

Українська державна академія
залізничного транспорту

АБАЗОВ ХАДІС ВОЛОДИМИРОВИЧ

УДК 666.972:693.542.5

**ДОРОЖНІ БЕТОНИ НА ПІЩАНО-ГРАВІЙНИХ
ЗАПОВНІЮВАЧАХ З ПОВТОРНО ПЕРЕМІШАНИХ СУМІШЕЙ**

05.23.05 – будівельні матеріали і вироби

Автореферат
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Харків - 2003

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана в Харківському національному автомобільно-дорожньому університеті Міністерства освіти та науки України.

Науковий керівник: кандидат технічних наук, доцент **Толмачов** Сергій Миколайович, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, доцент кафедри технології дорожньо-будівельних матеріалів.

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор **Ольгінський** Олександр Георгійович, Українська державна академія залізничного транспорту; професор кафедри будівельних матеріалів, конструкцій та споруд;

кандидат технічних наук, доцент **Сопов** Віктор Петрович, Харківський державний технічний університет будівництва та архітектури, доцент кафедри фізико-хімічної механіки і технології будівельних матеріалів і виробів.

Провідна установа: Донбаська державна академія будівництва і архітектури, кафедра будівельних матеріалів, виробів і автомобільних доріг Міністерства освіти і науки України, м.Макіївка.

Захист відбудеться “___” _____ 2003 р. о ___ годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д64.820.02 Української державної академії залізничного транспорту за адресою: 61050, м.Харків, майд. Фейербаха, 7.

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Української державної академії залізничного транспорту за адресою: 61050, м.Харків, майд. Фейербаха, 7.

Автореферат розісланий “___” _____ 2003 р.

Вчений секретар спеціалізованої
вченої ради,
канд.техн. наук, доцент

Ватуля Г.Л.

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. У ряді регіонів країн СНД, у тому числі Кабардино-Балкарській Республіці (КБР) Російської Федерації, а також на заході України є значні родовища піщано-гравійних сумішей (ПГС). Вони представлені сумішшю округлих зерен гравію крупністю до 70 мм і вище, піщані фракції 0-5 мм із досить великою кількістю пилюватих і глинистих частинок. Їх застосовують, в основному, для улаштування земляного полотна, основ автомобільних доріг і площадок. Застосування їх у технології бетону без збагачення приводить до значного погіршення міцності і довговічності бетонних виробів. Наявні літературні дані досить суперечливі і, в основному, свідчать про те, що застосування хімічних добавок, а також збільшення витрати цементу й ін. недостатньо ефективні, а використання привозних заповнювачів приводить до підвищення собівартості виробів і вартості робіт.

Клімат КБР характеризується наявністю більш 200 днів у році з температурою повітря $+30^{\circ}\text{C}$ (максимум $+45^{\circ}\text{C}$) при відносній вологості 60-80%. Такий температурно-вологісний режим дозволяє бетонним виробам твердіти в умовах полігона, без пропарювання. Однак, при цьому бетон може втратити значну кількість вологи, що приведе до розпушення його структури і погіршення експлуатаційних властивостей. Особливості міграції і випаровування вологи в бетонах на ПГС не вивчалися. Тому актуальним є підвищення якості бетонів на ПГС КБР для виготовлення дорожніх бетонних виробів, в тому числі в умовах полігона ЗБВ.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Робота виконана відповідно до плану науково-дослідних робіт ХНАДУ за темою: «Основи теорії направленої структуризації дорожніх бетонів високої довговічності в агресивних середовищах» № 0103V001441, а також у рамках виконання спільної з науково-дослідним інститутом ДердорНДІ теми: «Розробити рекомендації з розрахунку і проектування складів і технології виготовлення водонепроникних, морозо- і корозійних бетонів для монолітного і збірномонітного будівництва транспортних споруд».

Метою роботи є підвищення міцності і довговічності дорожніх цементних бетонів на основі піщано-гравійних сумішей шляхом раціонального підбору складу бетону, а також фізико-хімічної і механічної активації при повторному перемішуванні бетонної суміші.

У роботі поставлені наступні задачі:

- дослідження особливостей гранулометрії, складу і форми зерен ПГС КБР і їхнього впливу на властивості цементних бетонів на їхній основі;
- вибір способу збагачення ПГС для їхнього ефективного застосування в дорожніх цементних бетонах і цементобетонних виробках для дорожнього будівництва;

- дослідження впливу особливостей ПГС на процеси випаровування вологи з бетонів на їхній основі в період твердіння;
- аналіз існуючих методів активації бетонної суміші і її компонентів і вибір найбільш ефективного способу перемішування;
- дослідження впливу обраного методу активації на фізико-механічні властивості бетонів на ПГС КБР;
- розробка технології виготовлення бетону на основі ПГС для дорожнього будівництва;
- дослідно-промислова перевірка й оцінка економічної ефективності прийнятої технології;
- розробка рекомендацій з підвищення ефективності застосування ПГС КБР у дорожніх цементних бетонах для верхніх шарів дорожніх покриттів.

Об'єкт дослідження - дорожній цементобетон на заповнювачах з піщано-гравійних сумішей.

Предмет дослідження – технологічний прийом повторного перемішування на стадії приготування бетонної суміші.

Методи дослідження. При вивченні фізико-механічних і експлуатаційних властивостей бетонної суміші і бетону застосовували стандартні методи дослідження. Для оцінки структури цементного каменю використано методи рентенофазового аналізу, дериватографії і термопорометрії.

Наукова новизна отриманих результатів:

- встановлено, що повторне перемішування бетонних сумішей на основі піщано-гравійних заповнювачів сприяє підвищенню мікропористості структури цементного каменю, ущільненню і зміцненню зони контакту «цемент-заповнювач»;
- показано, що повторне перемішування на стадії готування бетонних сумішей на ПГС інтенсифікує твердіння бетону, забезпечуючи підвищення міцності на 35-40%, особливо в ранньому віці і істотно поліпшує експлуатаційні властивості бетону;
- доведено, що повторне перемішування бетонної суміші на ПГС приводить до значного зниження вологовтрат і максимального ступеня їхньої мінімізації за рахунок застосування розробленого плівкоутворюваного захисного складу для догляду за твердіючим бетоном;
- забезпечена максимальна щільність бетону і мінімальні вологовтрати шляхом введення дробленого гравію фракції 5-10 мм при співвідношенні гравій : пісок = 65 : 35;
- встановлено зниження усадочних деформацій і збільшення довговічності бетонів в результаті зниження граничних значень вологовтрат бетонної суміші.

Практичне значення роботи полягає в розробці рекомендацій з оптимізації складів бетону на ПГС КБР, розробці режимів твердіння виробів в умовах полігона із сумішей, для яких застосовується повторне перемішування,

розробці практичних вказівок по захисту бетонних виробів від випаровування вологи.

Впровадження роботи. Рекомендації впроваджено на підприємствах Управління автомобільних шляхів Кабардино-Балкарської Республіки Російської Федерації. Результати роботи використані при розробці ТУ У 26.6-24488934-002-2003 «Вироби бетонні тротуарні. Технічні умови».

Особистий внесок здобувача полягає:

- в обґрунтуванні способу механічної активації бетонної суміші з метою поліпшення технологічних властивостей бетонної суміші і фізико-механічних властивостей бетону на ПГС;
- в дослідженні впливу повторного перемішування на характер формування структури цементного каменю і бетону;
- в оптимізації факторів, що впливають на процес випаровування вологи з бетону, що твердіє, на ПГС і оцінці ступеня цього впливу;
- у вивченні впливу повторного перемішування на стадії готування бетонних сумішей на фізико-механічні й експлуатаційні властивості бетонів на ПГС;
- у впровадженні отриманих результатів на виробничих підприємствах Управління автомобільних шляхів Кабардино-Балкарської Республіки Російської Федерації.

Апробація результатів дисертації. Результати роботи доповідались на Міжнародній конференції :«Автомобильный транспорт и дорожное хозяйство на рубеже 3-го тысячелетия», «Транспортное строительство» (м. Харків, 2000р.); Міжнародній конференції «Хімічні і мінеральні добавки в цементі і бетони» (м. Запоріжжя, 2002р.); Міжнародній конференції «Опыт и проблемы современного развития дорожного комплекса Украины на этапе вхождения в европейское сообщество» (м. Харків, 2002р.), наукових конференціях викладачів і співробітників ХНАДУ (м. Харків, 2000р., 2001 р., 2002р.).

Публікації. За темою дисертації опубліковано 5 статей і 2 доповіді на наукових конференціях.

Структура й обсяг дисертації. Дисертаційна робота складається зі вступу, п'яти розділів, висновків, рекомендацій, списку використаних джерел із 162 найменувань. У роботі 143 сторінка машинописного тексту, 30 рисунків, 14 таблиць і 3 додатки.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі розкрита актуальність теми дослідження, поставлена мета і визначені задачі роботи, її наукова новизна і практичне значення.

У першому розділі розглянуто особливості гранулометрії піщано-гравійних сумішей (ПГС). На підставі літературного огляду показано, що гранулометрія ПГС характеризується перевагою піщаної фракції в суміші заповнювачів, а також наявністю значної кількості пилюватих і глинистих

частинок (до 5% від загальної маси матеріалу). Це приводить до збільшення пористості заповнювачів понад рекомендованих 45% і може негативно позначитись на властивостях бетону. Крім того, округленість зерен гравію може погіршити адгезійну міцність і знизити міцність зони контакту «цемент-заповнювач». Для зниження міжзернової пористості такі вчені, як Ю.М. Баженов, В.Н. Виноградов, С.С. Гордон, Г.І. Горчаков, Л.І. Дворкін, А.І. Кудяков, О.Г. Ольгінський, А.М. Плугін, І.Є. Пухов, Б.Г. Скрамтаєв, D.L. Vloem і інші пропонують різні методи. У КБР одержало широке розповсюдження дроблення крупних фракцій гравію на щебінь, який використовують для заповнення порожнеч на ПГС при улаштуванні земляного полотна автошляхів. Показано вплив гранулометрії заповнювачів на технологічні властивості бетонних сумішей і фізико-механічні властивості бетону.

Гідрометрію бетону в умовах сухого і жаркого клімату досліджували вчені: А.Б. Атробов, Ю.М. Бутт, Г.А. Бужевич, І.С. Концепольський, Л.А. Малініна, А.І. Мінас, С.А. Миронов, В.Н. Пунагін, Л.Н. Рашкович, Л.І. Ступаков, Н.В. Свечин і інші. Ними показано, що основною причиною руйнування бетону під дією високих температур і низькою відносною вологістю повітря є масообмінні процеси, що інтенсивно проходять та супроводжуються випаровуванням вологи з виробу, що твердіє. В.А. Вознесенським, Б.А. Криловим, А.В. Лагойдою, В. Лермітом, В.П. Соповим та іншими показано взаємозв'язок і взаємозалежність зовнішніх факторів, структури цементного каменю і бетону. Розглянуто ефективні склади для догляду за бетоном, що твердіє, і позитивний вплив нормальних умов твердіння на довговічність бетону.

Аналіз робіт В.І. Бабушкіна, А.І. Бірюкова, І.М. Грушко, Б.В. Гусева, П.Г. Комохова, В.А. Матвієнко, О.Г. Ольгінського, В.І. Соломатова, Б.А. Усова, В.В. Чистякова показав, що одним з найефективніших методів боротьби з негативним впливом некондиційних заповнювачів є активація як окремих компонентів, так і бетонної суміші в цілому.

У другому розділі розглянуті теоретичні передумови застосування ПГС КБР у бетонах для виготовлення виробів для дорожнього будівництва. Показано, що найбільш слабкою ланкою таких бетонів є зона контакту. Ефективними способами поліпшення зони контакту є механічна чи механохімічна активація поверхні великого заповнювача. При цьому пилюваті фракції розподіляються в об'ємі бетону і сприяють ущільненню мікроструктури. Досить точно теоретичний підхід забезпечення щільної і міцної зони контакту при таких методах активації викладено у роботах О.П. Мчедлова-Петросяна і А.Г. Бунакова. Значний ефект за висновками В.Л.Чернявського забезпечує повторне вібрування бетонної суміші. При вивченні проблеми ПГС КБР застосування тільки механічної активації виявилось не ефективним. Тому в технології широко застосовуються добавки-

пластифікатори, що знижують водо- і цементопотребу бетону, а також одночасно сприяють дезагрегації частинок пилу і глини.

При полігонній технології виготовлення бетонних виробів, без застосування пропарювання, важливу роль відіграє температурно-вологісний режим твердіння виробів, особливо для дорожнього бетону, який експлуатується в умовах дії різних агресивних середовищ.

Як показали дослідження деяких вчених, зародки кристалізації з'являються на поверхні кварцу і граніту значно раніше, ніж в об'ємі розчину. Тому необхідним є досить ефективний механічний вплив, що дозволяє очистити підкладку від зародків, що утворилися, збільшити їхню концентрацію в об'ємі і, тим самим, прискорити процес твердіння. Крім того, при цьому може оголюватися свіжа поверхня заповнювача, що сприятливо впливає на швидкість утворення електрогетерогенних контактів. На наш погляд, з огляду на специфіку ПГС, досить ефективним методом може бути повторне перемішування бетонної суміші в комплексі із введенням вискоефективного суперпластифікатора. Це дозволить очистити поверхню гравію від забруднення, дезагрегувати частинки, зруйнувати первинну кристалічну структуру цементного каменю, тим самим збільшити кількість центрів кристалізації, що дасть поштовх більш інтенсивному структуроутворенню.

У третьому розділі приведені характеристики застосовуваних матеріалів і методики дослідження. У Кабардино-Балкарській Республіці Російської Федерації відсутні родовища кварцового піску і граніту, що може бути перероблений на щебінь. У той же час, там є значні запаси ПГС. Аналогічні родовища є на Західній Україні у Волинській, Львівській, Івано-Франківській областях. Оскільки об'єктом дослідження є дорожній цементний бетон для виробів, що застосовуються у верхніх шарах дорожніх і тротуарних покриттів, максимальна крупність гравію в дослідженнях була обмежена 20 мм, тому застосовували ПГС фракції 0-20. Модуль крупності піщаної фракції ПГС складає $M_{кр} = 2,48$. Вміст глинистих частинок у ПГС складає 3-5%. Для доповнення відсутньої частини великого заповнювача використовували відсівання від дроблення гравію фракції 5-10 мм. У якості складу, з яким порівнювали суміш, розглядали бетон на Запорізькому гранітному щебені фракції 5-20 мм і Ново-Водолажському кварцовому піску з $M_{кр} = 1,98$. У якості в'язучого використовували Белгородський ПЦ 500 ДО, а також Балаклійський ПЦ І-500 цементу, що мають подібний мінеральний склад. Як хімічні добавки застосовували широко розповсюджений у КБР С-3 і пластифікатор місцевого виробництва МТС.

Експериментальні дослідження фізико-механічних властивостей і довговічності бетонних виробів проводились за стандартними методиками.

У четвертому розділі приведені результати дослідження процесу структуроутворення в цементних композитах при їхньому повторному перемішуванні на стадії готування сумішей. Показано, що в цементному камені, який підлягає повторному перемішуванню, підвищується ступінь

гідратації, зростає щільність структури, що приводить до зниження небезпеки карбонатної корозії, зменшення якої доведено фізико-хімічними дослідженнями.

Важливим показником є порова структура цементного каменю, що визначає довговічність цементного бетону в цілому. Методом термoporометрії доведено, що повторне перемішування приводить до ущільнення структури цементного каменю і виражається в зменшенні розмірів пор, зсуві області їхнього розподілу в сторону більш дрібних (рис.1, 2).

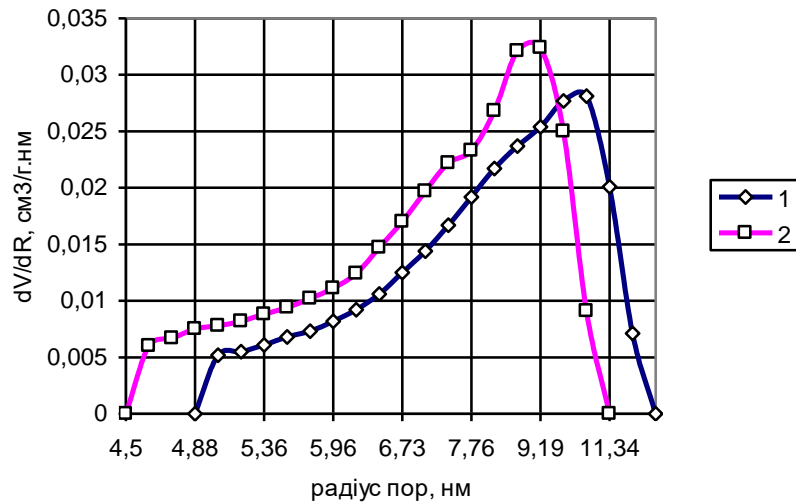


Рис. 1. Розподіл пор цементного каменю по розмірах:
1 - контрольний склад;
2 - повторне перемішування.

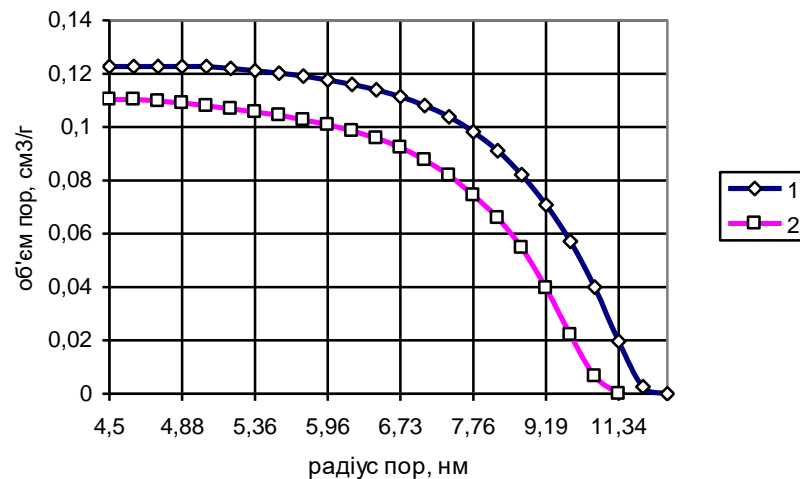


Рис. 2. Обсяг пор цементного каменю:
1 – контрольний склад;
2 – повторне перемішування.

Максимум розподілу зміщується з 10 до 9 мм. Одночасно з цим відбувається зменшення сумарного об'єму пор з 0,122 до 0,11 см³/г. Оскільки мова йде тільки про пори, заповнені водою, можна припускати, що повторне перемішування сприяє активації процесів твердіння, що виражається в більш повному зв'язуванні води замішування. Аналогічні дослідження, проведені на зразках добового і 28-добового віку показали, що із збільшенням терміну твердіння зазначені розходження між зразками збільшуються. Це вказує на те, що при повторному перемішуванні не тільки формується більш тонкопориста структура цементного каменю, але й відбувається “самозаліковування” дефектів і пор структури.

При замішуванні бетонної суміші водою зона контакту “цементне тісто-гравій”, що формується, неоднорідна і ослаблена присутністю пилювато-глинистих частинок, які знижують її міцність. Повторне перемішування бетонної суміші дозволяє зруйнувати первинну ослаблену структуру в зоні контакту «цементне тісто-гравій», очистивши поверхню гравію і забезпечивши ущільнення і зміцнення зони контакту. При цьому в об'ємі утвориться додаткова кількість центрів кристалізації, що сприяють прискоренню твердіння бетону.

Виконана оптимізація змісту гравію для досягнення мінімальної пустотності суміші заповнювачів. Критерієм є середня щільність бетонної суміші і міцність бетонів. Очевидно, що для бетонів на ПГС досягнення оптимальних показників забезпечується при співвідношенні гравій : пісок = 65 : 35% (табл.1).

Таблиця 1 - Щільність бетонів на ПГС з різним вмістом гравію

Склад гравію в суміші заповнювачів, %				
25	33	50	65	75
Щільність бетонної суміші, кг/м ³				
2320	2360	2400	2515	2490

У бетонів з великим чи меншим вмістом гравію спостерігається поступове зниження щільності. Аналогічна залежність спостерігається для характеристик міцності бетонів.

Розшаровування бетонної суміші є причиною формування дефектної структури бетону з низькою довговічністю. Оптимізація кількості гравію приводить до зниження розшаровуватості бетонної суміші на ПГС у 2 рази. Це можна пояснити зростанням щільності суміші і позитивним впливом дроблених вугластих частинок дрібного гравію, що вводяться до складу.

Дослідження показали, що зі збільшенням кількості гравію в суміші заповнювачів зменшується вміст повітря, яке попадає в бетонну суміш, що досягає мінімуму при його оптимальному вмісті. Подальше збільшення частки

гравію не змінює вмісту повітря. Це пояснюється зменшенням частки піску в суміші заповнювачів, який втягує найбільший об'єм повітря. Повторне перемішування бетонної суміші також приводить до зменшення кількості повітря, що можна пояснити руйнуванням повітряних пухирців при перемішуванні.

Ефективність повторного перемішування залежить від вмісту гравію при оптимальній його кількості 65%. Характеристики міцності бетонів при цьому зростають у 1,4 рази.

Випаровування вологи з бетону, що твердіє, приводить до руйнування поверхневого шару, утворенню дефектів структури і, в остаточному підсумку, втраті несучої здатності. Відомо, що найбільша кількість вологи, що випаровується, приходить на частку цементного гелю. Чим більше цементу в бетоні, тим більші вологовтрати бетону. Однак, при великих витратах цементу структуроутворення прискорюється, формується більш щільна структура і вологовтрати зменшуються. Оптимізацією витрати цементу до 350-440 кг/м³ досягнуті мінімальні вологовтрати.

Особливістю піщаної частинки ПГС є її значна поліфракційність. Для оцінки впливу фракцій на кінетику вологовтрат виготовляли цементно-піщані розчини на монофракційних пісках, висіяних із ПГС. Експериментально показано, що існує дві групи фракцій, які характеризують різну кінетику вологовтрат, в основному, фракції більше або менше 0,315 мм. Швидкість вологовтрат із зразків другої групи за крупністю менша в 2 рази. Їх інтегральна величина менша на 67%.

Дослідження вологовтрат із зразків різної товщини показало, що максимальна товщина шару інтенсивних втрат вологи складає 6-8 см. Для шарів, що лежать нижче виробу, не небезпечні масообмінні процеси, які приводять до втрати води замішування.

Дослідження комплексу впливів, які застосовували до бетонної суміші і бетону показало, що по досягнутому ефекту прискорююча дія повторного перемішування і використання добавки С-3 ідентичні. При цьому міцність зразків у ранньому віці зростає на 30-50%, а прискорення структуроутворення, що досягається при цьому, приводить до істотного зниження вологовтрат.

Через розходження температур протягом доби (від +20⁰С ранком до + 45⁰С вдень) проводили оптимізацію часу застосування повторного перемішування. Дослідження показали, що збільшення температури, при якій витримувалась бетонна суміш перед її повторним перемішуванням з +22⁰С до +45⁰С приводить до зсуву оптимуму (за критерієм міцності бетону в марочному віці) з 60 до 35–40 хв. Абсолютні значення $R_{сж}$ і $R_{узг}$ в області оптимуму за часом зростають на 5-10%. В інтервалі 90 - 110 хв прикладання повторного перемішування приводить до зниження міцності бетону. При цьому, чим вище температура витримування бетонної суміші перед повторним перемішуванням, тим менше відрізок часу, коли такий вплив приносить позитивний ефект. Застосування С-3 разом із застосуванням повторного перемішування дає

аддитивний ефект, при якому вплив С-3 накладається на результат механічного впливу.

В реальних умовах для боротьби з випаровуванням вологи застосовують різні методи для догляду за бетоном. На жаль, способи і склади, які застосовуються в даний час, дефіцитні, дорого коштують, вимагають додаткового устаткування або представляють екологічну небезпеку. Тому нами розроблений новий склад недефіцитного, екологічно чистого плівкоутворюючого матеріалу на основі оліфи (умовна назва "ЗС-1"). Склад може бути приготовлений на місці безпосередньо перед нанесенням. Його приготування не вимагає спеціального устаткування. Зіставлення ефективності розробленого нами плівкоутворюючого складу на основі синтетичних лаків, розріджувача і алюмінієвої пудри "ПМ – 100" показало ідентичність його дії з відомими складами. Склад пройшов апробацію при будівництві площадок і дорожніх покриттів з монолітного бетону в Белгородській області і КБР.

Як показали дослідження, повторне перемішування бетонних сумішей на ПГС дозволяє істотно знизити енергетичні витрати при термовологісній обробці виробів (табл. 2). При м'якому режимі пропарювання можливо в три рази скоротити час попередньої витримки, а температуру ізотермії знизити в 2 рази.

Таблиця 2 - Міцність бетонів, які зазнають режим ТВО

№ ПП	Заповнювачі	Добавка	ПП	Режим ТВО	Міцність бетону, R_b , МПа	
					Після ТВО	28 діб після ТВО
1	ПГС + відсів	-	-	3+3+10+2, $t_{из}=+85^0C$	25,3	34,1
2	ПГС + відсів	С-3	-	3+3+10+2, $t_{из}=+85^0C$	31,6	41,5
3	ПГС + відсів	-	+	3+3+10+2, $t_{из}=+85^0C$	30,9	40,3
4	ПГС + відсів	С-3	+	3+3+10+2, $t_{из}=+85^0C$	37,5	46,4
5	ПГС + відсів	-	+	1+2+6+2, $t_{из}=+85^0C$	26,9	37,5
6	ПГС + відсів	С-3	+	1+2+5+2, $t_{из}=+85^0C$	31,2	40,6
7	ПГС + відсів	С-3	+	1+3+8+2, $t_{из}=+60^0C$	29,4	38,8

В реальних умовах виробництва до повторного перемішування додається подвійне повторне вібрування - спочатку при вивантаженні бетонної суміші з ковша для повторного перемішування, а потім – при вивантаженні з ковша у форму. Як видно з представлених даних (табл.3), прикладання повторної вібрації впливає на міцність бетонів як на ПГС, так і на якісних заповнювачах.

Таблиця 3 – Вплив видів механічної активації бетонних сумішей на властивості бетонів на різних заповнювачах

№ пп	Заповнювачі	Види впливів		Міцність бетону R_b , МПа, у віці		
		Повторне перемішування	Повторна вібрація	3 доби	7 діб	28 діб
1	ПГС + відсів	-	-	15.2	23.2	29.7
2	ПГС + відсів	+	-	20.6	27.8	37.2
3	ПГС + відсів	-	+	16.8	23.5	32.7
4	ПГС + відсів	+	+	19.5	29.7	38.6
5	Щ + П	-	-	17.6	24.1	32.1
6	Щ + П	+	-	24.3	30.0	40.1
7	Щ + П	-	+	20.0	26.5	36.2
8	Щ + П	+	+	23.4	32.5	42.2

У першому випадку міцність збільшується на 10%, у другому – на 14%. При комплексному впливі повторного перемішування і повторній вібрації міцність зростає на 25-30% і на 30% відповідно. Час прикладання повторної вібрації і її тривалість визначали виходячи з виробничих умов, тому її ефективність нижча, ніж у випадках, описаних іншими авторами.

Дослідження впливу перемінної дії високої вологості і короткочасних дощів, характерних для клімату КБР, показали, що загальним для зразків усіх складів є те, що до 20-40 циклів коефіцієнт стійкості знижується, після проходження цього екстремума відбувається його підвищення. Різниця полягає в тому, що в складах без повторного перемішування після проходження максимуму коефіцієнт стійкості монотонно знижується (табл. 4).

Таблиця 4 - Стійкість бетонів на ПГС до циклічного насичення-висушування

№ пп	Зразки	Коефіцієнт стійкості бетонів при кількості циклів						
		10	20	40	50	60	80	100
1	ПГС	0,9	0,8	0,85	0,9	0,94	0,86	0,75
2	ПГС + відсів	0,93	0,85	0,85	0,86	0,9	0,9	0,83
3	ПГС + відсів+ ПП	0,9	0,85	0,91	0,9	0,9	0,93	0,95
4	ПГС + відсів + С-3 +ПП	0,9	0,82	0,8	0,85	0,9	0,9	0,9

У той же час у складах 3 і 4 він стабілізується, і стійкість бетонів досягає 100 циклів. Це свідчить про більш однорідну структуру бетону, який підлягає повторному перемішуванню бетонної суміші на стадії її виготовлення.

Важливою експлуатаційною характеристикою бетону є стиранисть. Встановлено, що повторне перемішування разом із С-3 знижує стиранисть як у сухому, так і у вологому стані бетону (табл.5).

Таблиця 5 - Стираність бетонів на ПГС

№ пп	Зразок	Стираність бетонів, г/см ²	
		вологий	сухий
1	ПГС	2,1	1,12
2	ПГС + відсів	0,91	0,72
3	ПГС + відсів+ ПП	0,76	0,65
4	ПГС + відсів + ПП + С-3	0,62	0,52

У п'ятому розділі приведені результати виробничої перевірки основних положень роботи. Приведено особливості підбора складу бетонів на ПГС марок 300-400, які зводяться до того, що оптимальна кількість гравію в суміші заповнювачів складає 65%, а витрати цементу повинні знаходитися в межах 330-440 кг/м³. Для визначення кількості дробленого гравію фракції 5-10, що добавляється в ПГС, попередньо виконували розсів суміші.

Приведено технологічні рекомендації з виконання операції повторного перемішування і, враховуючи прискорюючу дію цього виду впливу, рекомендації із скорочення часу термовологісної обробки (при необхідності її проведення).

Особлива увага приділялась необхідності проведення операцій по догляду за бетоном, що твердіє, протягом 5 діб. При цьому особливо ретельно догляд повинен здійснюватися за виробами, товщина яких менше 60 мм.

На основі отриманих даних зроблено впровадження результатів на підприємствах Управління автомобільних шляхів Кабардино-Балкарської Республіки Російської Федерації і на ПП фірми «Олександра», м.Харків. Розрахунковий економічний ефект склав до 40 крб/м³ бетону (7 грн/м³) за рахунок заміни привізних матеріалів на ПГС по підприємствах КБР і 7,74 грн/м³ бетону, досягнутий за рахунок економії 10% цементу марки 500 по м. Харкову.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. На основі аналізу літературних даних показано, що піщано-гравійні суміші, зокрема суміші Кабардино-Балкарської Республіки Російської Федерації, являють собою місцевий матеріал, що складається з округлених зерен гравію і піщаної фракції. Наявність у їхньому складі підвищеної

кількості пилювато-глинистих частинок і недостатня кількість заповнювача не дає можливості, без додаткового збагачення чи обробки, ефективно застосовувати їх у дорожніх цементних бетонах.

2. Установлено, що питання впливу фракційного складу заповнювача, співвідношення в'язке:заповнювач, масштабного фактора на випаровування вологи вивчені недостатньо, а в бетонах на ПГС не досліджені. Велика кількість теплих днів у республіці створює небезпеку інтенсивного випаровування вологи, особливо з бетонів на ПГС. Це приводить до погіршення їхніх експлуатаційних властивостей і зниженню довговічності.

3. Досліджено механізм структуроутворення при повторному перемішуванні бетонної суміші на ПГС. Показано, що підвищується ступінь гідrataції цементу, зменшується об'єм і радіус пор цементного каменю. Оголоється свіжа поверхня гравію, відбувається розрив первинних зв'язків, які утворилися, що збільшує число активних центрів кристалізації. Це веде до ущільнення і зміцнення зони контакту і структури бетону в цілому.

4. Експериментально встановлено, що поліпшити гранулометрію місцевих заповнювачів можна шляхом додавання до ПГС відсівів дроблення гравію фракції 5 - 10 мм. При цьому, максимальна щільність і міцність бетону досягається при співвідношенні гравій : відсів = 65 : 35 %.

5. Показано, що найбільш ефективними методами впливу на компоненти бетонної суміші на ПГС є фізико-хімічний, заснований на введенні в суміш суперпластифікатора С-3 і механічний, який полягає в її повторному перемішуванні. Застосування комплексу цих впливів дозволяє підвищити міцність бетону на 40 - 45%.

6. Установлено, що на інтенсивність і величину вологовтрат основний вплив надають фракції дрібного заповнювача менше, ніж 0,315 мм. Чим більше їх у складі піску, тим вища тривалість і величина вологовтрат. Показано, що існує область витрати цементу 330 - 440 кг/м³, при якій вологовтрати мінімальні.

7. Досліджено вплив масштабного фактора на процеси випаровування вологи з бетону. Експериментально доведено, що із збільшенням вмісту крупного заповнювача до 50 - 67% від загальної маси інертних матеріалів товщина шару бетону, у якому відбувається випаровування, не перевищує 60 мм. Показано, що при зменшенні площі випаровування і розмірів виробу в них виявляється крайовий ефект випаровування, при якому вологовтрати відбуваються не тільки з горизонтальної поверхні, але і з бічних граней, які оголюються в результаті усадки, що приводить до великих вологовтрат.

8. Вивчено вплив повторного перемішування на процеси випаровування вологи. Показано, що прискорення твердіння, яке досягається при повторному перемішуванні бетонної суміші, дозволяє зменшити вологовтрати на 25 - 30%.

9. Установлено, що застосування повторного перемішування бетонної суміші дозволяє підвищити міцність бетонів при пропарюванні на 30 - 35%. Цей технологічний прийом дає можливість відмовитися від попередньої

витримки виробів, знизити температуру пропарювання на 20 - 25% і зменшити її тривалість в 1,7 рази. Введення С-3 дозволяє підсилити ефективність такого впливу в 2 рази, що забезпечує можливість економії 20% цементу.

10. Показано, що в результаті запропонованого комплексу фізико-хімічного і механічного впливу на компоненти бетонної суміші прискорюється набір міцності бетону, що приводить до зниження усадочних деформацій. Стійкість бетону до впливу циклічного насичення-висушування в період експлуатації підвищується. Морозостійкість таких бетонів зростає на 1 - 2 марки бетонів, а стиранисть зменшується в 2 рази.

11. На основі отриманих експериментальних даних підготовлені рекомендації, які відображають основні технологічні вимоги і вимоги до підбора складу бетону на ПГС КБР. Економічна ефективність розробленої технології склала більше 40 карбованців на 1 м³ бетону виробів.

Основні положення дисертації опубліковані у наступних публікаціях:

1. Толмачов С.М., Кондрат'єва И.Г., Абазов Х.В., Чаплинский О.А. “Підвищення якості дорожніх бетонів за допомогою активації бетонної суміші і її компонентів”//Автошляховик України.- №4.- 1999.-С.15-17.

Особистий внесок – запропоновано застосування методу повторного перемішування бетонних сумішей для підвищення якості дорожніх бетонів на некондиційних матеріалах.

2. Абазов Х.В., Толмачев С.Н., Близнюк А.А. Ресурсосбережение при изготовлении бетонных изделий на основе песчано-гравийных смесей //Харьков: Вестник ХГПУ, 2000.-Вып.123.- С.134-136.

Особистий внесок – запропонована заміна привозних заповнювачів для дорожніх бетонів, які дорого коштують, на місцеві піщано-гравійні суміші з одночасним підвищенням якості виробів за рахунок застосування механо-хімічної активації бетонних сумішей.

3. Абазов Х.В., Толмачев С.Н., Маракина Л.Д. Влияние особенностей песчано-гравийных смесей на свойства бетона //Труды Междунар. конф.– Харьков: «Автомобильный транспорт и дорожное хозяйство на рубеже 3-го тысячелетия», «Транспортное строительство». -Харьков: ХГАДТУ.- 2000.- С.9-11.

Особистий внесок – вивчені особливості складу піщано-гравійних сумішей і запропонований спосіб його покращення для підвищення міцнісних властивостей дорожніх бетонів.

4. Толмачев С.Н., Кондратьева И.Г., Абазов Х.В., Маракина Л.Д., Близнюк А.А. Механизм повторного перемешивания цементного теста //Харьков: Вестник НТУ «ХПИ». - 19'2001. – С.132-137.

Особистий внесок – досліджені особливості впливу повторного перемішування цементного тіста на формування мікропористої структури цементного каменю.

5. Абазов Х.В. Улучшение технологических свойств бетонных смесей на песчано-гравийных заполнителях // Науковий вісник будівництва.- Харьков: ХДТУБА ХОТВ АБУ, 2001.-№12.- С.139-142.

6. Толмачев С.Н., Кондратьева И.Г., Маракина И.Г., Абазов Х.В. Истираемость дорожных бетонов как фактор оценки долговечности // Науковий вісник будівництва. – Харьков: ХДТУБА ХОТВ АБУ, 2002.- №19.- С.192-195.

Особистий внесок – показано, що показники стираності в дорожніх бетонах на заповнювачах із піщано-гравійних сумішей відрізняються для верхньої і нижньої граней зразка так само, як в бетонах на кварцево-гранітних заповнювачах.

7. Абазов Х.В., Маракина Л.Д., Толмачев С.Н. Влияние механической активации на долговечность бетонов // Материалы Междун. научн. конф. «Опыт и проблемы современного развития дорожного комплекса Украины на этапе вхождения в европейское сообщество». - Харьков: ХНАДУ (ХАДИ), 20-22 ноября 2002.- С.9-10.

Особистий внесок – запропоновано використовувати повторно перемішування бетонних сумішей в якості одного із основних методів підвищення експлуатаційних властивостей бетону.

АНОТАЦІЯ

Абазов Хадіс Володимирович. Дорожні бетони на піщано-гравійних заповнювачах із повторно перемішаних сумішей. – Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.23.05 – будівельні матеріали і виробн.- Українська державна академія залізничного транспорту, Харків, 2003.

Дисертація присвячена підвищенню якості і довговічності дорожніх бетонів на піщано-гравійних сумішах (ПГС).

Розглянуто особливості гранулометрії ПГС. На підставі аналітичного огляду показано, що гранулометрія ПГС характеризується перевагою піщаної фракції в суміші заповнювачів, і наявністю до 5% від загальної маси заповнювача пилюватих і глинистих частинок. Показано, що забруднення поверхні гравію, окатаність і наявність у складі ПГС підвищеної кількості пилювато-глинистих частинок негативно позначається на експлуатаційних властивостях бетону. Запропоновано методикку активації бетонної суміші для нейтралізації цих негативних явищ. Запропоновані методи активації (механічна і хімічна) дозволяють знизити водопотребу бетонних сумішей, сприяють

прискоренню твердіння, зниженню вологовтрат. Запропоновано рекомендації по застосуванню ПГС у дорожніх бетонах.

Результати роботи впроваджені на підприємствах Управління автомобільних шляхів Кабардино-Балкарської Республіки.

Ключові слова: дорожній бетон, піщано-гравійні суміші, склад бетону, дроблений гравій, активація, повторне перемішування, випаровування вологи, густина бетону, міцність, довговічність.

АННОТАЦІЯ

Абазов Хадис Владимирович. Дорожные бетоны на песчано-гравийных заполнителях из повторно перемешанных смесей. – Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.23.05 – строительные материалы и изделия.- Украинская государственная академия железнодорожного транспорта, Харьков, 2003.

Исследования направлены на решение актуальной проблемы повышения качества и долговечности дорожных бетонов на местных некондиционных материалах, в частности песчано-гравийных смесях (ПГС).

Изучены особенности состава и свойств ПГС Кабардино-Балкарской Республики Российской Федерации. Показано, что недостатками является малое содержание крупного заполнителя, гравия в ПГС и нехватка его мелких фракций, что приводит к снижению плотности бетонных смесей и качества бетонов на их основе. Предложено ввести в состав бетонов дополнительное количество дробленого гравия фракции 5-10 мм. Установлено, что при оптимальном его содержании улучшаются технологические свойства бетонных смесей и прочность бетонов.

Загрязненность поверхности гравия, окатанность его частиц и наличие в составе ПГС повышенного количества пылевато-глинистых частиц отрицательно сказывается на эксплуатационных свойствах дорожных бетонов на их основе. Значительное количество дней с высокой положительной температурой воздуха в КБР привело к широкому распространению полигонной технологии изготовления бетонных изделий для дорожного строительства, при которой они твердеют на открытом воздухе. При этом особую опасность представляет испарение влаги из твердеющего бетона, особенно на заполнителях из ПГС, имеющих высокую водопотребность. Для нейтрализации этих отрицательных явлений предложено применить механо-химическую активацию бетонной смеси на стадии ее изготовления. Механическая активация заключается в приложении повторного перемешивания бетонной смеси в оптимальное время до ее укладки в формы и уплотнения. Время его приложения зависит от состава бетонной смеси и температурно-влажностного режима ее выдерживания. Химическую активацию предложено осуществлять путем введения в состав бетонной смеси на ПГС

суперпластификатора С-3. Показано, что такой способ активации позволяет снизить водопотребность бетонных смесей, улучшить их технологические свойства, ускорить твердение бетона и тем самым способствовать снижению из него влагопотерь, что будет способствовать повышению его прочности и долговечности. Для более полной защиты твердеющего бетона от испарения влаги предложено защищать его поверхность нанесением разработанного пленкообразующего состава.

Проанализированы факторы, влияющие на характер и величину влагопотерь из бетонов на ПГС. Показано, что к ним относятся гранулометрический состав заполнителей, расход цемента, наличие добавок, кинетика твердения бетона, масштабный фактор, а также температурно-влажностный режим твердения бетона.

Разработаны рекомендации по применению ПГС в дорожных бетонах и технология их изготовления с применением предлагаемого способа активации. Рекомендации прошли промышленную проверку и внедрены на предприятиях Управления автомобильных дорог Кабардино-Балкарской Республики Российской Федерации. Расчетный экономический эффект от замены привозных заполнителей и применения активационных воздействий составил 835 тысяч рублей.

Ключевые слова: дорожный бетон, песчано-гравийные смеси, состав бетона, дробленый гравий, активация, повторное перемешивание, испарение влаги, плотность бетона, прочность, долговечность.

ABSTRACT

Abazov Khadis Vladimirovich. Road concretes with sand-gravel fillings from repeatedly intermingled mixtures. - Manuscript.

Dissertation for the scientific degree of the candidate of technical sciences, in the speciality 05.23.05 – construction materials and wares. – Ukrainian State Academy of Railway Transport, Kharkov, 2003.

The dissertation deals with raising the quality and duration of road concretes with sand-gravel mixtures (SGM).

The peculiarities of SGM granulometrics have been considered. On the basis of analytical review it was shown that SGM granulometrics is characterized by the predominance of sand fraction in the fillings mixture and the presence of sand and clay particles in the amount of up to 5% from the filling total mass.

It has been proved that the contamination of gravel surface, rounding and the presence of increased amount of sand-gravel particles in the SGM compound are negatively reflected on the operating qualities of the concrete.

The methods of concrete mixture activation for the neutralisation of these negative occurrences has been offered.

The proposed methods of activation (mechanical and chemical) allow to reduce water consumption of concrete mixtures and assist the acceleration of solidification and reducing moisture loss.

The recommendations on SGM usage in road concretes have been given.

The research results have been introduced at the enterprises of the Administration of Motor Roads in Cabardino-Balcar'skaya Republic.

Key words: road concrete, sand-gravel mixtures, concrete compound, crushed gravel, activation, repeated intermingling (mixture), moisture evaporation, concrete solidity, strength, duration.