

Українська державна академія
залізничного транспорту

Костенко Юрій Олексійович

УДК 625.8+666.97

**ДРІБНОЗЕРНИСТІ ДОРОЖНІ БЕТОНИ ДЛЯ ВИРОБІВ,
ЩО ОТРИМУЮТЬСЯ МЕТОДОМ ГІПЕРПРЕСУВАННЯ**

Спеціальність 05.23.05 – будівельні матеріали і вироби

Автореферат
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Харків - 2005

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана в Харківському національному автомобільно-дорожньому університеті Міністерства освіти і 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 **Вандоловський** Олександр Георгійович, Харківський державний технічний університет будівництва та архітектури; професор кафедри геодезії;
кандидат технічних наук, доцент **Рідкозубов** Олександр Олексійович, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, доцент кафедри будівництва та експлуатації автомобільних доріг.
- Провідна установа: Донбаська національна академія будівництва і архітектури, кафедра будівельних матеріалів, виробів та автомобільних доріг Міністерства освіти і науки України, м. Макіївка.

Захист відбудеться “29” вересня 2005 р. о 12³⁰ годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д64.820.02 Української державної академії залізничного транспорту за адресою: 61050, м. Харків, майд. Фейєрбаха, 7.

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

Автореферат розісланий “27” серпня 2005 р.

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

Ватуля Г.Л.

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. За останнє десятиріччя в Україні збільшилась і продовжує зростати питома вага покриттів тротуарів і площ з цементного бетону. В основному це малорозмірні бетонні вироби (МБВ), що включають в себе таку номенклатуру: тротуарну плитку, елементи мостіння, бортовий камінь, поребрик, елементи облаштування доріг різних геометричних форм і кольорів. Цьому сприяють ряд переваг цих виробів: легкість виготовлення і ремонту, простота зміни номенклатури, що випускається, можливість індивідуального догляду. Збірні покриття з цементобетонних елементів можна використовувати також на відкритих автостоянках, автозаправних станціях, контейнерних пунктах і терміналах, доріжках для велосипедистів. Такі покриття доцільно використовувати в місцях проходження підземних комунікацій, тому що вони легко розбираються і встановлюються на місце після ремонту. В основному всі ці вироби ущільнюються методом вібрації. Проте посилення останніми роками агресивності різного роду впливів приводить до передчасного виходу з ладу таких виробів. Тому дорожні бетони передчасно руйнуються. Актуальність роботи полягає в необхідності створення сучасних технологій виготовлення виробів, що дозволяють істотно підвищити міцність і довговічність дорожніх бетонів.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Основні дослідження теоретичного і прикладного характеру були здійснені в рамках виконання спільних з ДерждорНДІ тем: “Розробка конструкції, технології і нормативної документації на будівництво дорожніх одягів з цементобетону ущільненого котками” (номер державної реєстрації 0194U026016) і “Розробка рекомендацій з розрахунку та проектування складів і технології виготовлення водонепроникних, морозо- і корозійностійких бетонів для монолітного і збірно-монолітного будівництва транспортних споруд” (номер державної реєстрації 0102U006644). Здобувач брав участь у виконанні як теоретичних, так і експериментальних досліджень.

Мета дослідження - підвищення довговічності малорозмірних елементів дорожнього будівництва за рахунок збільшення щільності та міцності бетонів шляхом застосування гіперпресування в комплексі з оптимальною кількістю суперпластифікаторів при раціональному підборі складу дрібнозернистих бетонів.

Задачі дослідження:

- аналіз існуючих способів формування малорозмірних виробів для дорожнього будівництва і розроблення ефективного методу для ущільнення дрібнозернистої бетонної суміші;
- розроблення теоретичної моделі процесу ущільнення трифазної системи для різних рівнів пресування;
- розроблення методики підбору складу дрібнозернистих гіперпресованих бетонів;

- дослідження процесу структуроутворення та фізико-механічних властивостей бетону при гіперпресуванні дрібнозернистих бетонних сумішей з хімічними і мінеральними добавками;
- розроблення технології виготовлення бетонних виробів для дорожнього будівництва на основі вибраного методу ущільнення при оптимальних параметрах, установлених в процесі досліджень;
- оцінювання економічної ефективності розроблених технологічних рішень;
- дослідна перевірка результатів дослідження в умовах виробництва.

Об'єкт дослідження – малорозмірні вироби з дрібнозернистих дорожніх цементних бетонів.

Предмет дослідження - технологічний прийом – гіперпресування як метод ущільнення бетонної суміші при виготовленні бетонних виробів.

Методи дослідження. Вивчення фізико-механічних і експлуатаційних властивостей бетонів здійснювали за допомогою стандартних методів дослідження. Для оцінювання якості структури цементного каменю і бетону використані методи термoporометрії й оптичної мікроскопії. Дослідження новоутворень цементного каменю здійснювали за допомогою дериватографії та рентгенофазового аналізу. В роботі також застосовували методи математичного аналізу й обробки результатів.

Наукова новизна одержаних результатів:

- розроблено фізичну модель ущільнення трифазної системи методом гіперпресування, визначено величину і тривалість його прикладення;
- запропоновано нову методику розрахунку складів дрібнозернистих гіперпресованих бетонів за принципом переривчастої гранулометрії при раціональному співвідношенні діаметрів сусідніх фракцій заповнювачів $i_d=4-6$ і відношенні їх мас 1:1;
- показано, що застосування гіперпресування збільшує післяформовочну міцність бетону більше, ніж у 4 рази, порівняно зі звичайним пресуванням, що прискорює його твердіння; збільшення вмісту пилу в гіперпресованому цементному камені до 30 % не впливає негативно на його міцність;
- встановлено, що застосування суперпластифікаторів у знижених, порівняно з тими, що традиційно рекомендуються, дозуваннях підвищує міцність гіперпресованих бетонів, знижує водопоглинання і покращує їх експлуатаційні властивості;
- доведено, що ефект гіперпресування дозволяє істотно зменшити вологовтрати з бетону, який твердне, і здійснити повне відновлення експлуатаційних властивостей, втрачених у разі втрати вологи, при подальшому твердінні у вологих умовах.

Практичне значення роботи полягає в розробленні рекомендацій щодо оптимізації складу дрібнозернистих гіперпресованих бетонів, а також технології виготовлення і твердіння малорозмірних виробів з таких бетонів.

Результати роботи використані при розробленні ТУ У 26.6-24488934-002-2003. “Вироби бетонні тротуарні. Технічні умови”.

За результатами роботи була випущена дослідна партія гіперпресованих тротуарних плит на виробничих площах цементобетонного заводу ТОВ “Геомакс”, смт Комсомольський Зміївського району Харківської області, в кількості 600 м², яка була укладена в покриття тротуарів і автостоянки.

Особистий внесок здобувача полягає у такому:

- визначено оптимальні параметри гіперпресування;
- досліджено вплив гіперпресування на фізико-механічні та експлуатаційні властивості бетонів;
- досліджено взаємозв'язок умов твердіння й експлуатаційних властивостей бетонів, ущільнених гіперпресуванням;
- досліджено вплив хімічних добавок на властивості гіперпресованих бетонів;
- розроблено технологію виготовлення дорожніх малорозмірних бетонних виробів методом гіперпресування.

Апробація результатів дисертації. Результати роботи доповідались на Міжнародному семінарі “Теорія і практика будівництва і будівельних матеріалів” (м. Суми, 1994 р.); на Міжнародній конференції “Ресурс і безпека експлуатації конструкцій, будівель і споруд” (м. Харків, 2003 р.); на VII Міжнародній науково-практичній конференції “Наука і освіта 2004” (м. Дніпропетровськ, 2004 р.); на VI Міжнародній науково-практичній конференції “Дні сучасного бетону” (м. Запоріжжя, 2004 р.); на наукових конференціях викладачів і співробітників ХНАДУ (м. Харків, 2000-2004 рр.).

Публікації. За темою дисертації опубліковано 11 робіт, в тому числі 2 статті у наукових журналах, 5 – у фахових збірниках наукових праць та 4 – у матеріалах наукових конференцій і семінарів.

Структура і обсяг дисертації. Дисертація складається із вступу, п'яти розділів, висновків, списку використаних джерел із 155 найменувань, а також додатків. Загальний обсяг дисертації 157 сторінок, у тому числі 138 сторінок основного тексту, 38 рисунків, 20 таблиць і 2 додатки.

ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обґрунтовано актуальність роботи, сформульовано мету і задачі дослідження, наведено наукову новизну і практичну цінність одержаних результатів.

У першому розділі дисертації проведено літературний аналіз сучасних методів виготовлення бетонних виробів і чинників, що впливають на ефективність ущільнення. Основні способи формування виробів можна розділити на декілька груп: метод виливання; віброущільнення; поєднання вібрації з тиском (вібропресування, віброштамбування, віброгідропресування, вібропрокат); формування з примусовим ущільненням бетонної суміші (пресування, роликоче формування, термосилове ущільнення, трамбування); формування, що забезпечує видалення надмірної кількості води в процесі ущільнення (вакуумування, вібровакуумування, пресвакуумування, вібровакуумпресування, пресування фільтрації).

Найбільш широковживаним методом у виробничих умовах в даний час є віброущільнення. Його широкому розповсюдженню сприяли дослідження, виконані Й.М. Ахвердовим, Б. В. Гусевим, А. Є. Десовим, В. Г. Довжиком, Є.В. Лавриновичем, О. А. Савіновим, В. І. Сорокером, С. В. Шестоперовим, В.Н. Шмигальським, Р. Девіс, Р. Лермітом, П. Ребю та ін. Проте при віброущільненні процес триває досить довго, бетон характеризується високою пористістю і відносно невисокою довговічністю. При вібропресуванні використовують більш жорсткі суміші, що дозволяє підвищувати якість бетону. Тривалість ущільнення скорочується більше, ніж на порядок. Метод пошарового пресування досить добре вивчений в роботах Й.Н. Ахвердова, В.І. Бабушкіна, О.Г. Вандоловського, В.М. Ладиженського, О.П. Мчедлова-Петросяна, А.А. Плугіна.

З великої кількості чинників на властивості бетонів основний вплив мають вид і кількість в'язучого, умови твердіння і гранулометричний склад заповнювачів. Для жорстких сумішей гранулометрія має велике значення, оскільки чим вища щільність, тим вища міцність та інші властивості виробів. Максимально щільного укладання зерен в бетоні добивалися П.І.Боженів, Л.Й. Дворкін, М.І.Нетеса, В.В. Охотін, А.М. Плугін, В.М. Пунагін та ін. В основі їх досліджень лежить ідея досягнення максимально щільного укладання зерен суміші. При визначенні оптимального співвідношення мінеральних частинок різних фракцій у сумішах виходять з передумови, що більш дрібні частинки заповнюють порожнечу, утворені більш крупними (пісок заповнює порожнечу між частинками щебеню, а наповнювач і цемент заповнюють порожнечу, що залишилися). Чим більше відношення розмірів найбільших і найдрібніших частинок тим вища щільність укладання. Тоді можна знайти таке співвідношення вмісту різних фракцій в суміші, при якому щільність укладання мінеральних зерен максимальна. При незмінному вмісті найменших частинок щільність укладання зменшується зі збільшенням кількості частинок проміжного розміру і зі зменшенням кількості найбільших частинок.

Можна відмітити кілька принципів досягнення щільного укладання:

- при будь-якому укладанні його щільність визначається співвідношенням розмірів частинок та їх відносним вмістом;

- для більш щільного і правильного укладання необхідно додавати все більш дрібні сфери в порожнечі більш крупних частинок. Досягається це спеціальним укладанням, і створити таке укладання насправді дуже важко;

- існує зв'язок між щільністю упакування та його координаційним числом. Координаційне число щільного випадкового укладання близьке до 8, а рихлого випадкового укладання – 6. Кількість близьких контактів в укладанні складає близько 75-78% від загальної кількості контактів;

- у щільному багатокомпонентному випадковому укладанні принаймні один з компонентів при механічному впливі укладається з максимальною для нього щільністю, а інші - зі щільністю, нижчою або рівною максимальній.

Бетон є поліфракційною системою, щільність якої можна регулювати за допомогою раціонального підбирання її складу.

Найпоширенішим методом підбору складу важкого бетону є розрахунково-експериментальний метод "абсолютних обсягів", розроблений Б. Г. Скрамтаєвим на основі рівнянь Боломея. Проте його можна застосувати для крупнозернистих бетонів з $V/C > 0,4$.

Існує досить велика кількість методів і методик підбору складу дрібнозернистих і жорстких бетонів, які були розроблені Й.Н. Ахвердовим, Ю.М. Баженовим, А.І. Бірюковим, Б.М. Гладишевим, Л.Й. Дворкіним, В.М. Ладиженським, К.І. Львовичем, А.М. Плугінім, Б.Г. Скрамтаєвим та ін. Методики універсальні, проте розроблені в більшості своїй для віброущільнення, мають обмеження щодо жорсткості суміші - 40 с, а зусилля пресування обмежене 15 МПа. У той же час, технологія пресування бетону на високих рівнях тиску вимагає інших підходів щодо підбору складу, оскільки традиційні склади і методи їх розрахунку не дають задовільних результатів.

Основними чинниками, які впливають на ефективність прикладання пресувальних зусиль до бетонної суміші, є: тиск пресування; склад суміші (зокрема, максимальний розмір заповнювача); час прикладення навантаження; вплив хімічних добавок. Найбільші переваги при такому способі ущільнення мають дрібнозерністі бетони, особливо на дрібних пісках, об'єм яких складає 85% від загального об'єму розвіданих родовищ. Дрібнозерністі бетони мають підвищену міцність на розтягування, що є актуальним для дорожніх виробів. При цьому необхідно забезпечити ефективне ущільнення бетонної суміші. Суперечливими є дані різних дослідників щодо застосування хімічних добавок в пресованих бетонах. Питання їх ефективності для гіперпресованих бетонів не досліджувалося.

На підставі вищевикладеного можна стверджувати, що в якості чинників, що впливають на ефективність пресування, різними ученими вибрані: величина пресувального тиску; витрата води і

цементу; гранулометрія заповнювачів і їх співвідношення. Немає визначеності в питаннях оптимізації величини і часу прикладання навантаження, впливу добавок і умов твердіння.

У другому розділі дисертації розглянуто питання, що стосуються теоретичних основ отримання гіперпресованих дрібнозернистих бетонів.

Бетонна суміш є трифазною системою (тверда – цемент і заповнювач, рідка - вода і газоподібна – утягнене повітря). Процес ущільнення такої системи стосовно ґрунту розглянутий О.К. Біруля. Зменшення об'єму при ущільненні можливе тільки для газоподібної фази. Вона може також розчинятися в рідкій, кількість якої залежить від величини тиску.

У роботах А.М. Холодова і О.Г. Вандоловського процес пресування при тиску, меншому за 0,2 МПа, розглядається як двостадійний. Перша стадія характеризується деформаціями, що швидко відбуваються за рахунок видалення газоподібної фази і перетворення трифазної структури в двофазну, друга – деформаціями, що відбуваються повільно, і зумовлені швидкістю зіткнення частинок твердої фази.

Процес ущільнення бетонної суміші може бути представлений у вигляді фізичної моделі (рис. 1).

Рис. 1. Процес ущільнення бетонної суміші:

$$\begin{aligned}
 \text{а) } \sum V_1 &= V_{\text{тв}} + V_{\text{р}} + V_{\text{г}} \text{ ;} \\
 \text{б) } \sum V_2 &= V_{\text{тв}} + V_{\text{р}} + V_{\text{г}}^{\square} \quad \text{при цьому} \quad V_{\text{г}}^{\square} < V_{\text{г}} \quad \text{і} \quad \sum V_2 < \sum V_1 \text{ ;} \\
 \text{в) } \sum V_3 &= V_{\text{тв}} + V_{\text{р}}^{\square} \quad \text{при цьому} \quad V_{\text{р}}^{\square} < V_{\text{р}} \quad \text{і} \quad \sum V_3 < \sum V_2 \text{ ;}
 \end{aligned}$$

Тиск дозволяє максимально видалити газоподібну фазу, і тоді ущільнення двофазної системи відбувається за рахунок зближення частинок твердої фази. При цьому утворюється коагуляційна структура з плівками рідкої фази певної товщини, що змінюється в процесі ущільнення. Міцність плівок у цьому разі здійснює вирішальний вплив на розвиток процесу ущільнення. Товщина плівки рідини повинна бути такою, щоб забезпечити максимально можливу міцність контакту між частинками, які торкаються через цю плівку. Для дрібнозернистих бетонів поверхневі явища при взаємодії фаз мають більше значення, ніж у крупнозернистому бетоні. Із збільшенням дисперсності зростає кількість частинок і число контактів між ними в одиниці об'єму,

в результаті чого зростає роль рідкої фази, яка інтенсивніше впливає на властивості матеріалу, що ущільнюється.

Процеси утворення полідисперсних структур різного типу та їх механічні властивості слід розглядати як результат прояву сил взаємодії частинок дисперсної фази в умовах виникнення (або руйнування) контактів між частинками в даному дисперсному середовищі. При цьому, як було встановлено в роботах П.О. Ребіндера і Є.Д. Щукіна, для широкого класу полідисперсних структур їх міцність адитивно складається з міцності зв'язків окремих контактів. Розрахувавши число контактів на одиницю площі поверхні перетину, можна визначити міцність:

$$R_c = p_1 \times \chi_0 \times \frac{1}{n^2} \quad (1)$$

Дослідження Б. Я. Пінеса показали, що міцність усієї ущільнюваної системи прямо пропорційна координаційному числу Z , її суцільності та міцності зв'язку одиничного контакту (або числу контактів на одиницю площі перетину) і обернено пропорційна розміру частинок. Тому, чим менший радіус частинок, вища щільність їх укладання і кількість одиничних контактів, тим вища міцність для системи, що складається з одновимірних частинок. Проте ці уявлення не розповсюджуються повністю на систему з частинок різного діаметру, через те менші за розміром (радіусом) частинки можуть заповнювати порожнечу між більшими. Їх раціональне поєднання дозволить забезпечити матеріалу максимальну щільність і, відповідно, міцність. Це підтверджує справедливості припущень про ефективність зниження максимальних розмірів частинок в матеріалах, які піддаються формуванню методом пресування і вибору раціонального співвідношення їх розмірів і мас.

Згідно з моделлю міцності Р.Ф. Рунової й А.М. Пługіна, структура і міцність матеріалів є результатом зростання електрогетерогенних контактів між протилежно зарядженими поверхнями структуруючих частинок або результатом концентрації електрогетерогенних контактів між однаково зарядженими поверхнями. Зростання концентрації електрогетерогенних контактів спостерігається у випадку високої концентрації електроліту або коли поверхні механічно спресовуються. Зчеплення в таких контактах відбувається завдяки притяганням між протилежно зарядженими іонами в активних центрах структуруючих елементів і притяганням між потенціаловизначаючими іонами структуруючих елементів і антиіонами розплаву або завдяки розчиненню в електрогетерогенних контактах. Відстань між елементарними контактами залежить від концентрації активних центрів структуруючих елементів на поверхні: $a=(1/n)^{1/2}$. Коли тиск стиснення R_{np} перевищує 50 МПа, молекули води поступово витісняються з елементарних контактів. У цьому випадку в контактах встановлюється хімічний іонний зв'язок і зростає міцність.

Відомо, що процес коагуляції в теорії ДЛФО розглядається як результат одночасної дії вандер-ваальсових сил притягування та електростатичних сил відштовхування між частинками.

Залежно від балансу цих сил в тонкому прошарку рідини між частинками, що зближуються, виникає або позитивний “розклинювальний” тиск, що перешкоджає їх з'єднанню, або негативний, - що призводить до зменшення прошарку й утворення контакту між частинками. Величина розклинювального тиску π залежить від товщини прошарку рідини h .

Відома залежність енергії взаємодії двох поверхонь в розчині має вигляд:

$$U = U_{\text{геп}} + U_a = \frac{64cRT}{k} \times \gamma^2 \times e^{-2kh} - \frac{A'}{h^2}, \quad (2)$$

де $U_{\text{геп}}$ – сила відштовхування ($U_{\text{геп}} > 0$);

U_a – сила притягування ($U_a < 0$);

$A' = A/48\pi$, A – константа Гамакера (порядок 10^{-12} ерг);

k – параметр Дебая або зворотна товщина дифузного шару;

h – товщина шару рідини.

Виходячи з цього рівняння результуючий знак U передбачити не можна, проте у випадку розгляду цієї залежності від h очевидно, що для $U_{\text{геп}}$ вона має експоненціальний характер, а для U_a – степеневий. Тоді при h , що прямує до нуля, $U_{\text{геп}}$ прямує до const, а U_a – до нескінченності. Значить, на малих і на великих відстанях переважає притягування.

У сумішах, призначених для виготовлення гіперпресованих виробів, кількість води зачинення менша, ніж в пресованих сумішах. Із зменшенням кількості води зачинення автоматично знижується товщина плівок рідини між частинками. Це спричиняє зростання U_a і зниження $U_{\text{геп}}$, що, в свою чергу, дозволяє зближувати частинки на мінімально необхідну відстань при якнайменших величинах зовнішнього тиску. Для утримання частинок в стані рівноваги необхідно прикласти до них зовнішній тиск, що дорівнює за величиною і протилежний за знаком розклинювальному тиску. Тоді в стані рівноваги сума сил, електричних і механічних, в будь-якому елементарному нескінченно тонкому шарі дорівнює нулю. Таким чином, прикладаючи зовнішнє зусилля гіперпресування з достатньою для цієї дії величиною, можна зближувати частинки до такої товщини плівки рідини між ними, при якій після зняття зовнішнього тиску переважатимуть сили притягання, що сприяють коагуляції частинок.

Тому завданням ущільнення є створення умов, які забезпечують максимальне зближення частинок твердої фази, тобто подолання опору кожного шару рідкої фази. Застосування гіперпресування за короткий проміжок часу дозволить подолати опір кожного шару рідкої фази і, в результаті, одержати міцний і довговічний матеріал.

Гіпотеза роботи. Щільність і міцність композиційних матеріалів контактного твердіння можна підвищити, створивши контакти між частинками через прошарок дифузної (тонкоплівкової) рідини, для чого необхідно видалити вільну рідину. Цього можна досягти пресуванням, для здійснення якого на звичному рівні (до 40 МПа) потрібно багато часу. При цьому не завжди

вдається подолати позитивний розклинювальний тиск і забезпечити утворення електрогетерогенних контактів між частинками. Зменшення кількості води зачнення, наприклад за допомогою суперпластифікаторів, дозволить зменшити товщину плівок рідини навкруг частинок, а використання тиску, вищого за 50 МПа, забезпечить утворення іонного зв'язку між ними, що приведе до зростання міцності всієї системи.

У третьому розділі наведено характеристики застосовуваних матеріалів і методів дослідження.

В дослідженнях застосовувався портландцемент виробництва ВАТ “Балцем” що відповідає вимогам ДСТУ Б В.2.7-46-96. Заповнювачами для дрібнозернистих сумішей були пісок кварцовий Безлюдівського родовища Харківської області, що відповідає вимогам ДСТУ Б В.2.7-32-95, та відсів каменедробіння Світловодського кар'єру Кіровоградської області, що відповідають вимогам ГОСТ 26193. Як хімічні добавки використовували суперпластифікатор СП-7М, розроблений АОЗТ “Спецхимзащита”, та прискорювач твердіння CaCl_2 (ГОСТ 450).

Крім стандартних методів, в роботі були використані методи фізико-хімічного аналізу (метод термoporометрії, рентгенівської дифрактометрії, дериватографії), а також електронної мікроскопії.

У четвертому розділі роботи наведено результати експериментальних досліджень.

На початковому етапі досліджень було проведено оцінювання ефективності застосування гіперпресування для дорожніх цементних бетонів з різною витратою цементу. В результаті теоретичного аналізу розробленої моделі встановлено наявність трьох зон, що відповідають формам зв'язку рідкої фази з поверхнею твердої фази.

Перша зона - зона стабільного зростання міцності бетону до рівня тиску пресування до 70 МПа. На цій ділянці при збільшенні тиску пресування на 1 МПа міцність збільшується на 0,21-0,26 МПа. Друга зона – зона гіперпресування, в якій якісно змінюються показники міцності. Із збільшенням тиску пресування на 1 МПа міцність зростає на 0,8–1,24 МПа, що значно вище, ніж у бетонів, ущільнених звичайним пресуванням. Третя зона – зона стабільного підвищення міцності при тиску вище 100 МПа. У цій зоні збільшення тиску пресування на 1 МПа приводить до зростання міцності бетону на 0,135–0,175 МПа. У третій зоні ефективність збільшення тиску пресування знижується. У той же час, технологічно і матеріально досягнення тиску такого рівня є досить складним і важкоздійснюваним завданням. Тому нами розглядався рівень тиску до 90 МПа (рис. 2).

Рис. 2. Залежність міцності бетону на стиск від тиску пресування:

1 – вміст цементу 400 кг/м³;

2 – вміст цементу 250 кг/м³.

Існуюче вітчизняне і зарубіжне пресувальне устаткування характеризується короткочасним прикладанням тиску до виробів, які формуються. Час знаходження виробу, що виготовляється, під навантаженням не перевищує 1–2 секунд. Цього часу вистачає для утворення кількох десятків точкових контактів, але він не є достатнім для завершення процесу укладання частинок і формування контактної–конденсаційної структури, яка при подальшій гідратації переходить у кристалічну. З урахуванням технологічних можливостей устаткування нами був вибраний діапазон часу прикладання пресувального навантаження від 2 до 20 секунд (рис. 3).

Рис. 3. Залежність міцності бетону на стиск від часу прикладання тиску:

1 – тиск пресування 20 МПа;

2 – тиск пресування 90 МПа.

Ефективний час прикладання тиску для пресованих зразків становить 12–14 секунд (крива 1), а для гіперпресованих – 8–10 секунд (крива 2). Подальше збільшення часу прикладання тиску не приводить до зміни міцності.

У випадку переривчастої гранулометрії заповнювача співвідношення діаметрів частинок фракцій, що складають цю гранулометрію, змінюються стрибкоподібно, тобто максимальний розмір частинок відповідних фракцій змінюється не в 2 рази, а в 3; 4; 5; 6 разів. Нами було висунуте припущення, що існує зона співвідношень діаметрів частинок сусідніх фракцій i_d , а також певне масове співвідношення цих фракцій n_m , при якому забезпечуватиметься максимально щільна структура бетону. Варіювання співвідношень діаметрів і мас сусідніх фракцій показало, що максимально щільна структура може бути створена при співвідношенні максимальних діаметрів частинок сусідніх фракцій на рівні 4–6 і при співвідношенні мас сусідніх фракцій від 0,67 до 1,5. З нашої точки зору, оптимальним є співвідношення мас, що дорівнює 1. Співвідношення максимальних діаметрів попередньої фракції по відношенню до максимального діаметра наступної фракції повинно бути 4–6.

Найважливішим технологічним чинником з точки зору можливості автоматизації виробничих процесів є міцність щойно відформованого виробу. За даними різних авторів, вона не повинна бути меншою за 0,3–0,4 МПа. Результати наших досліджень показали, що при звичайному рівні пресування післяформувальна міцність складає 0,4 МПа. Застосування гіперпресування підвищує післяформувальну міцність у 4,3 рази (табл. 1), що дозволяє виконувати операції пошарового складання і подальшого транспортування до місця твердіння готових виробів.

Зміна післяформувної міцності з часом

№ з/п	Спосіб ущільнення	Міцність на стиснення після формування, МПа			
		0 год	2 год	6 год	24 год
1	Гіперпресування	1,72	2,74	5,89	16,34
2	Пресування	0,4	0,6	1,87	9,23

Через добу різниця в міцності скорочується до 1,78 разу. Таким чином, встановлено, що структуроутворення в гіперпресованих бетонах відбувається більш інтенсивно, особливо в перші години твердіння.

Дослідження ефективності використання цементу в бетоні (табл. 2) показали, що із збільшенням витрати в'язучого від 200 до 300 кг/м³ ефективність використання цементу для пресованих і гіперпресованих зразків однакова і складає 0,084 МПа/кг. Із збільшенням витрати цементу від 300 до 400 кг/м³ цей показник для гіперпресованих бетонів збільшується до 0,113 МПа/кг, а для пресованих зменшується до 0,058 МПа/кг, що свідчить про зниження ефективності використання цементу. Середня величина питомого приросту міцності для гіперпресованих склала 0,099 МПа/кг, для пресованих – 0,071 МПа/кг.

Таблиця 2

Ефективність використання цементу в бетонах, ущільнених різними способами

Витрата цементу, кг/м ³	R ²⁸ _{ст} , МПа	Приріст міцності на стиск, МПа/кг		
		при витраті цементу від 200 до 300 кг/м ³ пресування	при витраті цементу від 300 до 400 кг/м ³	при витраті цементу від 200 до 400 кг/м ³ гіперпресування
200	17,6	0,084	0,058	0,071
300	26,0			
400	31,8			
200	29,7	0,084	0,113	0,099
300	38,1			
400	49,4			

Наявність пиловатих фракцій у складі заповнювачів, на думку багатьох авторів, істотно знижує міцність цементних композитів, особливо цементного каменю. Тому ми досліджували вплив вмісту пилу на міцність цементного каменю, що ущільнюється різними способами. Результати досліджень свідчать про те, що введення до 35% пилу істотно не впливає на міцність цементного каменю на ранніх строках твердіння як при пресуванні так і при гіперпресуванні. На 28-му добу твердіння, при введенні 10 % пилу відбувається зниження міцності цементного каменю на 25 і 47% при гіперпресуванні і пресуванні відповідно. Подальше збільшення вмісту

пилу до 35 % відсотків істотно не впливає на міцність гіперпресованих зразків. У той же час міцність пресованих зразків зменшується на 26 % у порівнянні зі зразками з 10% вмістом пилу. Це свідчить про те, що пиловаті фракції ущільнюють мікроструктуру цементного каменю, тим самим забезпечуючи необхідну щільність і міцність цементного каменю в діапазоні 10–40% загальної кількості.

У роботі досліджували вплив суперпластифікатора СП–7М і прискорювача твердіння CaCl_2 на властивості бетонів, ущільнюваних різними способами. Результати дослідження показали, що введення суперпластифікатора в бетонну суміш, ущільнювану гіперпресуванням, в дозах, які рекомендуються для віброущільнюваних бетонів, призводить до зниження міцності бетонів на 15% у віці 3 діб і на 5% у віці 28 діб. На наш погляд, це є свідченням того, що суперпластифікатори, адсорбуючись на частинках цементу, блокують доступ до них води. В умовах малої кількості води зачинення (пресовані та гіперпресовані бетони) цей ефект має більше значення, ніж у віброущільнюваних бетонах, і діє більш тривалий час, що негативно позначається на міцності бетонів. Проведені дослідження показали, що оптимальна кількість добавки СП–7М для гіперпресованих бетонів складає 0,3%, а для пресованих – 0,4% (від маси цементу) (рис. 4).

Рис. 4. Залежність міцності бетонів на стиск від вмісту хімічної добавки СП–7М:

- 1 – дрібнозернистий віброущільнений;
- 2 – дрібнозернистий пресований;
- 3 – дрібнозернистий гіперпресований

При цих дозуваннях приріст міцності на 28–му добу для гіперпресованих бетонів склав 19%, а для пресованих – 34%.

Застосування прискорювача твердіння CaCl_2 дозволяє, традиційно, підвищити міцність до 8%.

Кінетика водопоглинання пресованих і гіперпресованих бетонів різна. Найбільші відкриті пори заповнюються протягом перших 15–30 хвилин. Дослідження показали, що загальна величина водопоглинання для гіперпресованих бетонів менша, ніж для пресованих, на 35%. Це свідчить про більш замкнутий характер пор в гіперпресованих бетонах. За величиною водопоглинання було встановлено, що введення добавки СП–7М призводить до зниження загальної пористості в 2 рази.

Оцінювання мікропористості на рівні мікроструктури бетону проводили за методом термoporометрії. Було встановлено, що гіперпресування сприяє формуванню більш

дрібнопористої структури цементного каменю з незначним об'ємом мікропор. Максимум пористості для гіперпресованих і пресованих зразків припадає на пори радіусом 2,1 нм. Середній радіус пор в гіперпресованому цементному камені в 1,9 раз менший, ніж у пресованому. На 3 і 28 добу твердіння об'єм пор, що припадає на 1 см³ зразка, в гіперпресованих зразках менший порівняно з пресованими в 3,5 і 2,5 рази відповідно. Це свідчить про більш щільну мікроструктуру цементного каменю, ущільненого гіперпресуванням.

Дані рентгенофазового і дериватографічного аналізу показали, що при гіперпресуванні принципових відмінностей щодо складу новоутворень не спостерігається. При цьому міцність гіперпресованих матеріалів вища, ніж пресованих. Це можна пояснити тим, що мікропористість цементного каменю в гіперпресованих матеріалах у кілька разів нижча, ніж в пресованих, що приводить до значного зростання міцності цементного каменю. Причину зростання міцності можна пояснити взаєморозташуванням кристалів, що підтверджується електронномікроскопічними дослідженнями.

Цементний камінь, що твердне в природних умовах або при пропарюванні, характеризується переходом від первинної структури до вторинної. Первинна структура формується на ранніх стадіях твердіння (1–7 діб після зачинення) і представлена в основному двома гідратними фазами: призматичними кристалами еtringіту і волоконними гідросилікатами кальцію. Вторинна структура відрізняється від первинної більшою щільністю за рахунок того, що її складають дрібні пластинчасто–лускаті гідросилікати кальцію. Як показали дані електронної мікроскопії, в гіперпресованих зразках на 28 добу твердіння переважною є вторинна структура, а в пресованих – первинна.

Порушення нормальних умов твердіння бетону призводить до зміни параметрів порової структури бетону, розпушується верхній шар, що є причиною луцення бетону в період його експлуатації. Ці зміни, особливо в поверхневому шарі, викликані інтенсивними процесами випаровування вологи, особливо в початковий період твердіння. Дослідження вологовтрати зразків (табл. 3) показали, що протягом трьох перших діб твердіння без захисної плівки при температурі +18 – +20°С зразки з гіперпресованого бетону втрачають до 53% води зачинення, а вологовтрати по відношенню до одиниці площі випаровування (відносні вологовтрати) складають 0,107 г/см² поверхні, що випаровується. У той же час пресовані зразки втрачають у 1,43 рази більше води зачинення, а відносні вологовтрати збільшуються у 1,96 рази. Оцінювання характеру випаровування вологи показує, що в повітряно–сухих умовах пресовані бетони втрачають більшу кількість вологи, ніж гіперпресовані. Втрати вологи призводять до зниження міцності, особливо пресованих бетонів – на 47%, гіперпресованих – всього на 20%, що пов'язано з більш швидким структуроутворенням останніх. Створення вологісних умов у період після трьох діб твердіння в повітряно–сухих умовах дозволить поповнити недостачу води зачинення і забезпечити

можливість подальшої гідратації цементу, що підтвердили дослідження. Таке комбіноване твердіння дозволяє повністю відновити міцність гіперпресованих бетонів. Ця технологія регенерації бетону аналогічна зарубіжним технологіям типу технології “холодного туману”.

Таблиця 3

Властивості бетонів, що твердіють в різних умовах

№	Вид бетону	Умови твердіння	Вологовтрати за 3 доби		Rст, МПа	
			% від всього об'єму води зачинення	г/см ² площі випаровування	3 доби	28 діб
1	Дрібнозернистий пресований	нормальні умови*	17	0,058	22,4	31,6
		повітряно-сухі умови**	76	0,21	11,1	16,7
		комбіновані умови***	76	0,21	11,1	28,9
		нормальні умови*	15	0,034	32,2	40,3
2	Дрібнозернистий гіперпресований	повітряно-сухі умови**	46	0,107	25,8	32,3
		комбіновані умови***	46	0,107	25,8	40,5
		умови***				

* – температура $18 \pm 2^\circ\text{C}$; вологість 95%;

** – температура $18 \pm 2^\circ\text{C}$; вологість 70%;

*** – протягом перших 3 діб – повітряно-сухі умови, потім твердіння у воді.

Дослідження гіперпресованих бетонів, що піддавалися тепловологісній обробці (ТВО), при різних режимах показали можливість її скорочення за рахунок зменшення часу витримки. Це можливо тому, що міцність зразків у віці 28 діб залишається приблизно однаковою. Максимальне зниження міцності – 8% спостерігається при режимі ТВО без попередньої витримки.

Проведені дослідження стирання бетонів (у сухому і вологому стані) показали, що стирання гіперпресованих бетонів відповідає вимогам нормативів (не вище $0,6 \text{ г/см}^2$) і на 20 та 39% менше стирання пресованих бетонів у сухому і вологому стані відповідно.

Одним з основних показників властивостей бетонів, що використовуються для виготовлення дорожніх виробів, є їхня морозостійкість. Застосування гіперпресування дозволяє підвищити морозостійкість бетонів більше, ніж на одну марку порівняно з пресованими. Морозостійкість гіперпресованих бетонів з добавкою СП–7М відповідає марці F 400.

Корозійна стійкість бетонів оцінювалася по сульфатостійкості. Дослідження показали, що гіперпресовані бетони витримали на 30% більше циклів порівняно з пресованими. Застосування добавки СП-7М підвищує сульфатостійкість усіх типів бетонів. Сульфатостійкість гіперпресованих бетонів з добавкою на 15% вища, ніж у бетонів без добавки.

У п'ятому розділі наведено методику підбору складу бетону на дрібнозернистих заповнювачах, що ущільнюється гіперпресуванням. Описано технології приготування бетонної суміші і виготовлення гіперпресованих виробів.

Показано, що питома собівартість гіперпресованих виробів у 1,5 рази менша, ніж пресованих, а економічний ефект для споживача складає 3,83 грн на 1 м² покриття. Проведені розрахунки показали, що для впровадження технології гіперпресування в ТОВ "Геомакс" необхідно 346500 грн, які окупляться протягом 2,3 роки.

ВИСНОВКИ

1. Найперспективнішим способом ущільнення є гіперпресування. Необхідною умовою пресування є досягнення максимально щільного укладання твердих частинок, що важко при використуванні місцевих одно- і двофракційних дрібних заповнювачів. Існуючі методи підбору складу дрібнозернистого бетону не забезпечують необхідної щільності, тому необхідний новий підхід до підбору складу бетону з урахуванням монофракційності гранулометричного складу суміші і особливостей методу ущільнення.
2. Було розроблено фізичну модель трифазної полідисперсної системи, яка ущільнюється. Її аналіз дозволив встановити, що в процесі ущільнення змінюється товщина водних плівок, знак і величина сил взаємодії між твердими частинками і рідкою фазою. У діапазоні тиску пресування від 20 до 140 МПа встановлено існування трьох зон, у яких міцність бетону змінюється по-різному, а найбільший приріст спостерігається в інтервалі від 70 до 90 МПа. Експериментально було визначено необхідний і достатній час пресування – 8–12 секунд.
3. Було розроблено нову методику підбору складу дрібнозернистих гіперпресованих бетонів, яка оснований на переривчастій гранулометрії. Було отримано оптимальне відношення діаметрів фракцій заповнювача, $I_d = 4-6$, при якому забезпечуються максимальна щільність і міцність бетону. При цьому збільшення вмісту пилюватих частинок до 35% не позначається на міцності цементного каменю на ранніх строках твердіння.
4. Встановлено, що застосування гіперпресування дозволяє зменшити кількість води зачнення на 12,5 %, збільшити в 4,3 рази міцність після формування порівняно з пресованими сумішами. Прискорення набору міцності в початковий період дозволяє скоротити загальну тривалість ТВО, час попередньої витримки перед ТВО до 1 години і знизити температуру ізотермії.

5. Експериментально встановлено залежність приросту міцності під час гіперпресування для витрат цементу від 200 до 400 кг/м³. Вона представлена відношенням “приріст міцності / збільшення витрати цементу” і складає 0,099 МПа/кг, що вище у порівнянні з пресованими бетонами (0,071 МПа/кг). Коефіцієнт однорідності структури знижується з 5,85 для пресованих до 5,36 для гіперпресованих бетонів, що свідчить про підвищення її якості.
6. На підставі проведених фізико-хімічних методів дослідження встановлено, що склад новоутворень гіперпресованого цементного каменю аналогічний складу пресованого. Його пористість в інтервалі радіусів пор 0,075–0,025 нм менше в 3 рази у порівнянні з пресованими. Експериментально було підтверджено зниження водопоглинання гіперпресованих бетонів на 49% у порівнянні з пресованими.
7. Встановлено, що кількість суперпластифікатора СП–7М в гіперпресованих бетонах, для поліпшення їх властивостей, повинна бути зменшена в 1,7 рази у порівнянні з дозуваннями, що рекомендуються для пресованих бетонів. Введення прискорювача CaCl₂ дозволяє збільшити міцність гіперпресованих бетонів на 8%.
8. Встановлено, що з гіперпресованих виробів при твердінні випаровується у 2,5 рази менше води, ніж з пресованих. У випадку значних вологовтрат наявність резерву негідратованих частинок в’язучого забезпечує умови повної регенерації властивостей таких бетонів при подальшому їх твердінні у вологих умовах. Стираність таких бетонів знижується на 20–45%, морозостійкість зростає на марку, сульфатостійкість – на 30% по відношенню до властивостей пресованих бетонів.
9. Техніко-економічний аналіз ефективності застосування гіперпресування при виготовленні виробів з дрібнозернистого бетону був проведений за допомогою узагальнюючого показника якості продукції. Показано, що питома собівартість гіперпресованих виробів в 1,5 рази менше пресованих, а економічний ефект для споживача складає 3,83 грн на 1 м² покриття. Погоджений із замовником бізнес-план щодо впровадження технології гіперпресування забезпечує повну окупність капітальних вкладень за 2,3 роки.

Основні положення дисертаційної роботи викладені в таких публікаціях:

1. Костенко Ю.А., Грушко И.М., Бирюков В.А., Толмачев С.Н. Цементные бетоны, уплотняемые катками // Автошляховик України. –1996. – №2. –С.34–37.

Особистий внесок автора – запропоновано методику визначення кількості води для ущільнення жорсткої бетонної суміші пресуванням.

2. Толмачев С.Н., Костенко Ю.А., Маракина Л.Д. Механизм структурообразования в цементном камне уплотненном различными способами // Вестник НТУ “ХПИ” / Сб. научн. тр. /

Тематический выпуск “Химия, химическая технология и экология” – Харків: НТУ “ХПІ”. –2001. –№23. –Том.1. –С. 30–33.

Особистий внесок автора – досліджено особливості структуроутворення цементного каменю ущільненого гіперпресуванням.

3. Костенко Ю.О., Толмачов С.М., Близнюк А.О., Кондратьєва І.Г. Гіперпресовані бетони // Автошляховик України. –2002. – №3. –С. 35–37.

Особистий внесок автора – вивчено кінетику набору міцності гіперпресованих бетонів, показано, що твердіння таких бетонів відбувається швидше, ніж у бетонів, ущільнених за традиційними технологіями.

4. Костенко Ю.А., Толмачев С.Н., Кондратьєва І.Г. Взаимосвязь уровня прессования и свойств цементобетонных изделий // Вестник ХНАДУ / Сб. научн. тр. –Харьков: изд-во ХНАДУ. – 2002. –Вып.19. –С. 118–121.

Особистий внесок автора – досліджені особливості ущільнення жорстких цементобетонних сумішей гіперпресуванням, виявлені залежності між рівнем тиску ущільнення і властивостями отриманих бетонів.

5. Костенко Ю.А., Толмачев С.Н., Маракина Л.Д., Сопов В.П. Формирование микропористости цементного камня при воздействии вибрации и давления // Науковий вісник будівництва. –Харків: ХДТУБА, ХОТВ АБУ. –2003. – Вип.21.–С.224–229.

Особистий внесок автора – досліджено мікропористість цементного каменю, ущільненого гіперпресуванням, виявлено особливості її формування.

6. Толмачев С.Н., Кондратьєва І.Г., Костенко Ю.А., Маракина Л.Д. Взаимосвязь технологических особенностей изготовления и свойств малоразмерных дорожных бетонных изделий // Науковий вісник будівництва. –Харків: ХДТУБА, ХОТВ АБУ. –2003. – Вип.24. –С.63–68.

Особистий внесок автора – вивчено закономірності процесу випаровування вологи у період твердіння гіперпресованих бетонів, виявлено взаємозв'язок умов твердіння та експлуатаційних властивостей таких бетонів.

7. Костенко Ю.А. Технологические и эксплуатационные свойства гиперпресованных бетонов // Науковий вісник будівництва. –Харків: ХДТУБА, ХОТВ АБУ. –2004. – Вип.26. –С.201–205.

8. Грушко И.М., Костенко Ю.А. Исследование влияния химических добавок на свойства бетонных смесей и бетонов, уплотненных катками // Труды международного семинара "Теория и практика строительства и строительных материалов". – Сумы: ССХИ. –1994. –С.27.

Особистий внесок автора – досліджено вплив хімічних добавок на властивості бетонів, ущільнених пресуванням, встановлено, що оптимальна кількість пластифікуючих добавок підвищує міцність таких бетонів.

9. Толмачев С.Н., Кондратьева И.Г., Костенко Ю.А., Маракина Л.Д., Гринченко Р.А. Некоторые особенности состава бетонов по методу прерывистой гранулометрии // Матеріали міжнародної конференції "Ресурс і безпека експлуатації конструкцій, будівель і споруд". –Харків: ХДТУБА, ХОТВ АБУ. –2003. – Вип.23. –С.251–254.

Особистий внесок автора – проведено дослідження з вивчення впливу гранулометричного складу заповнювачів на властивості бетону, запропоновано методику підбору складу бетону за методом переривчастій гранулометрії.

10. Толмачев С.Н., Абазов Х.В., Костенко Ю.А. Применение добавки “Релаксол 2.1” в бетонах дорожно-транспортного назначения // Докл. VI международной научно-практической конференции “Дни современного бетона”. –Запорожье: “Поліграф”. – 2004. –С.81–83.

Особистий внесок автора – досліджено вплив пластифікаторів типу “Релаксол 2.1” на бетони дорожньо – транспортного призначення, встановлено, що вони підвищують міцність бетонів, ущільнених пресуванням, у меншій мірі, ніж для віброущільнених.

11. Костенко Ю.А., Толмачев С.Н. Малоразмерные дорожные изделия из гиперпресованных бетонов // Матеріали VII міжнародної науково-практичної конференції "Наука і освіта `2004". –Том 71. Будівництво і архітектура. – Дніпропетровськ: Наука і освіта. –2004. – С42–43.

Особистий внесок автора – визначено основні переваги гіперпресованих бетонів і виробів на їх основі.

АНОТАЦІЯ

Костенко Юрій Олексійович. Дрібнозернисті дорожні бетони для виробів, що отримуються методом гіперпресування. – Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.23.05 – будівельні матеріали і вироби. - Українська державна академія залізничного транспорту, Харків, 2005.

Дисертація присвячена теоретичному і експериментальному обґрунтуванню підвищення довговічності малорозмірних елементів дорожнього будівництва за рахунок збільшення щільності і міцності бетонів шляхом застосування гіперпресування в комплексі з оптимальною кількістю суперпластифікаторів при раціональному підборі складу дрібнозернистих бетонів.

Встановлено й експериментально підтверджено, що гіперпресування найбільш ефективне у діапазоні стискувальних напружень 70-90 МПа, а тривалість процесу ущільнення при гіперпресуванні – 8-12 секунд.

Встановлено, що міцність на стиск гіперпресованих бетонів на 68 % вища, ніж у пресованих. Оптимальна кількість добавки СП-7М для гіперпресованих бетонів складає 0,3 %, а для

пресованих – 0,4% (від маси цементу). Дослідження показали, що загальна величина водопоглинання для гіперпресованих бетонів менша, ніж для пресованих, на 35%. Дослідження експлуатаційних властивостей гіперпресованих бетонів показало, що стирання таких бетонів знижується на 20-45%, морозостійкість зростає на марку, сульфатостійкість підвищується на 30% у порівнянні з властивостями бетонних виробів, що формуються звичайним пресуванням. Розроблено методику підбору складу бетону на дрібнозернистих заповнювачах, що ущільнюються гіперпресуванням.

Результати роботи реалізовані шляхом випуску дослідної партії гіперпресованих тротуарних плит на ЦБЗ ТОВ “Геомакс”.

Ключові слова: дорожній дрібнозернистий бетон, гіперпресування, малорозмірні бетонні вироби, склад бетону, міцність, довговічність.

АННОТАЦІЯ

Костенко Юрий Алексеевич. Мелкозернистые дорожные бетоны для изделий, получаемых методом гиперпрессования. – Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.23.05 – строительные материалы и изделия. - Украинская государственная академия железнодорожного транспорта, Харьков, 2005.

Диссертация посвящена теоретическому и экспериментальному обоснованию повышения долговечности малоразмерных элементов дорожного строительства за счет увеличения плотности и прочности бетонов путем применения гиперпрессования в комплексе с оптимальным количеством суперпластификаторов при рациональном подборе состава мелкозернистых бетонов.

Произведена оценка эффективности применения гиперпрессования для дорожных цементных бетонов с различным расходом цемента. В результате теоретического анализа разработанной модели установлено наличие трех зон, соответствующих формам связи жидкой фазы с поверхностью твердой фазы. Наибольшие приросты прочности 0,8–1,24 МПа на 1 МПа увеличения усилия прессования обеспечиваются в диапазоне сжимающих напряжений 70–90 МПа. Установлено и экспериментально подтверждено, что длительность процесса уплотнения при гиперпрессовании – 8–12 секунд.

Показано, что применение гиперпрессования повышает послеформовочную прочность в 4,3 раза и интенсивный набор прочности гиперпрессованных бетонов наблюдается на протяжении 2–6 часов после формовки.

Установлено, что при введении до 35% пыли происходит снижение прочности цементного камня на 12 и 47 % при гиперпрессовании и прессовании соответственно.

Оптимальное количество добавки СП-7М для гиперпрессованных бетонов составляет 0,3 %,

а для прессованных – 0,4% (от массы цемента). При этих дозировках прирост прочности на 28-е сутки для гиперпрессованных бетонов составил 19 %, а для прессованных - 34 %. Применение ускорителя твердения CaCl_2 позволяет, традиционно, повысить прочность до 8%.

Исследования показали, что общая величина водопоглощения для гиперпрессованных бетонов меньше, чем для прессованных, на 35%. По величине водопоглощения установлено, что введение добавки СП-7М приводит к снижению общей пористости в 2 раза.

Исследование гиперпрессованных бетонов, подвергавшихся ТВО, при разных режимах показало возможность ее сокращения за счет уменьшения времени выдерживания.

Исследование эксплуатационных свойств гиперпрессованных бетонов показало, что истираемость таких бетонов снижается на 20–45%, морозостойкость возрастает на марку, сульфатостойкость повышается – на 30% по сравнению со свойствами бетонных изделий, формируемых обычным прессованием.

Разработана методика подбора состава бетона на мелкозернистых заполнителях, уплотняемого гиперпрессованием. Отмечены особенности технологии приготовления бетонной смеси и изготовления гиперпрессованных изделий.

Результаты работы реализованы путем выпуска опытной партии гиперпрессованных тротуарных плит на ЦБЗ ООО “Геомакс”.

Ключевые слова: дорожный мелкозернистый бетон, гиперпрессование, малоразмерные бетонные изделия, состав бетона, прочность, долговечность.

ABSTRACT

Kostenko Yuri Alekseevich. Aggregate road concretes for articles, produced by the hyperpressing method. –Manuscript.

The thesis for a candidate’s degree (engineering) on specialty 05.23.05 – building materials and products. - Ukrainian State Academy of Railway Transport, Kharkiv, 2005.

The thesis is devoted to theoretical and experimental substantiation of longevity upgrading of stall-size elements of road building at the expense of an increase in density and strength of concretes by hyperpressing application in complete with optimal amount of superplasticizers at rational proportioning of an aggregate concrete compounding.

It has been determined and substantiated experimentally that the hyperpressing is the most efficiently at a range of compressing stresses 70-90 MPa, and compaction process duration in hyperpressing is 8-12 seconds. It has been determined the compressive strength of hyperpressed concretes is 68 % higher then that of pressed concretes. Research of service properties of hyperpressed concretes has shown that abrasion of such concretes falls to 20-45%, frost resistance increases by a type of concrete, sulphate resistance enhances to 30% in comparison with properties of concrete products

moulded by usual pressing. The proportioning procedure of a concrete compound on aggregates compacted by hyperpressing has been developed.

The results of the research work have been implemented by experiment lot production of hyperpressed pedestrian-way plates at TSBZ OOO "Geomaks".

Key words: road aggregate concrete, hyperpressing, small-size, concrete products, concrete proportions, strength, longevity.

Підписано до друку 16.08.2005 р.

Формат 60x84 1/16. Папір офсетний. Гарнітура Times New Roman.

Друк. RISO. Умовн. Друк. арк. 1,0.

Замовлення № 691/05. Тираж 100 прим. Ціна договірна.

Видавництво ХНАДУ, 61002, м. Харків-МСП, вул. Петровського, 25

*Свідоцтво державного комітету інформаційної політики, телебачення та радіомовлення
України про внесення суб'єкта видавничої справи до державного реєстру видавців,
виготівників і розповсюджувачів видавничої продукції.*

Серія ДК №897 від 17.04.2002 р.