4400 в суміші є покращення структури порового простору за рахунок зменшення розміру пор та підвищення однорідності їхнього розподілення. Зменшення товщини водних прошарків на зернах в'язучого обумовлює зменшення середнього радіуса капілярів [6], а однорідності їхнього розподілення сприяє адсорбція на активних центрах твердої фази.

В процесі плівкоутворення в твердіючому розчині утворюються полімерні плівки, що закривають мікропори і полімерні «містки», що з'єднують краї мікротріщин внутрішніх дефектів.

Це вказує на те, що існує певний оптимум вмісту РПБ та РПП в розчині, при якому зберігається суцільність цементного гелю в структурі, полімер же заповнює найдрібніші пори і капіляри, а також обволікає цементні зростки і частинки заповнювача.

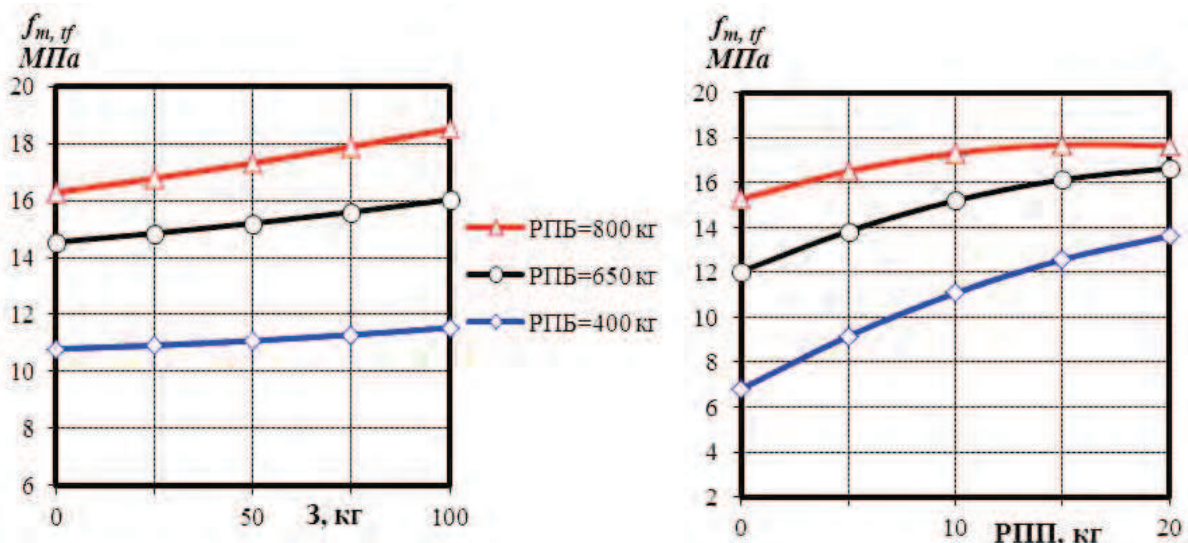


Рис.1. Графічні залежності міцності при згині у віці 28 діб ремонтних розчинів на основі РПБ від факторів складу

Аналізуючи отримані графічні залежності, що зображені на рис. 1...3 можна зробити висновок, що у межах варіювання факторів на міцність розчинів при згині визначальним є вміст РПБ. Збільшення кількості РПБ з 400 до 800 кг дозволяє підвищувати ранню міцність на 40...50% та марочну на 30...40% при збільшеному вмісті РПБ та золи-виносу, а в сумішах з пониженим вмістом РПБ спостерігається ріст міцності на 8..12 %. Зниження вмісту золи у вибраних межах також може знижувати, або практично не впливати на міцність.

Збільшення вмісту РПП в складі суміші може викликати як збільшення так і деяке зниження міцності розчинів. Вплив РПП на 1-добову міцність розчинів спричиняє негативний ефект, що нівелюється при максимальній витраті РПБ та помірній до 1% кількості полімерного порошку. У віці 7 та 28 діб Neolith P 4400 має екстремальний вплив при максимальному вмісті РПБ.

Збільшення міцності розчинів на згин при вмісті РПП 1% відзначається при одночасному збільшенні вмісту золи-виносу та зменшенні РПБ.

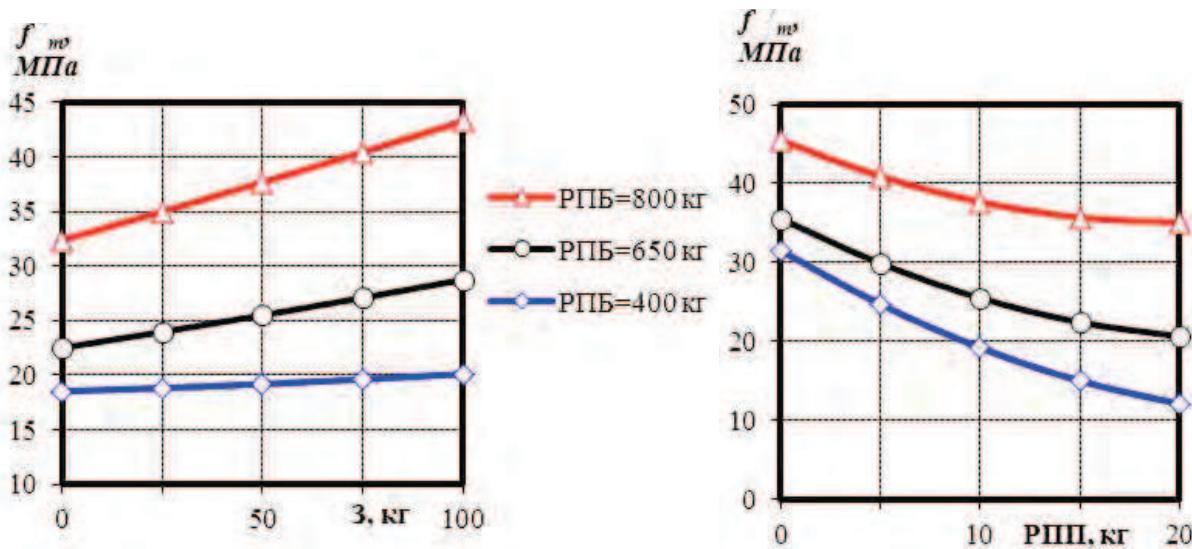


Рис. 2. Графічні залежності міцності при стиску у віці 1 доби ремонтних розчинів на основі РПБ від факторів складу

Аналіз отриманих графічних залежностей (рис.2) свідчить про те, що у діапазоні варіювання досліджуваних факторів на міцність розчинів при стиску у віці 1 доби, визначальною є витрата РПБ. Збільшення вмісту РПБ з 400 до 800 кг дозволяє підвищувати міцність на 50...70 % при витраті золи 0...50 кг. Збільшення понад 50 кг супроводжує подальший ріст міцності у віці 1 доби у 2...2.2 рази. Вплив введення золи-виносу має менш значний ефект, збільшення її вмісту до 50 кг дозволяє підвищувати міцність розчинів на 10...15% при помірних витратах РПБ (400...500 кг) та 25...30% при максимальному вмісті в межах варіювання. Це пояснюється формуванням щільної структури за рахунок початкової міцності контактів, рівномірного розподілу часток зерен в'язучого і заповнювача та активації кристалізаційних процесів. Вплив добавки має менш значний ефект, при

чому введення РПП Neolith P 4400 у кількості 10% призводить до зниження ранньої міцності на 25...30 % при максимальній частці РПБ та на 70...100% за умови збільшення вмісту РПП до 20%. Це пояснюється надлишковою кількістю залученого повітря до складу суміші, а також сповільненням процесів гідратації цементного каменю у присутності полімерних порошків.

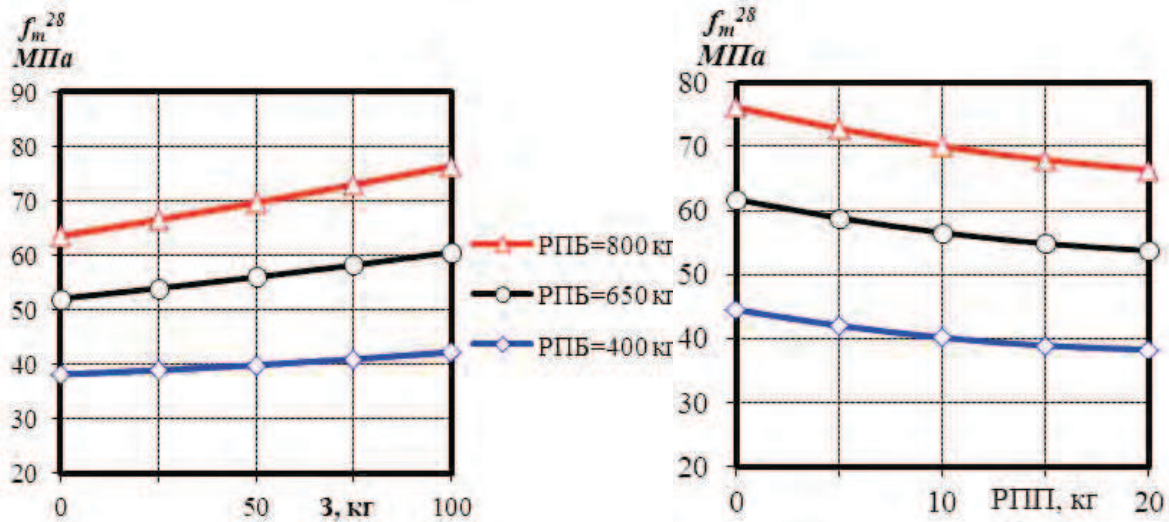


Рис. 3. Графічні залежності міцності при стиску у віці 28 днів ремонтних розчинів на основі РПБ від факторів складу

Проаналізувавши отримані графічні залежності (рис.3) маємо, що у досліджуваному діапазоні зміни факторів складу сухих сумішей, можливе отримання розчинів з 28-добовою міцністю при стику 36,6...82,6 МПа. В 7-добовому віці міцність розчинів сягає 65...82% марочної 28-добової міцності. Міцність закономірно знижується при зміні складів сумішей, що призводять до збільшення водо-цементного відношення. В цьому плані особливо суттєво відчувається вплив витрати РПБ та золи.

Збільшення вмісту дисперсних компонентів (РПБ, зола-виносу) суміші може викликати збільшення 28-добової міцності розчинів. Ріст міцності розчинів при збільшенні вмісту порошкового бетону більш вагомий при підвищеному вмісті золи. Деяке збільшення міцності розчинів при збільшенні вмісту золи-виносу відзначається при збільшенні вмісту РПБ, при недостатньому вмісті останнього в розчинових сумішах зростання міцності практично не спостерігається. Зниження міцності притаманне при максимальному дозуванні у розчиновій суміші РПП, що пояснюється значною кількістю залученого повітря в складі досліджуваної суміші. Добавка Neolith P 4400 при максимальній частці РПБ призводить до зниження марочної міцності на 12...17 % у порівнянні з складом без полімеру та на 8...12% при мінімальній витраті РПБ.

Позитивний вплив золи та РПБ на міцність розчинів може бути суттєво зменшений чи зведений до нуля при неоптимальній витраті полімерного порошку.

Досягнення певних значень міцнісних показників розчинів можливе при різних співвідношеннях факторів, які характеризують вміст основних компонентів. При цьому спільне введення дисперсних компонентів позитивно позначається на міцності розчину навіть при незмінному водовмісті, що можна пояснити створенням кращих умов для ущільнення та взаємодії між частинками у твердіючому розчині.

Висновки. Експериментально обґрунтована можливість отримання будівельних розчинів для ремонтних робіт на основі сухих сумішей, де у якості напівфабрикату було використано реакційно-порошковий бетон. Досліджено вплив факторів складу на властивості розчинових сумішей та розчинів. Основною передумовою застосування сумішей на основі РПБ є забезпечення захисту та ремонту бетонних та з/бетонних конструкцій. Такий захист полягає в утворенні на поверхні ізолюючого матеріалу водонепроникаючого шару (зовнішній шар) і з заповненням поверхневих тріщин, пор і капілярів продуктами гідратації, що забезпечується використанням сумішей на основі РПБ. Обробка поверхні конструкції дозволяє підвищити їх щільність, міцність, водонепроникність, а отже і термін служби.

1. Дворкін Л.Й., Дворкін О.Л., Пушкарьова К.К., Кочевих М.О., Мохорт М.А. Використання техногенних продуктів у будівництві.-НУВГП, Рівне,2009.-340с.

Dvorkin L.I., Dvorkin O.L., Pushkarova K.K., Kochevykh M.O., Mokhort M.A. Vykorystannia tekhnohennykh produktiv u budivnytstvi.-NUVHP, Rivne,2009.-340s.

2. Дворкин Л.И. Цементные бетоны с минеральными наполнителями. / Л.И. Дворкин, В.И. Соломатов, В.Н. Выровой // – К.:Будівельник, 1991 – 136с.

Dvorkyn L.Y. Tsementnye betony s myneralnymy napolnyteliamy. / L.Y. Dvorkyn, V.Y. Solomatov, V.N. Vyrovoy // – К.:Budivelnky, 1991 – 136s.

3. Дворкін Л.Й. Основи бетонознавства. / Л.Й. Дворкін, О.Л. Дворкін // - К.: Основа, 2007. - 616 с. .

Dvorkin L.I. Osnovy betonoznavstva. / L.I. Dvorkin, O.L. Dvorkin // - К.: Osnova, 2007. - 616 s..

4. Батраков В.Г. Модифицированные бетоны. Теория и практика.–М. 1998.–768с.

Batnikov V.H. Modyfytyrovannyye betony. Teoryia y praktyka.–М. 1998.–768s.

5. Дворкін Л.Й. Розв'язування будівельно-технологічних задач методами математичного планування експерименту / Дворкін Л.Й., Дворкін О.Л., Житковський В.В. - Рівне: НУВГП, 2011- 174 с.

Dvorkin L.I. Rozv'iazuvannia budivselno-tekhnolohichnykh zadach metodamy matematychnoho planuvannia eksperymentu / Dvorkin L.I., Dvorkin O.L., Zhytkovskyi V.V. - Rivne: NUVHP, 2011- 174 s.

6. Голунов С.А. Модификация плиточных клеев редисперсионными полимерными порошками VINNAPAS // Строительные материалы. – 2004, №3

Holunov S.A. Modyfykatsyia plytochnnykh kleev redyspersyonnymy polimernymy poroshkamy VINNAPAS // Stroytelnye materyaly. – 2004, №3