

ХАРКІВСЬКА ДЕРЖАВНА АКАДЕМІЯ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ

РАДЖУ БАДЕ ШРЕСТХА

УДК 625.855.3

**АСФАЛЬТОБЕТОНИ ПІДВИЩЕНОЇ ВОДОСТІЙКОСТІ НА
АКТИВОВАНИХ МІНЕРАЛЬНИХ МАТЕРІАЛАХ**

05.23.05 – Будівельні матеріали та вироби

АВТОРЕФЕРАТ

дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Харків – 2004

Дисертація є рукописом.

Робота виконана у Харківському національному автомобільно-дорожньому університеті Міністерства освіти і науки України на кафедрі технології дорожньо-будівельних матеріалів та кафедрі будівництва і експлуатації автомобільних доріг.

Науковий керівник: Доктор технічних наук, професор
Жданюк Валерій Кузьмович,
Харківський національний автомобільно-дорожній
університет,
завідувач кафедри будівництва і експлуатації
автомобільних доріг.

Офіційні опоненти: Доктор технічних наук, професор
Чернявський В'ячеслав Леонідович,
Харківський державний технічний університет
будівництва і архітектури,
завідувач кафедри фізико-хімічної механіки і технології
будівельних матеріалів та виробів;

Кандидат технічних наук, доцент
Гарбуз Алла Олегівна,
Харківська національна академія міського
господарства,
кафедра теоретичної і прикладної механіки

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

Захист дисертації відбудеться "21" жовтня 2004 року о 13³⁰ годині на засіданні спеціалізованої ради Д.64.820.02 при Українській державній академії залізничного транспорту за адресою 61050, м. Харків, майдан Фейєрбаха, 7.

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

Автореферат розісланий " 20 " вересня 2004 р.

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

Ватуля Г.Л.

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність роботи. Одним із розповсюджених видів руйнувань асфальтобетонних покриттів є лушення їх поверхні, що приводить далі до утворення вибоїн. Зазначений вид руйнувань прогресує в період відчутного зволоження покриття і при високих швидкостях руху автомобільного транспорту. Ще в більшій мері піддаються руйнуванню тонкі шорсткі шари зносу, улаштовані способом поверхневої обробки покриттів.

Причинами такого руйнування є недостатнє зчеплення бітуму з поверхнею зерен щебеню у складі дорожнього покриття. Низьке їх зчеплення обумовлене, насамперед, недостатньою поверхневою активністю мінерального матеріалу і низькими адгезійними властивостями в'язучого. Шорсткість, як одна з основних експлуатаційних характеристик покриття, традиційно забезпечується використанням щебеню із вивержених гірських порід. Висока міцність, опір стиранню і морозостійкість цього щебеню у покритті є основним аргументом на користь його використання. Одночасно, такі матеріали мають кислий характер поверхні й у більшості випадків саме вони характеризуються досить низькою водостійкістю бітумних плівок на своїй поверхні. Це проявляється у передчасному руйнуванні шорстких шарів зносу при агресивному впливі на них погодно-кліматичних факторів і транспортних засобів. Таким чином, актуальність роботи обумовлена необхідністю підвищення водостійкості бітумних плівок на поверхні мінеральних матеріалів з кислих гірських порід і, відповідно, довговічності асфальтобетонів і шорстких шарів зносу у покриттях автомобільних доріг.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційна робота виконана відповідно до плану науково-дослідних робіт ХНАДУ по темі "Розробка дорожніх матеріалів підвищеної довговічності" (2000-2002 р.), а також у рамках виконання госпдоговірних науково-дослідних робіт за темою № 47-05-01 "Дослідження властивостей і розробка пропозицій з використання залізистих кварцитів Комсомольського ГОК у будівництві" і №81-33-02 "Провести дослідження сучасних полімерних, поверхнево-активних, геосинтетичних, пластифікуючих, повітроутягуючих і інших добавок для виробництва дорожньо-будівельних матеріалів".

Мета роботи. Підвищення тривалої водостійкості асфальтобетонів для улаштування покриттів автомобільних доріг в умовах теплого і вологого клімату активацією поверхні мінеральних матеріалів хлоридом заліза.

Задачі досліджень.

1. Теоретично обґрунтувати вплив процесів взаємодії на границі розділу "бітум - активована хлоридом заліза поверхня мінеральних матеріалів" на тривалу водостійкість бітумомінеральних матеріалів.
2. Дослідити закономірності адсорбції бітумів різних структурних типів на поверхні мінеральних порошків різної природи.
3. Дослідити адсорбційну активність поверхні мінеральних порошків різного генезису, активованої хлоридом заліза, по відношенню до нафтового бітуму.

4. Дослідити взаємозв'язок хімічного складу мінеральних матеріалів, їх електроповерхневих властивостей, термодинамічних характеристик змочування і водостійкості бітумів на поверхні мінеральних підкладок різного генезису.
5. Дослідити вплив активації поверхні мінеральних матеріалів на водостійкість бітумних плівок і асфальтобетонів.
6. Здійснити виробничу перевірку результатів дослідження при улаштуванні покриттів автомобільних доріг, розробити рекомендації з технології приготування асфальтобетонних сумішей на активованих мінеральних матеріалах, дати економічне обґрунтування доцільності використання запропонованої технології.

Об'єкт дослідження. Процеси взаємодії бітумів з поверхнею мінеральних матеріалів, що обумовлюють водостійкість бітумомінеральних матеріалів у покритті автомобільної дороги.

Предмет дослідження. Асфальтобетони і бітумомінеральні матеріали підвищеної водостійкості.

Методи дослідження. Процеси взаємодії бітумів з мінеральними матеріалами вивчали із застосуванням фізико-хімічних методів дослідження: ІЧ-спектроскопії, рН-метрії, диференційно-термічного аналізу, оцінки ізотерм адсорбції спектроскопічним методом. У роботі також використовували стандартні методи дослідження фізичних і механічних властивостей бітумів, мінеральних матеріалів і асфальтобетонів, методи системного аналізу, натурних досліджень покриттів автомобільних доріг і статистичної обробки експериментальних даних.

Наукова новизна отриманих результатів. Вперше вивчені закономірності адсорбції бітумів різних структурних типів і їх компонентів (масел, смол і асфальтенів) із розчинів на поверхні монодисперсних мінеральних порошків різного генезису. Встановлена залежність величини адсорбції від температури, природи і концентрації адсорбенту, а також структурного типу бітуму. Встановлено, що швидкість досягнення адсорбційної рівноваги залежить від вмісту у бітумі асфальтенів. Показано, що характер залежностей величини адсорбції від концентрації адсорбенту в розчині і форма отриманих ізотерм адсорбції обумовлені агрегативним механізмом адсорбції бітумів. Встановлено, що активація поверхні кварцевого мінерального порошку хлорним залізом підвищує адсорбційну активність його поверхні.

За допомогою методу інфрачервоної спектроскопії доведена відсутність хімічної взаємодії в системі бітум - мінеральний порошок, активований хлорним залізом. Показано, що підвищення водостійкості бітумних плівок на мінеральній поверхні відбувається за рахунок утворення слабких водневих зв'язків при взаємодії бітумів з поверхнею мінерального порошку, активованої хлорним залізом.

Вперше встановлені кореляційні залежності між хімічним складом і електроповерхневими властивостями мінеральних порошків, термодинамічними характеристиками, а також показником водостійкості бітумів на поверхні мінеральних підкладок різної природи. Показано, що із

зростанням у складі мінерального матеріалу сумарного вмісту $\text{CaO} + \text{Mg} + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$, збільшується кількість ділянок мінеральної поверхні з позитивним і електронейтральним зарядом, що забезпечує зростання водостійкості бітумних плівок на поверхні.

Експериментально доведена ефективність активації поверхні кам'яних матеріалів розчином хлорного заліза, яка проявляється у підвищенні водостійкості бітумних плівок на поверхні зерен щебеню у складі шорстких шарів зносу, а також асфальтобетонних покриттів.

Практичне значення отриманих результатів полягає у встановленні взаємозв'язку між електроповерхневими властивостями, хімічним складом мінерального матеріалу, термодинамічними характеристиками змочування і показником водостійкості бітуму на його поверхні, на підставі якого можливо робити вибір складових асфальтобетону, здатних забезпечити його підвищену водостійкість у покритті; у розробці методу оцінки показника зчеплення в'язучого з мінеральною поверхнею, що дозволяє оперативно оцінювати ефективність активаторів і органічних в'язучих, призначених для влаштування шорстких шарів зносу способом поверхневої обробки; у розробці рекомендацій з технології активації щебеню водним розчином хлорного заліза для приготування асфальтобетонних сумішей і улаштування шорстких шарів зносу способом поверхневої обробки. Впровадження результатів роботи здійснено при улаштуванні 17500 м² шорстких шарів зносу способом поверхневої обробки з використанням гранітного щебеню, активованого водним розчином $\text{FeCl}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$, на автомобільній дорозі II категорії Харків - Щербаківка та автомобільній дорозі III категорії Запоріжжя – Маріуполь.

Особистий внесок здобувача складається із розробки програми і теоретичних передпомилок дослідження; обґрунтування способу активації поверхні зерен щебеню водним розчином термостійкого активатора; дослідження закономірностей адсорбції бітумів з розчинів на поверхні порошоків, показників водостійкості плівок бітуму на мінеральних підкладках різного генезису, встановлення оптимальної концентрації активатора, тривалої водостійкості і морозостійкості асфальтобетонів; встановлення взаємозв'язку між хімічним складом мінеральних матеріалів і показником водостійкості бітуму на їх поверхні, а також хімічним складом і електроповерхневими характеристиками мінеральних порошоків; розробки рекомендацій з технології активації щебеню водним розчином хлорного заліза для приготування асфальтобетонних сумішей і улаштування шорстких шарів зносу способом поверхневої обробки.

Апробація роботи. Основні положення дисертаційної роботи доповідались на міжнародній науковій конференції "Автомобільний транспорт і дорожнє господарство на рубежі 3-го тисячоріччя" (Харків, ХНАДУ, 2000 р.); 4-й Європейській науковій конференції молодих учених і наукових співробітників по транспорту, комунікаціям і зв'язку "TRANSCOM-2001" (м. Жиліна, Словацька Республіка, 2001р.); міжнародній науково-технічній конференції "Прогресивні технології і енергозбереження в дорожньому будівництві" (Київ, НТУ, 2001 р.); міжнародній науковій конференції "Досвід і

проблеми сучасного розвитку дорожнього комплексу України на етапі входження в Європейське співтовариство" (Харків, ХНАДУ, 2002 р.); 4-й міжнародній науковій конференції "Traffic effects on structures and environment" (м. Ражецьке Теплице, Словацька Республіка, 2002 р.); 5-й Європейській науковій конференції молодих учених і наукових співробітників по транспорту, комунікаціям і зв'язку "TRANSCOM-2003" (м. Жиліна, Словацька Республіка, 2003 р.); щорічних науково-методичних конференціях викладачів і наукових співробітників ХНАДУ (2000-2004 р.).

Публікації. Основні положення дисертаційної роботи і результати досліджень опубліковано у 11 наукових статтях, у тому числі 6 статей у виданнях за переліком ВАК, і 5 доповідей на міжнародних наукових конференціях.

Структура дисертації. Дисертаційна робота викладена на 148 сторінках і складається із вступу, 5 розділів, висновків, списку літератури із 146 найменувань, 3 додатків і містить 60 рисунків, 14 таблиць.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обґрунтована актуальність роботи, сформульована мета і задачі дисертаційного дослідження, наведено основні наукові результати, показано їх практичне значення і напрямки впровадження.

В першому розділі викладено стан наукової проблеми і дається аналіз літературних джерел, пов'язаних з тривалою водостійкістю асфальтобетонів. Аналіз робіт О.М. Агеєвої, І.М. Борща, В.І. Братчуна, О.В. Бусела, М.І Волкова, Л.Б. Гезенцвея, М.В. Горєлишева, В.К. Жданюка, В.О. Золотарьова, Я.М. Ковольова, І.В.Корольова, А.С.Колбановської, М.І. Кучми, А.І. Лисіхіної, В.В. Мозкового, А.О. Писанко, І.М. Руденської, А.В. Руденського, І.О. Риб'єва, В.М. Смирнова, Г.К. Сюньї, Л.Н. Ястребової, К. Лофлера, П. Пелтонена, К. Гусфельда та ін., дозволив встановити, що міцність адгезійних зв'язків на границі поділу бітум – поверхня мінерального матеріалу залежить від поверхневої активності як бітуму, так і кам'яного матеріалу. У багатьох роботах наголошується, що найменшою адсорбційною активністю по відношенню до компонентів бітуму характеризуються мінеральні матеріали, які характеризуються високим негативним зарядом поверхні. Значна частина робіт присвячена розробці способів підвищення тривалої водостійкості асфальтобетонів для покриттів автомобільних доріг.

Аналіз літературних джерел показав, що дотепер залишається недостатньо вивченим вплив генезису мінеральних матеріалів на закономірності адсорбції бітумів різних структурних типів, а також взаємозв'язок хімічного складу мінеральних матеріалів, їх електроповерхневих властивостей, термодинамічних характеристик змочування їх поверхні бітумом і водою та показника зчеплення бітуму з поверхнею мінеральних підкладок. Відсутні дані про вплив активації водними розчинами багатовалентних солей поверхні мінеральних матеріалів на їх адсорбційну активність, водостійкість

бітумних плівок на їх поверхні, а також тривалу водостійкість та морозостійкість асфальтобетонів. Не вивчена термічна стабільність таких активаторів та їх вплив на характер адсорбційних зв'язків, які утворюються при взаємодії бітуму з активованою мінеральною поверхнею.

В другому розділі сформульовані теоретичні передумови досліджень.

Однією із головних умов одержання водостійких асфальтобетонів є висока адгезія бітуму до поверхні мінеральних матеріалів. Для цього необхідно створення умов для прояву найбільшої поверхневої активності мінеральних компонентів і бітуму при їх об'єднанні.

Основними компонентами мінеральної частини асфальтобетону є кам'яні матеріали із кислих гірських порід, до складу яких входить значна кількість такого мінералу як кварц. Частина поверхні зерен мінерального матеріалу представлена силікатами із негативним зарядом поверхні. На негативно зарядженій поверхні кварцу, в результаті хімічної взаємодії з атмосферною вологою навколишнього повітряного середовища, утворюється декілька форм силанольних груп Si-OH, що сприяє легкому змочуванню поверхні водою. Чим більше силанольних груп буде присутньою на поверхні мінерального матеріалу, тим нижчою буде адсорбційна активність поверхні по відношенню до компонентів бітуму.

При взаємодії бітумів з поверхнею мінеральних матеріалів із кислих гірських порід між ними має місце електростатичне відштовхування, що приводить до формування слабких адгезійних зв'язків. Пов'язано це з тим, що електрокінетичний потенціал силікатів і алюмосилікатів, які складають основу кислих мінеральних матеріалів, має негативний знак, а у бітумі найбільш реакційно здатні сполуки теж мають від'ємний заряд. Отже, міцну адгезію між мінеральною частиною асфальтобетону і нафтовим бітумом можливо забезпечити зменшенням негативного заряду поверхні мінеральних зерен із кислих порід.

Відомо, що величину і знак електрокінетичного потенціалу мінеральних матеріалів можливо регулювати активацією їх поверхні електролітами, іони яких, адсорбуючись на поверхні, впливають на її заряд. У випадку кварцової поверхні такими електролітами є солі слабкої основи та сильної кислоти, розчини яких мають кислу реакцію. До таких солей належить найбільш розповсюджене хлорне заліза.

При активації поверхні мінерального матеріалу водним розчином хлорного заліза буде відбуватися надеквівалентна (специфічна) адсорбція протіонів під дією не кулонівських сил. В результаті подвійний електричний шар придбає складну трьохшарову структуру. При цьому потенціал у подвійному електричному шарі змінить не тільки значення, але і знак, що сприятиме, після висушування кам'яного матеріалу, зростанню адгезії бітуму до активованої поверхні мінерального матеріалу.

У третьому розділі наведена характеристика об'єктів і методів дослідження.

Як органічні в'язучі були використані 4 нафтові бітуми різних марок (ДСТУ 4044-2001) та 2 бітуми I і II структурних типів. Для приготування

електролітів використовувався $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ (ГОСТ - 4147-74). Для порівняльної оцінки ефективності хлорного заліза, як активатора мінеральної поверхні, були прийняті наступні органічні речовини: катіонна ПАР "УДОМ-1" і "АДБІТ" (ТУ У 30309233.001-2000), а також активатор мінеральних компонентів асфальтобетонних сумішей "АКМАК (ТУ У 24.6-30309233-008-2002).

Мінеральні порошки для дослідження хімічного складу та адсорбції бітумів були виготовлені помолом кам'яних матеріалів із різних гірських порід у лабораторному млині.

Для дослідження стандартних фізико-механічних властивостей, тривалої водостійкості і морозостійкості асфальтобетонів, були прийняті дрібнозернисті асфальтобетонні суміші, які готували на основі мінеральних матеріалів із граніту, а також пісковіку.

Як базова характеристика зчеплення бітуму з мінеральною поверхнею був прийнятий показник, який визначали згідно з ДСТУ Б.В.2.7.-81-98.

При дослідженні природи адсорбційних зв'язків, що утворюються при взаємодії бітумів з поверхнею не активованих і активованих мінеральних матеріалів, використовувався метод інфрачервоної спектроскопії. Величину адсорбції бітумів з розчинів у бензолі на поверхні різних мінеральних порошків вивчали на спектрометрі Spekol-11. Для дослідження термостійкості активатора був використаний прилад Derivatograph, Q-1500.

У четвертому розділі наведені результати експериментальних досліджень: особливостей адсорбції бітумів різних структурних типів з розчинів у бензолі на поверхні монодисперсних мінеральних порошків, отриманих подрібненням різних за походженням гірських порід; характеру адсорбційних зв'язків, які утворюються при взаємодії бітумів з мінеральними матеріалами; показників водостійкості бітумних плівок на поверхні мінеральних підкладок різного генезису; кореляційних зв'язків між хімічним складом мінеральних матеріалів, їх електроповерхневими властивостями та критеріями водостійкості бітумних плівок на їх поверхні; корозійної стійкості асфальтобетонів на основі активованих мінеральних матеріалів.

Узагальнення результатів дослідження показало, що швидкість встановлення адсорбційної рівноваги і величина адсорбції бітумів з розчинів у бензолі (рис.1) істотно залежить від структурного типу бітуму, природи мінерального порошку і температури (рис.2). Бітум I структурного типу у більшій мірі адсорбується на мінеральній поверхні, ніж бітум II структурного типу.

Експериментально оцінені ізотерми адсорбції нафтових бітумів з розчинів в бензолі на поверхні адсорбентів різної природи мають відмінності за формою кривих. Для деяких порошків вони характеризуються відсутністю області насичення, а для інших проходженням величини адсорбції через максимум із зростанням концентрації бітуму у бензолі (рис.3).

Рис.1. Кінетика адсорбції бітумів з розчину в бензолі на по верхні вапнякового (суцільні) і гранітного (пунктирні лінії) мінеральних порошоків. Температура 20°C.

(■) - бітум I структурного типу, (○) - бітум II структурного типу.

Рис. 2. Температурна залежність величини адсорбції бітумів на поверхні вапнякового (суцільні) і гранітного (пунктирні лінії) мінеральних порошоків. Концентрація бітуму в бензолі 0,7 г/100 мл. Концентрація адсорбенту в розчині 20 % мас.

Рис.3. Ізотерми адсорбції бітуму I структурного типу з розчину в бензолі на поверхні мінерального порошку із мармуровидного вапняку (1), вапняку (2), базальту (3), залістого кварциту (4), пісковика (5) і граніту (6). Концентрація порошку в розчині 20 % мас.
Температура 20 °C.

Максимум на ізотермах адсорбції характерний для порошоків із кислих гірських порід з меншою питомою поверхнею, порівняно з порошками із основних гірських порід. Експериментальними дослідженнями встановлено, що активація хлорним залізом кварцового мінерального порошку викликає зростання величини адсорбції бітуму на активованій поверхні. Встановлені характер залежностей величини адсорбції від концентрації адсорбенту у розчині та форма отриманих ізотерм адсорбції вказують на агрегативний механізм цього процесу.

Дослідження взаємодії бітуму, кварцового мінерального порошку і активатора, за допомогою інфрачервоного спектрофотометра Specord-M80, показали (рис.4), що активація поверхні порошку хлорним залізом практично не позначається на спектрах і свідчить про відсутність хімічної взаємодії між ними.

Рис. 4 ІЧ-спектри кварцового порошку (1), FeCl₃ (2), кварцового порошку активованого хлорним залізом (3), бітуму (4), асфальтов'яжучого на кварцовому порошку (5), асфальтов'яжучого на кварцовому порошку активованому хлорним залізом(6).

Порівняльний аналіз спектрів асфальтов'язучих показує, що спостерігається зміщення смуг 790 см^{-1} і 695 см^{-1} в область більш низьких частот, відповідно, до 780 см^{-1} та 680 см^{-1} . Виявлене зміщення вказаних смуг є свідченням утворення на границі розділу фаз слабких водневих зв'язків. Отримані дані можуть служити поясненням більш високої адсорбційної активності активованих хлорним залізом порошків, порівняно з не активованими.

Аналіз та узагальнення результатів дослідження хімічного складу мінеральних матеріалів, їх електроповерхневих властивостей, термодинамічних характеристик змочування поверхні водою і бітумом та стійкості бітумних плівок на поверхні мінеральних підкладок до агресивної дії води, дозволили встановити між ними кореляційні зв'язки. Встановлено, що із збільшенням у складі кам'яного матеріалу загальної кількості Al_2O_3 , Fe_2O_3 , CaO і MgO показник водостійкості бітуму на мінеральній поверхні зростає (рис. 5). Зменшення показника зчеплення бітуму з мінеральною поверхнею спостерігається при зростанні у складі кам'яного матеріалу SiO_2 (рис.6).

Рис. 5 Залежність показника водостійкості бітумної плівки на поверхні мінеральних матеріалів від сумарного вмісту в них Al_2O_3 , Fe_2O_3 , CaO і MgO

Рис. 6 Залежність показника водостійкості бітумної плівки на поверхні мінеральних матеріалів від сумарного вмісту в них SiO_2 .

Дослідженнями встановлено, що чим менше у складі гірської породи сумарного вмісту Al_2O_3 , Fe_2O_3 , CaO і MgO , та більше SiO_2 , тим більше часток мінерального порошку, отриманого помолом цього кам'яного матеріалу, мають негативний заряд поверхні (рис.7).

Експериментальними дослідженнями встановлено, що активація хлорним залізом мінеральних матеріалів різного походження забезпечує зростання показника водостійкості бітумних плівок на їх поверхні.

Рис. 7 Залежність кількості часток мінерального порошку з негатив-ним зарядом поверхні від сумарного вмісту у матеріалі Al_2O_3 , Fe_2O_3 , CaO і MgO

Отримані результати показують, що активація поверхні скла водним розчином хлорного заліза викликає підвищення стійкості бітумних плівок до відшаровуючої дії води (табл.1). При цьому, із зменшенням величини показника рН водного розчину активатора, зчеплення бітуму з мінеральною поверхнею підвищується і при концентрації 5-6 % хлорного заліза у воді досягає для в'язких бітумів практично постійного значення.

Таблиця 1

Вплив концентрації активатора на показник водостійкості бітумних плівок на поверхні скла

Марка бітуму	Показник рН водного розчину активатора / Концентрація активатора у водному розчині, %						
	без ативації	1,8 / 2	1,7 / 4	1,6 / 6	1,5/ 10	1,2/ 15	1,1/ 25
БНД 60/90	20,5	52,6	77,3	94,8	97,8	98	99
БНД 90/130	15,5	43,6	63,6	89	91	91,7	92
БНД 200/300	11,2	32,1	54,7	79,8	82,6	84,6	85,2

Результати дослідження показника зчеплення бітуму з поверхнею мінеральних пластин (рис.8) теж підтверджують кращу стійкість бітумних плівок до агресивної дії води на активованій поверхні.

Корозійну стійкість асфальтобетонів оцінювали за показником коефіцієнтів тривалої водостійкості (рис.9) та коефіцієнта морозостійкості (рис.10). Отримані результати показують, що активація хлоридом заліза поверхні зерен щебеню, як складової мінеральної частини асфальтобетонів, забезпечує зростання коефіцієнту як водостійкості так і морозостійкості.

Рис. 8 Гістограми показника водостійкості плівки бітуму БНД 90/130 на активованій (□) і неактивованій (■) поверхні: 1- слюда-мусковіт, 2- слюда-біотит, 3- кварц, 4- пісковик, 1р. і 2р. – граніти різних родовищ.

Рис. 9 Залежність коефіцієнту водостійкості від тривалості водонасичення асфальтобетонів на основі гранітного мінерального матеріалу із щебенем активованим хлорним залізом (1) та не активованим (2)

Рис. 10 Залежність коефіцієнту морозостійкості від кількості циклів замерзання-відтавання асфальтобе-тонів на основі гранітного міне-рального матеріалу із щебенем активованим хлорним залізом (1) та не активованим (2) щебенем.

У п'ятому розділі висвітлені напрямки реалізації та виробничої перевірки результатів дослідження.

За результатами досліджень розроблені рекомендації з технології активації щебеню водним розчином хлорного заліза для приготування асфальтобетонних сумішей і влаштування шорстких шарів зносу способом поверхневої обробки. Ефективність хлорного заліза, як активатора поверхні мінеральних матеріалів, перевірена при улаштуванні шорстких шарів зносу способом поверхневої обробки. Дослідні ділянки були побудовані у Харківській і Запорізькій областях з використанням гранітного щебеню, активованого хлорним залізом, та нафтового дорожнього бітуму. Активацію щебеню здійснювали змочуванням поверхні зерен щебеню 2 % водного розчину хлорного заліза з $pH = 1,65$. Загальна площа дослідної ділянки на автомобільній дорозі II категорії Харків-Щербаківка складала 3500 м^2 , а на дорозі III категорії Запоріжжя-Маріуполь - 14000 м^2 .

ВИСНОВКИ

1. Теоретично і експериментально доведено, що ефективним способом підвищення адсорбційної і адгезійної активності мінеральних матеріалів по відношенню до нафтових дорожніх бітумів і, як наслідок, тривалої водостійкості асфальтобетонів на їх основі, є активація хлорним залізом поверхні кам'яних матеріалів із кислих гірських порід.

2. Досліджені закономірності адсорбції бітумів і їх компонентів (масел, смол і асфальтенів) із розчинів на поверхні монодисперсних мінеральних порошків, отриманих подрібненням різних за походженням гірських порід. Встановлено вплив температури, структурного типу бітуму, походження адсорбенту і його концентрації на величину адсорбції. Вивчено вплив природи адсорбенту і структурного типу бітуму на швидкість встановлення адсорбційної рівноваги. Характер залежності величини адсорбції від концентрації адсорбенту у розчині і форма отриманих ізотерм адсорбції вказують на агрегативний механізм адсорбції. Експериментально показано, що активація поверхні кварцового мінерального порошку хлоридом заліза підвищує її адсорбційну активність по відношенню до нафтового бітуму.

3. Методом ІЧ-спектроскопії встановлено, що при взаємодії нафтових дорожніх бітумів з поверхнею мінеральних матеріалів із кислих гірських порід відбувається фізична адсорбція компонентів бітуму. Встановлено утворення

слабких водневих зв'язків при взаємодії функціональних груп бітуму з активованою хлоридом заліза поверхнею кварцового порошку, що впливає на формування міцних адгезійних зв'язків які забезпечують високу водостійкість бітумних плівок на мінеральній поверхні.

4. Вперше встановлені кореляційні залежності між хімічним складом і електроповерхневими властивостями мінеральних порошоків різного генезису, а також показником зчеплення бітумів з поверхнею мінеральних підкладок різної природи. Із зростанням у складі мінерального матеріалу сумарного вмісту $\text{CaO} + \text{MgO} + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$ кількість ділянок мінеральної поверхні з позитивним і електронейтральним зарядом зростають, що забезпечує високий показник водостійкості бітумних плівок. Показано, що із збільшенням у складі мінерального матеріалу вмісту діоксиду кремнію показник водостійкості бітумних плівок істотно знижується.

5. Експериментально доведено, що попередня активація водним розчином хлориду заліза мінеральних матеріалів із кислих гірських порід викликає підвищення стійкості бітумних плівок на їх поверхні до агресивної відшаровуючої дії води. При цьому, із зростанням величини показника рН водного розчину активатора, показник зчеплення бітуму з мінеральною поверхнею підвищується і, при концентрації 5 – 6 % мас. $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ у воді (рН = 1,65), досягає для в'язких бітумів практично постійного значення.

6. Встановлено, що ефективним способом підвищення водостійкості асфальтобетонів є вибіркова активація водним розчином солі слабкої основи і сильної кислоти ($\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) крупної складової мінеральної частини асфальтобетонних сумішей із кислих гірських порід. Порівняльне дослідження коефіцієнтів тривалої водостійкості показує, що асфальтобетони на основі мінеральних матеріалів із пісковика і граніту, активованого хлорним залізом, характеризуються більш високими значеннями коефіцієнта у порівнянні із звичайним асфальтобетоном. Активація щебеню, як складової мінеральної частини асфальтобетонної суміші, забезпечує також підвищення коефіцієнта морозостійкості асфальтобетону на 18 %, у порівнянні із традиційним асфальтобетоном.

7. Розроблені рекомендації з технології активації щебеню водним розчином хлорного заліза для приготування асфальтобетонних сумішей і улаштування шорстких шарів зносу способом поверхневої обробки. Результати досліджень впроваджені Запорізьким і П'ятихатським ДЕП при улаштуванні на автомобільних дорогах Запоріжжя - Маріуполь та Харків – Щербаківка тонких шорстких шарів зносу способом поверхневої обробки з використанням щебеню активованого хлорним залізом.

Основні положення дисертації опубліковані у наступних роботах:

1. Шрестха Р.Б., Жданюк В.К. Исследование взаимодействия битума с минеральными порошками различной природы // Материалы международной научной конференции «Автомобильный транспорт и дорожное хозяйство на рубеже 3-го тысячелетия», Секция «Транспортное строительство». – Харьков: ХГАДТУ. - 2000. – С.164-165.

Особиста участь – здобувачем виконані експериментальні дослідження особливостей взаємодії бітумів I і II структурних типів з дрібнодисперсними мінеральними матеріалами різної природи.

2. Шрестха Р.Б., Жданюк В.К. Активация поверхности минеральных материалов как условие повышения водостойчивости битумных пленок // Коммунальное хозяйство городов.-Київ, Техніка: 2001.- Серия: Технические науки.- 2001.- Вып. 30.- С.152-157.

Особиста участь – здобувачем розроблена програма експерименту та виконані дослідження водостійкості плівок бітумів різної в'язкості на активованій і неактивованій поверхні скла і мінеральних підкладок.

3. Shrestha R.B., Zhdaniuk V.K. The features of bitumen's adsorption from solutes on a surface of mineral powders of a different genesis // 4-th European Conference of Young Research and Science Workers in Transport and Telecommunications.- Section 7.- Zilina, Slovak Republic.- 2001.- p. 87-90.

Особиста участь – здобувачу належить експериментальне дослідження адсорбційної активності мінеральних порошків різної природи, узагальнення результатів.

4. Жданюк В.К., Шрестха Р.Б. Особенности адсорбции битумов из растворов на поверхности минеральных порошков различного происхождения // Науковий вісник будівництва.-Харків: ХДТУБА, ХОТВ АБУ,- 2001.- Вип. 14.- С. 107-111.

Особиста участь – здобувачем експериментально вивчено вплив походження адсорбенту на швидкість встановлення адсорбційної рівноваги та виконано аналіз і узагальнення результатів дослідження.

5. Жданюк В.К., Поясник Г.В., Шиленко М.І., Шрестха Р.Б. Порівняльні дослідження тривалої водостійкості асфальтобетонів на основі мінеральних матеріалів різного походження // Автомобільні дороги і дорожнє будівництво.- 2001.- Вип. 62.- С.107-111.

Особиста участь – здобувачем досліджена тривала водостійкість асфальтобетонів на основі гранітних та вапнякових мінеральних матеріалів.

6. Шевченко В.П., Шрестха Р.Б., Жданюк В.К. Дослідження методом ІЧ-спектроскопії взаємодії нафтових бітумів з мінеральними матеріалами різної природи // Автошляховик України.- 2002.- № 1.- С.32-33.

Особиста участь – здобувачем виконана підготовка зразків та проведені експериментальні дослідження властивостей асфальтов'язучих.

7. Жданюк В.К., Шрестха Р.Б. Забезпечення водостійкості бітумних плівок на поверхні зерен щебеню призначеного для влаштування поверхневої обробки // Автошляховик України.- 2002.- № 2.- С. 35-36.

Особиста участь – здобувачем проведені дослідження впливу походження мінеральних матеріалів на водостійкість бітумних плівок і здійснена обробка результатів.

8. Шрестха Р.Б. К вопросу об оценке адгезионной активности битумов // Материалы международной научной конференции «Опыт и проблемы современного развития дорожного хозяйства Украины на этапе вхождения в Европейское сообщество».- Харьков, ХНАДУ.-2002.- С.130-132.

9. Zhdaniuk V.K., Shrestha R.B. Activation of mineral surface as a condition of increase durability of road and bridge covering from bitumen's minerals mixes // Traffic effects on structures and environment: IV International conference.- Slovakia, Rajecke Teplice.- 2002.- p.59-62.

Особиста участь – здобувачем здійснено вибір і підготовку зразків, проведені експериментальні дослідження та виконана обробка результатів.

10. Zhdanyuk V.K., Shrestha R.B., Masyuk Y.A. Research of interaction of petroleum bitumens with mineral materials by a method infrared spectroscopy // Transcom 2003 5-th European Conference in Transport and Telecommunications, Section 7.- 2003.- p.41-44.

Особиста участь – здобувачеві належить підготовка зразків, проведення експерименту, обробка результатів, формулювання висновків.

11. Жданюк В.К., Івженко А.О. Шрестха Р.Б., Вплив хімічного складу кам'яних матеріалів на показник зчеплення з нафтовими бітумами // Автошляховик України.- 2004.- №1.- С 39-40.

Особиста участь – здобувачеві належить аналіз результатів, обґрунтування та побудова кореляційних залежностей.

АНОТАЦІЯ

Раджу Баде Шрестха. Асфальтобетони підвищеної водостійкості на активованих мінеральних матеріалах – Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.23.05 – Будівельні матеріали та виробництво. – Українська державна академія залізничного транспорту, Харків, 2004.

У роботі встановлені закономірності адсорбції бітумів різних структурних типів на поверхні мінеральних порошків, отриманих помолом різних за походженням гірських порід. Показано, що активація водним розчином хлорного заліза кварцового мінерального порошку з від'ємним зарядом поверхні підвищує її адсорбційну активність відносно бітуму.

Досліджено вплив активації хлорним залізом мінеральних матеріалів різного походження на адгезійну активність їх поверхні по відношенню до бітумів різної марочної в'язкості. Вперше встановлена кореляційна залежність між хімічним складом, електроповерхневими властивостями мінеральних матеріалів різного походження, термодинамічними характеристиками змочування їх поверхні, а також показником водостійкості бітумів на поверхні мінеральних підкладок. Показано, що із зростанням у складі мінерального матеріалу сумарного вмісту $\text{CaO} + \text{MgO} + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$, кількість ділянок мінеральної поверхні з позитивним і електронейтральним зарядом поверхні та показник водостійкості бітумних плівок зростають.

У відношенні асфальтобетону, виготовленого на основі гранітних мінеральних матеріалів з активованим щебенем, встановлено зростання його тривалої водостійкості і морозостійкості. Розроблені рекомендації з технології активації щебеню водним розчином хлорного заліза для приготування асфальтобетонних сумішей і влаштування шорстких шарів зносу способом

поверхневої обробки та виконано виробниче впровадження результатів дослідження.

Ключові слова: мінеральний порошок, бітум, хлорне залізо, розчин, активатор, змочування, поверхня, адсорбція, адгезія, водостійкість, фізико-механічні властивості, асфальтобетон.

АНОТАЦІЯ

Раджу Баде Шрестха. Асфальтобетони підвищеної водоустойчивості на активированих мінеральних матеріалах – Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.23.05 – Строительные материалы и изделия. – Украинская государственная академия железнодорожного транспорта, Харьков, 2004.

В работе определены закономерности адсорбции битумов разных структурных типов на поверхности минеральных порошков, полученных помолом разных по происхождению горных пород. Показано, что активация водным раствором хлорного железа кварцевого минерального порошка с отрицательным зарядом поверхности повышает ее адсорбционную активность относительно битума. Методом ИК-спектроскопии подтверждено, что при взаимодействии нефтяных дорожных битумов с поверхностью минеральных материалов из кислых горных пород происходит физическая адсорбция компонентов битума. Установлено образование слабых водородных связей при взаимодействии функциональных групп битума с активированным хлоридом железа поверхностью кварцевого порошка, что оказывает влияние на формирование прочных адгезионных связей обеспечивающих высокую водоустойчивость битумных пленок на минеральной поверхности.

Исследовано влияние активации хлорным железом минеральных материалов разного происхождения на адгезионную активность их поверхности по отношению к битумам разной марочной вязкости. Впервые установлена корреляционная зависимость между химическим составом, электроповерхностными свойствами минеральных материалов разного происхождения, термодинамическими характеристиками смачивания их поверхности, а также показателем водостойкости битумов на поверхности минеральных подложек. Показано, что с увеличением в составе минерального материала суммарного содержания $\text{CaO} + \text{MgO} + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$, количество участков минеральной поверхности с позитивным и электронейтральным зарядом поверхности и показатель водостойкости битумных пленок увеличиваются.

Установлено, что эффективным способом повышения водоустойчивости асфальтобетонных смесей является избирательная активация крупной составляющей минеральной части асфальтобетонных смесей из кислых горных пород водным раствором гидролизующейся соли слабого основания и сильной кислоты ($\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$). Сравнительное изучение коэффициентов длительной водоустойчивости показывает, что асфальтобетоны на основе минеральных материалов из песчаника и гранита, активированных хлоридом железа,

характеризуются более высокими значениями коэффициента по сравнению с обычными асфальтобетонами. Активация щебня, как составляющей минеральной части асфальтобетонной смеси, обеспечивает также повышение коэффициента морозоустойчивости асфальтобетона на 18 %, по сравнению с традиционным асфальтобетоном.

Разработаны рекомендации по технологии активации щебня водным раствором хлорного железа для приготовления асфальтобетонных смесей и устройства шероховатых слоев износа способом поверхностной обработки и выполнено производственное внедрение результатов исследования.

Ключевые слова: минеральный порошок, битум, хлорное железо, раствор, активатор, смачивание, поверхность, адсорбция, адгезия, водостойкость, физико-механические свойства, асфальтобетон.

ABSTRACT

Raju Bade Shrestha. Asphalt concretes with high water-resistance on activated mineral materials. – 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, Kharkiv, 2004.

Adsorption regularities of bitumen of different structural types on the surface of mineral powders, produced by milling of rocks of different origin, have been determined in the work. It has been shown that activation with water solution of chloride of iron of quartz mineral powder with negative charge of surface increases its adsorption activity relatively bitumen.

The influence of activation of mineral materials of different origin by chloride of iron on adhesion activity of their surface in relation to bitumen of different viscosity has been investigated. Correlation dependency between chemical composition, electro-superficial properties of mineral materials of different origin, thermodynamic characteristics of wetting of their surface and parameter of water-resistance of bitumen on the surface of mineral substrate has been determined for the first time. It has been shown that the number of areas of mineral surface with positive and electro neutral charge of the surface and parameter of water-resistance of bitumen films increase when the total content of $\text{CaO} + \text{MgO} + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$ in the composition of mineral material increases.

In respect of asphalt concrete, prepared on the basis of granite mineral materials with activated crushed stone, the increase of its long term water-resistance and freeze-resistance has been determined. Recommendations on the technology of crushed stone activation by water solution of chloride of iron for asphalt concrete mix preparation and surface dressing installation by bituminous treatment have been developed. Industrial introduction of investigation results has been done.

Key words: mineral powder, bitumen, chloride of iron, solution, activator, wetting, surface, adsorption, adhesion, water-resistance, physico-mechanical properties, asphalt concrete.

