

Київський державний технічний університет  
будівництва і архітектури

На правах рукопису

НАГАЙЧУК Василь Михайлович

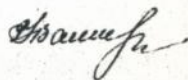
УДК 69І.335:625.844

Шлаколувні бетони для будівництва нежорстких  
одягів автомобільних доріг

Фах - 05.23.05 - будівельні матеріали та вироби

Автореферат

дисертації на здобуття вченого  
ступеню кандидата технічних наук



Київ - 1993

Робота виконана в Київському державному технічному університеті будівництва і архітектури.

Науковий керівник - доктор технічних наук,  
професор П.В.Кривенко

Науковий консультант- кандидат технічних наук,  
старший науковий співробітник  
І.З.Духовний

Офіційні опоненти: - доктор технічних наук,  
професор В.П.Сербін  
кандидат технічних наук,  
доцент Ю.М.Дорошенко

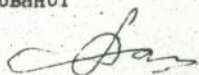
Провідна організація - Запорізьке обласне виробниче об'єднання будівництва, ремонту і експлуатації автомобільних шляхів.

Захист відбудеться "8" жовтня 1993 р. о 13 годині на засіданні спеціалізованої ради КО68.05.06 "Будівельні матеріали та виробы", "Підвалини та фундаменти" Київського державного технічного університету будівництва і архітектури.

Адреса: 252037, м.Київ-37, Повітрофлотський проспект, 31.  
Київський державний технічний університет будівництва і архітектури.

З дисертацією можливо ознайомитись у бібліотеці університету.  
Автореферат розіслано "6" листопада 1993 р.

Вчений секретар спеціалізованої  
ради, канд.техн.наук



В.А.Ракша

ЛННБ України ім.В.Стефаника



00802797 (X)

## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

АКТУАЛЬНІСТЬ РОБОТИ. Рівень розвитку економіки країни в значній мірі визначається станом мережі автомобільних доріг.

Для приведення існуючої мережі доріг на Україні у відповідність із сучасними вимогами необхідні значні капітадовкладення.

Враховуючи те, що "левою" частину вартості будівництва дороги складає вартість кам'яних матеріалів та в'язучих, в умовах значного підвищення ціни на органічні в'язучі, які традиційно використовувались у дорожньому будівництві на протязі останніх десятиліть, надзвичайно актуальним являється пошук і застосування у дорожньому будівництві інших видів в'язучих та місцевих кам'яних матеріалів.

Одним із варіантів вирішення цих проблем являється використання високоактивних шлакозлучних в'язучих, місцевих та некондиційних кам'яних матеріалів.

МЕТОЮ РОБОТИ є розробка шлакозлучних бетонів підвищеної довговічності на заповнювачах різного мінерального складу та міцності, які придатні для влаштування шарів дорожнього одягу нежорсткого типу і здатні витримувати дію короткочасних повторних навантажень.

### АВТОР ЗАХИЩАЄ:

- теоретично визначену і експериментально підтверджену можливість одержання шлакозлучних бетонів підвищеної довговічності на заповнювачах різного мінерального складу та міцності, придатних для влаштування дорожніх одягів нежорсткого типу ;

- результати досліджень структурних особливостей шлакозлучних бетонів на різних заповнювачах ;

- визначені оптимальний склад шлакозлучних бетонів і технологічні особливості їх приготування ;

- результати експериментальних досліджень впливу процесів, що відбуваються в контактній зоні шлаколузних бетонів, на фізико-механічні та деформаційні властивості одержаних матеріалів, а також на роботу їх на утомленість від дії короткочасних повторних навантажень ;

- рекомендації по проектуванню та технології будівництва дорожніх одягів нежорсткого типу із шлаколузних бетонів ;

- практичну реалізацію результатів досліджень та їх економічну ефективність.

#### НАУКОВА НОВИЗНА РОБОТИ:

- визначені основні закономірності формування макро- та мікроструктури шлаколузного бетону з точки зору їх впливу на властивості матеріалу, що забезпечують його довговічність ;

- виявлений вплив виду заповнювача на кінетику росту міцності шлаколузних бетонів, обумовлений характером процесів, що відбуваються в контактній зоні в "яuche-заповнювач ;

- встановлено, що температурні напруження, які виникають в шлаколузних бетонах при значних перепадах температури, менші, ніж опір бетону розтягненню, що підтверджує можливість будівництва шарів дорожнього одягу з таких матеріалів без влаштування температурних швів ;

- виявлено, що одержані шлаколузні бетони краще сприймають дію короткочасних багаторазових навантажень, ніж матеріали однакової міцності на основі портландцементу, про що свідчить коефіцієнт утомленості, який дорівнює 19,0...19,1 проти 18,0...18,7 у портландцементних.

ПРАКТИЧНА ЦІННІСТЬ РОБОТИ полягає в розробці шлаколузних бетонів на заповнювачах різного мінерального складу і міцності, придатних для будівництва шарів дорожнього одягу без температурних швів, а також в розробці рекомендацій для проектування та техно-

логії використання цих бетонів у дорожньому будівництві.

ВПРОВАДЖЕННЯ результатів досліджень проведено при будівництві автомобільних доріг в Запорізькій області. Використання одержано - го шлаколужного бетону в дорожніх конструкціях дозволяє зекономити на 1 км дороги 600 м<sup>3</sup> міцного кондиційного щебеню і 80 т органічних в'язучих, які традиційно використовували на протязі останніх десятиліть у шляховому будівництві.

АПРОБАЦІЯ РОБОТИ: Основні положення дисертаційної роботи доповідалися та обговорювалися на: науково-технічній конференції молодих вчених і спеціалістів "Прискорення науковотехнічного прогресу в області проектування, будівництва, реконструкції та експлуатації автомобільних шляхів", 1985 р., м.Київ; X науково-технічній конференції молодих вчених і спеціалістів "Перспективні шляхи скорочення трудових, матеріальних і енергетичних витрат на основі використання раціональних конструкцій, матеріалів і технології в області дорожнього будівництва", 1985 р., м.Москва; IX науково-технічній конференції "Підвищення якості будівництва автомобільних доріг в нечорноземній зоні РРФСР", 1986 р., м.Володимир; республіканській конференції "Ресурсозберігаючі технології, структура і властивості дорожніх бетонів", 1989 р., м.Харків; 46-й науковій конференції професорсько-викладацького складу КАДІ, 1990 р., м. Київ.

По темі дисертації опубліковано 8 робіт.

ОБСЯГ І СТРУКТУРА ДИСЕРТАЦІЙНОЇ РОБОТИ. Дисертаційна робота викладена на 118 сторінках машино-друкарського тексту, складається із вступу, шести розділів, висновків, списку літератури із 108 найменувань, чотирьох додатків і містить 23 таблиці, 15 малюнків.

#### ЗМІСТ РОБОТИ.

На основі літературного огляду показано, що основні властивості бетонів, які забезпечують його довговічність, в значній мірі

залежать від структурних елементів бетону таких як цементний камінь, заповнювач і контактна зона між ними.

Оптимальна реалізація цих якостей дозволяє одержувати високо-ефективні будівельні матеріали.

В цьому напрямку досліджень відомі роботи І.М.Ахвердова, Б.М. Виноградова, С.С. Гордона, І.М. Грушко, Р.Л. Маїляна, І.О.Риб"єва та інших дослідників, які направлені на вивчення впливу заповнювачів на процеси структуроутворення.

Дослідження цих авторів показали, що основні властивості бетонів залежать від природи та міцності заповнювача, його пористості і зернового складу, виду і активності в"язучого, умов тверднення і визначаються станом контактної зони між заповнювачем і цементним каменем.

Разом з тим в роботах В.Л.Герасимчука, Г.В.Румини, В.Н.Старчука, В.Г.Шкляренка та інших авторів показано, що в шлаколуних бетонах заповнювачі не являються інертними, а вступають у взаємодію з компонентами шлаколуного в"язучого у період його гідратації з утворенням, в залежності від мінерального складу заповнювачів, лужних і змішаних лужно-лужноземельних гідроалюмосилікатів, які забезпечують високі фізико-механічні властивості контактної зони.

Аналіз досвіду використання уже відомих шлаколуних бетонів у дорожніх конструкціях показує, що при будівництві шарів дорожнього одягу з цих матеріалів необхідно передбачити влаштування температурних швів, що значно ускладнює технологію.

Крім цього, відомі дослідження шлаколуних бетонів не враховують умов роботи матеріалів в дорожніх конструкціях, які полягають в дії багаторазових короткочасних навантажень.

Аналіз наявних дослідних і експериментальних даних з цієї проблеми дозволив висунути гіпотезу про можливість одержання ефек-

тивних шлакодушних бетонів із кам'яних матеріалів різного мінерального складу і міцності для дорожніх одягів нежорсткого типу шляхом спрямованого формування структури з урахуванням комплексу фізико-механічних властивостей, які визначають їх експлуатаційні характеристики.

У відповідності з цим в роботі поставлені наступні завдання:

- вивчення впливу виду заповнювача на фізико-механічні та деформативні властивості шлакодушного бетону, які забезпечують його довговічність з урахуванням особливостей роботи бетону в конструкціях дорожнього одягу ;

- дослідження фізико-хімічних процесів, які відбуваються в контактній зоні шлакодушного бетону в залежності від мінерального складу заповнювачів і розробка методів керування цими процесами ;

- визначення технологічних особливостей приготування шлакодушних бетонів і використання їх у шляховому будівництві, а також розробка вимог до них і встановлення їх розрахункових характеристик ;

- розробка раціональних конструкцій дорожнього одягу з шарами із таких матеріалів, а також рекомендацій по проектуванню і технології будівництва шарів нежорстких дорожніх одягів із шлакодушних бетонів ;

- впровадження одержаних шлакодушних бетонів у дорожнє будівництво та встановлення їх економічної ефективності.

Для проведення досліджень використовували широко розповсюджені на Україні вивержені та осадкові гірські породи: вапняки органогено-хемогенний Сулятицького родовища Вінницької області і органогенний /черепашник/ родовища Кутур Кримської області, пісковики кварцитовидний родовища Баничі Сумської області і кварцево-полевошпатовий родовища Озаринецьке Вінницької області, гранітні матеріали родовищ Тальне Черкаської області, Малинське

Ентомирської області і Волноваха /жорства/ Донецької області. Крім жорстви всі кам'яні матеріали використані у вигляді відсівів від дріблення з розміром часток менше 10 мм.

Як компоненти в'язучого використовували доменний молотий гранульований шлак з  $M_0=1,12$  и  $M_a=0,15$ , мелений до питомої поверхні 350 м<sup>2</sup>/кг і содолужний плав.

Фізико-механічні властивості шлаколужного бетону вивчали за допомогою стандартних методик згідно з вимогами ГОСТ 23558.

Для вивчення процесів структуроутворення був використаний комплекс сучасних фізико-хімічних методів досліджень, які дозволяють визначити фізико-механічні характеристики контактної зони, розподілення концентрації основних хімічних елементів в цій зоні, склад новоутворень, а також її мікроструктуру.

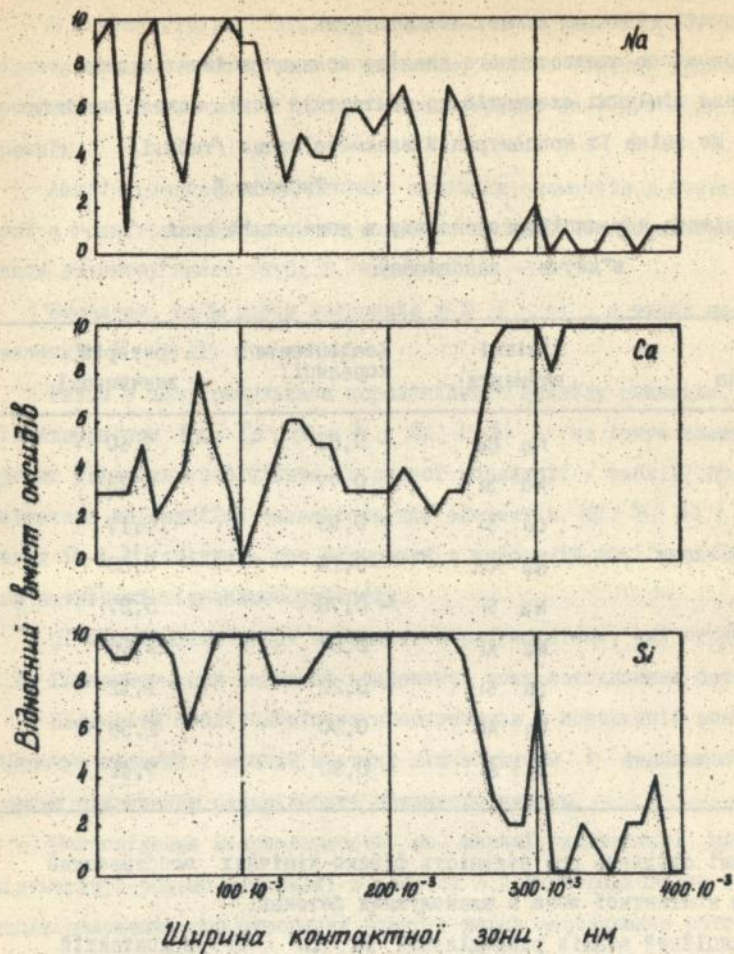
Отримані результати оброблені методом парної та множинної кореляції з використанням ЕОМ.

Роботу шлаколужного бетону на утомленість під дією повторних навантажень вивчали за допомогою пульсатора ДержшляхНДІ.

Враховуючи відомі закономірності формування мікроструктури шлаколужного бетону вивчали процеси, що відбуваються в контактній зоні в'язуче-заповнювач, з точки зору їх впливу на властивості бетону, які визначають його довговічність в умовах тривалої експлуатації.

Природа новоутворень, які виникають в зоні контакту в'язуче-заповнювач, визначається вмістом і характером розподілення в ній, в першу чергу, лужних металів натрію і калію, а також інших хімічних елементів, які містяться в їх складі.

Аналіз розподілення основних хімічних елементів в контактній зоні шлаколужного бетону на вапняковому заповнювачі показав, що по мірі наближення до умовної лінії контакту із сторони зерна заповнювача спостерігається підвищення концентрації натрію /мол.І/, що



Мал.І. Концентраційні криві розподілення оксидів Na, Ca та Si в контактній зоні "в"якуче - вадняк"

можна пояснити синтезом лужних новоутворень.

За допомогою статистичного аналізу концентраційних кривих розподілення хімічних елементів по контактній зоні можна зробити висновок, що зміна їх концентрацій взаємозв'язана /табл.І/.

Таблиця І

Результати кореляційного аналізу в контактній зоні  
в"яжуче – заповнювач

Назва заповнювача	Хімічні елементи	Коефіцієнти кореляції	Критерій значимості
вапняк	Na Ca	- 0,83	7,40
	Na Si	0,77	6,23
	Ca Si	- 0,93	10,17
	Na Ca	0,16	0,83
граніт	Na Si	- 0,78	5,27
	Na Al	0,54	3,06
	Ca Si	- 0,22	1,12
	Ca Al	0,30	1,58
	Si Al	- 0,90	7,41

Ці дані свідчать про наявність фізико-хімічних особливостей формування контактної зони в шлаколужних бетонах.

Кореляційний аналіз розподілення Na, Ca і Si в контактній зоні в"яжуче – вапняк показав тісний взаємозв'язок між цими елементами, який в присутності підвищеної концентрації Na в контактній зоні сприяє утворенню низькоосновних труднорозчинних гідросилікатів Ca, а також виключає можливість утворення портландиту.

В контактній зоні між шлаколузкими в'язучими і гранітом, на відміну від контактної зони з вапняком, фізико-хімічні процеси протікають при наявності низької концентрації Са і високого вмісту кремнію.

Аналіз розподілення основних хімічних елементів в контактній зоні з гранітним заповнювачем показав, що зміна їх концентрацій також взаємозв'язана /табл.І, мал.2/.

Виявлено, що Na добре взаємодіє з Si і Al, а також має місце взаємодія Si і Al між собою.

Разом з цим, результати кореляційного аналізу показали, що між елементами Na і Са, Са і Si, Са і Al не існує взаємодії, про що свідчать коефіцієнти їх парної кореляції /табл.І/. Проте визначена кореляційна залежність для елементів Na і Si, Na і Al, а також Si і Al свідчить про утворення в контактній зоні низькоосновних натрієвих гідроалюмосилікатів.

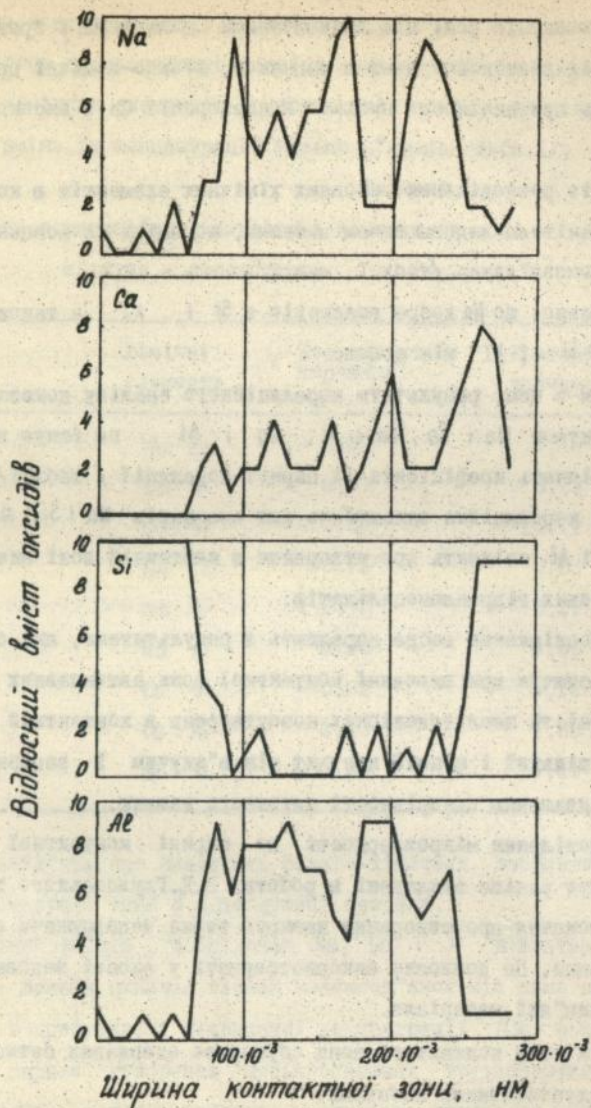
Ці дослідження добре корелюють з результатами, які отримав В.Л. Герасимчук при вивченні контактної зони автоклавних бетонів.

Наявність цезолітоподібних новоутворень в контактній зоні забезпечує щільний і міцний контакт між в'язучим і заповнювачем, сприяє підвищенню однорідності бетонного каменю.

Розподілення мікротвердості по ширині контактної зони підтверджує раніше викладені в роботах В.Д. Глуховського та його школи положення про створення навкруг зерна заповнювача обтискаючої оболонки. Це дозволяє використовувати у якості заповнювача маломіцні кам'яні матеріали.

Такий стан контактної зони обумовлює одержання бетону з високими експлуатаційними якість.

З метою визначення впливу становлених закономірностей формування мікроструктури шлаколузкого бетону на властивості, що обумовлюють його довговічність в дорожніх конструкціях, були вив-



Мал.2. Концентраційні криві розподілення оксидів Na, Ca, та Al в контактній зоні "в" ячуче - граніт"

чені фізико-механічні та деформативні властивості бетону.

Для оптимізації результатів визначення оптимального складу бетону був використаний метод математичного планування експерименту. Внаслідок проведення експерименту визначений оптимальний склад бетону, властивості якого відповідають вимогам ГОСТ 23558. При цьому вміст кам'яних матеріалів щільного зернового складу дорівнює 84,5...89,3 %, молотого гранульованого шлаку -10...15 %, лужного компоненту /Na<sub>2</sub>O/- 0,5...0,7 %.

З врахуванням особливостей процесів, які відбуваються в контактній зоні шлаколужних бетонів, визначений вплив виду заповнювача на кінетику росту міцності бетону.

Встановлено, що при використанні в якості заповнювача вапняків основний ріст міцності бетону спостерігається у період до 28 діб, а в шлаколужних бетонах на граніті - в період від 28 до 90 діб. Це можна пояснити особливостями мінерального складу і структури цих заповнювачів. Полімінеральність граніту являється позитивним фактором з точки зору структуроутворення. Але в зв'язку з тим, що процес синтезу лужних гідроалюмосилікатів тривалий, то бетон на гранітному заповнювачі набирає міцність довго.

Враховуючи те, що вміст шлаку в досліджуваних бетонах складає 10...15 %, була вивчена залежність міцності шлаколужного бетону від вмісту лужного компоненту.

Визначено, що оптимальний вміст лужного компоненту складає 5...6 % від маси шлаку, що погоджується з вимогами діючих нормативних документів.

Використання в дорожніх конструкціях шлаколужного бетону високої міцності потребує обов'язкового владштування температурних швів, що ускладнює технологію будівництва дороги.

Науковий та виробничий досвід шляховиків показує, що для будівництва дорожніх покриттів можна використовувати маломіцний

бетон при умові захисту його шаром із зносостійких матеріалів.

З метою визначення придатності одержаного бетону для будівництва шарів дорожнього одягу нежорсткого типу, вивчали температурну тріщиностійкість цих бетонів у віці півтора року шляхом порівняння температурних напружень, що виникають при великих перепадах температур, з опором бетону розтягненню.

Встановлено, що температурні напруження в досліджуваних бетонах значно нижчі, ніж опір розтягненню. Значення коефіцієнта лінійного розширення в 2 - 3 рази менше, ніж для портландцементного бетону однакової міцності. Тобто, при однакових умовах відносне подовження шлаколуних бетонів буде також меншим, ніж для портландцементного бетону. Це свідчить про те, що одержані шлаколухні бетони придатні для будівництва шарів дорожнього одягу нежорсткого типу.

Дослідження роботи шлаколуних бетонів на згин і стиснення показало, що внаслідок особливостей процесів структуроутворення ці бетони значно деформативніші, ніж портландцементні. Коефіцієнт їх деформативності  $R_{зг}/R_{ст}$  дорівнює 0,3...0,4, а для портландцементних - 0,1...0,2.

Для бетонів оптимального складу у віці 90 діб одержані кореляційні залежності між опорами стиску та згину

$$R_{ст} = 3,0 R_{зг} + 0,96,$$

а також між модулем пружності та опором згину

$$E_{пр} = 1,35 R_{зг} + 4,94.$$

З метою визначення здатності одержаних шлаколуних бетонів працювати в умовах дії повторних навантажень вивчали роботу бетону на утомленість під дією цих навантажень.

Встановлено, що шлаколухні бетони краще сприймають дію багаторазових навантажень, ніж матеріали однакової міцності на основі портландцементу. Про це свідчить одержаний коефіцієнт утомленості

шлаколужного бетону, який дорівнює 19,0...19,1. Коефіцієнт утомленості портландцементних бетонів дорівнює 18,0...18,7.

Внаслідок статистичної обробки результатів дослідження роботи шлаколужних бетонів під дією багаторазових короткочасних навантажень, побудовано графік утомленості цих матеріалів /мал.3/

Вивчення морозостійкості одержаних бетонів показало, що шлаколужні бетони оптимального складу на гранітному, а також на вапняковому заповнювачах у віці 90 діб мають високу морозостійкість і після 15 циклів заморожування і відтавання /ГОСТ 23558/ характеризуються коефіцієнтами морозостійкості 0,8...0,9.

Визначені технологічні особливості приготування шлаколужних бетонів та їх використання у дорожньому будівництві.

Показано, що одержані шлаколужні бетони мають позитивні особливості, які обумовлені характером процесів структуроутворення, що визначає більш "м'який" технологічний режим /порівняно з портландцементними сумішами/ при будівництві шарів дорожнього одягу.

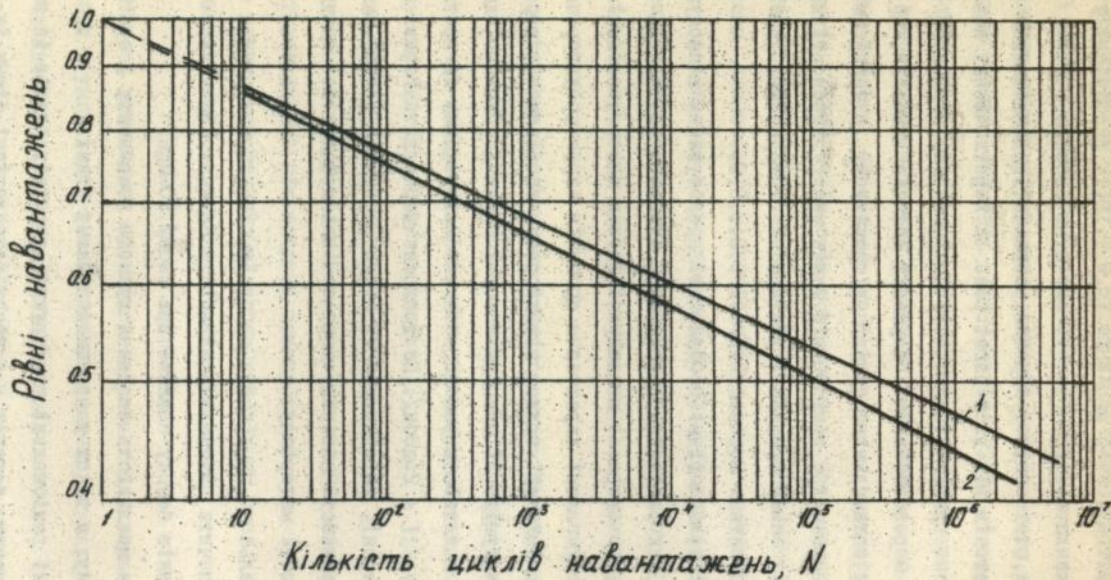
Виявлена можливість роботи з такими матеріалами на протязі тривалого часу / 1 - 2 доби/. Це дозволяє перевозити готові суміші на великі відстані, ущільнювати їх після перерви в роботі катків, виправляти нерівності поверхні шару та інші дефекти без значного зниження міцності матеріалу.

Для нормального протікання процесів структуроутворення необхідно забезпечити оптимальну щільність бетону. Досягнення такої щільності вразків бетону можливе при тиску 20 МПа.

Визначена можливість введення лужного компоненту у суміш у вигляді розчину, а також у порошкоподібному стані.

Розроблені раціональні конструкції дорожніх одягів із застосуванням одержаних бетонів, а також технологічні схеми їх будівництва.

Одержані шлаколужні бетони можна використовувати для



Мал.3. Графік руйнування шлаколузного (1) та портландцементного (2) бетону в під дію багаторазових короткочасних навантажень

будівництва основ автомобільних доріг всіх категорій і покриттів доріг IV-У категорій з обов'язковим влаштуванням шару зносу.

Ці бетони впроваджені при будівництві автомобільних доріг IV категорії в Запорізькій області.

Результати спостережень за станом цих доріг на протязі дев'яти років показують надійність таких матеріалів, а також ефективність їх використання у дорожньому будівництві.

На основі результатів лабораторних досліджень і вивчення служби шлаколуних бетонів у дорожніх конструкціях визначені розрахункові характеристики одержаних матеріалів /табл.2/, а також розроблені рекомендації для проектування і технології будівництва дорожніх одягів нежорсткого типу із цих матеріалів.

Таблиця 2

Розрахункові характеристики шлаколуних бетонів

Марка матеріалу	Опір згину, МПа	Модуль пружності, МПа
40	0,5 - 0,8	450 - 550
60	0,8 - 1,0	550 - 600
75	1,0 - 1,5	600 - 700
100	1,5 - 2,2	700 - 1000

#### ВИСНОВКИ

1. Теоретично визначена і експериментально підтверджена можливість одержання шлаколуних бетонів підвищеної довговічності на заповнювачах різного мінерального складу та міцності, придатних для будівництва дорожніх одягів нежорсткого типу і здатних працювати в умовах дії багаторазових короточасних навантажень.

2. Визначені основні закономірності формування макро- та

мікроструктури шлаколужного бетону, які обумовлені характером роботи бетону і видом заповнювача. Показаний взаємозв'язок цих процесів з основними властивостями одержаних бетонів, які визначають їх довговічність.

3. Показано, що в контактній зоні шлаколужних бетонів на гранітному заповнювачі, в якому основними породоутворюючими мінералами являються польові шпати, утворюються лужні гідроалюмосилікати, які забезпечують надійність експлуатації бетону, а на карбонатному заповнювачі в значній кількості утворюються мінерали типу кальциту та гідрокарбосилікатів, які приймають на себе функцію забезпечення довговічності матеріалу разом з гідросилікатами кальцію, що складають основну частину новоутворень, присутніх в контактній зоні.

4. З урахуванням визначених закономірностей формування макрота мікроструктури підібраний раціональний склад шлаколужних бетонів для будівництва дорожніх одягів нежорсткого типу. При цьому витрати кам'яних матеріалів щільного зернового складу складають 84,5... 89,3 %, молотого гранульованого доменного шлаку - 10 ... 15 %, лужного компоненту - 0,5 ... 0,7 % /перерахунок на Na<sub>2</sub>O/.

5. Вивчені фізико-механічні та деформативні властивості цього матеріалу, які характеризують його придатність для будівництва дорожніх одягів нежорсткого типу. Показана можливість регулювання властивостей бетону в широкому діапазоні / опір стиску - 2 ... 16 МПа, розтягненню при згині - 1 ... 6 МПа, модуля пружності - /6 ... 12/ · 10<sup>3</sup> МПа, коефіцієнтів водо- та морозостійкості - 0,8...0,9/ при раціональному співвідношенні компонентів суміші.

6. Визначено, що одержані шлаколужні бетони краще сприймають короткочасні багаторазові навантаження, ніж матеріали однакової міцності на основі портландцементу, про що свідчить коефіцієнт утомленості, який дорівнює 19,0...19,1 проти 18,0...18,7 у порт-

ландцементних.

7. На основі результатів проведених досліджень розроблені "Рекомендації по технології використання шлаколуного в"яжучого для зміцнення кам"яних матеріалів при будівництві шарів дорожнього одягу". Рекомендації затверджені науково-технічною радою Держшлях НДІ /протокол № 3 від 24 грудня 1985 року/.

8. Внаслідок дослідно-виробничого впровадження відпрацьований технологічний регламент будівництва шарів дорожнього одягу із одержаного матеріалу.

9. Показана ефективність використання шлаколуного бетону, яка полягає в можливості будівництва дорожніх одягів без влаштування температурних швів, а також в можливості зекономити на 1 км дороги 80 т органічних і 600 м<sup>3</sup> міцного кондиційного цементу.

Основні положення дисертації викладені в наступних роботах:

1. Опыт применения шлакощелочных вяжущих для обработки каменных материалов // Повышение качества строительства автомобильных дорог в нечерноземной зоне РСФСР: Тез. докл. IX науч.-техн. конф. - Владимир: 1986. - с.92-93 /соавтор И.З.Духовный/.

2. Рекомендации по технологии применения шлакощелочного вяжущего для укрепления каменных материалов при строительстве слоев дорожной одежды - Киев: Ротапринт треста "Оргдорстрой" Миндорстрой УССР, 1986. - 52 с. /соавторы В.Д. Глуховский, И.З. Духовный, О.Н.Рудая, Ф.И. Хацет, Л.А. Мозговая, В.В.Рудий/.

3. Шлакощелочные вяжущие // Автомобильные дороги. - 1987. - № 9. с.13 - 14 /соавторы И.З.Духовный, О.Н.Рудая, Л.А.Мозговая, В.В.Рудий/.

4. Шлакощелочные вяжущие для обработки каменных материалов Украины в дорожном строительстве // Ресурсооберегающие технологии,

структура и свойства дорожных бетонов: Тез. докл. республик. конф. - Харьков: 1989. - с. 210-211 /соавтор И.З.Духовный/.

5. Опыт применения шлакощелочных вяжущих при устройстве дорожных одежд // Автодорожник Украины. - 1989. - № 4. - с. 31 - 32 /соавторы Н.И.Шиленко, И.З.Духовный, В.В.Рудный/.

6. Процессы структурообразования в контактной зоне "Шлакощелочное вяжущее - заполнитель" // Цемент. - 1991. - № II - I2. - с. 64-70 /соавторы П.В.Кривенко, Г.В.Румына, И.З.Духовный, Б.С.Степченко/.

---

Підп. до друку 01.11.93

Формат 60×84<sup>1/16</sup>.

Папір друк. № 3 . Спосіб друку офсетний. Умови друк. арк. 4/6

Умови фарбо-відб. 1,39 . Обл.-вид. арк.

Тираж 100 . Зам. № 6247 . Безплатно.

---

Фірма «ВІПОЛ»

252151, Київ, вул. Волинська, 60.





4064012

Безплатно

Av 28.456