

Міністерство освіти і науки, молоді та спорту України
Українська державна академія залізничного транспорту

ТОЛМАЧОВ Сергій Миколайович

УДК 620.18/666.972+69.04

**РОЗВИТОК ТЕОРІЇ РУЙНУВАННЯ І СТІЙКОСТІ ДОРОЖНІХ
ЦЕМЕНТНИХ БЕТОНІВ ПРИ ДІЇ АГРЕСИВНИХ ФАКТОРІВ**

05.23.05 – будівельні матеріали та вироби

Автореферат
дисертації на здобуття наукового ступеня
доктора технічних наук

Харків – 2013

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана в Харківському національному автомобільно-дорожньому університеті Міністерства освіти і науки, молоді та спорту України на кафедрі технології дорожньо-будівельних матеріалів.

Науковий консультант: Лауреат Державної премії України в галузі науки та техніки, академік Транспортної академії України, доктор хімічних наук, професор **Плугін Аркадій Миколайович**, Українська державна академія залізничного транспорту, професор кафедри будівельних матеріалів, конструкцій та споруд.

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор **Вандоловський Олександр Георгійович**, Харківський національний університет будівництва та архітектури, завідувач кафедри будівельних матеріалів та виробів;

доктор технічних наук, професор **Зайченко Микола Михайлович**, Донбаська національна академія будівництва і архітектури, завідувач кафедри технології будівельних конструкцій, виробів і матеріалів;

доктор технічних наук, професор **Солодкий Сергій Йосифович**, Національний університет "Львівська політехніка", завідувач кафедри автомобільних шляхів.

Захист відбудеться «__» _____ 2013 р. о ____ годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 64.820.02 в Українській державній академії залізничного транспорту за адресою: 61050, м. Харків, пл. Фейєрбаха, 7.

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

Автореферат розісланий «__» _____ 2013 р.

Учений секретар
спеціалізованої вченої ради,
кандидат технічних наук, доцент



Г.Л. Ватуля

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність роботи. В останні роки на Україні значно збільшуються обсяги дорожнього будівництва. Це пов'язано з реконструкцією старих бетонних покриттів, які, в основному, перекриваються асфальтобетоном, а також з будівництвом нових доріг і майданчиків з цементобетонним покриттям.

При твердінні дорожніх бетонів в природних умовах, особливо в початковий період, з них відбувається інтенсивне випаровування вологи, яке призводить до розпушення бетону на певну глибину. При одночасному впливі на поверхню бетону в умовах експлуатації стираючих навантажень від транспорту і змінного насичення-висушування у водних розчинах солей дорожні бетони швидко руйнуються. Використання дрібних заповнювачів, а також побічних продуктів металургійної, гірничодобувної та паливно-енергетичної промисловості, дозволених для виготовлення бетонів, призводить до зниження якості одержуваних цементних бетонів і, при цьому, збільшення витрат в'язучого.

Особливо небезпечно їх застосування для дорожніх цементних бетонів, які, як зазначалося, працюють в складних експлуатаційних умовах дії автотранспорту з поєднанням інтенсивних руйнуючих механічних навантажень і впливів агресивного середовища, постійного підвищення вантажопідйомності і інтенсивності дорожнього руху.

Традиційно для захисту бетону в покритті в початковий період застосовують його укриття різними способами і матеріалами – поліетиленовими плівками, шаром піску або (що більш ефективно) нанесенням синтетичних плівкоутворювальних речовин. Однак, використання цих способів і матеріалів малоефективне, часто погіршує якість поверхні бетону, створює ділянки його руйнування, підвищує вартість бетону.

Основною причиною відсутності ефективних методів і способів захисту від інтенсивного зношення покриттів з дорожнього бетону, на наш погляд, є недосконалість теоретичних уявлень про механізми руйнуючого впливу різних факторів, і, в першу чергу, первинних процесів практично всіх руйнуючих факторів – змочування, випаровування. Традиційні уявлення найчастіше мають характер їх описування, не відображають дійсних руйнуючих сил і сил, які їм перешкоджають.

У зв'язку з цим тема дисертації, яка присвячена створенню нових кількісних теоретичних уявлень про дійсні механізми руйнування і захисту від руйнування дорожнього бетону, є актуальною і значущою для науки про бетони і їх експлуатацію.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертація виконана на кафедрі технології дорожньо-будівельних матеріалів Харківського національного автомобільно-дорожнього університету у відповідності з галузевими планами НДДКР і темами: № ДР 0102U006644 «Надати Рекомендації по розрахунку и проектуванню складів і технології виготовлення водонепроникних морозо- і корозійностійких бетонів для монолітного і

збірномонолітного будівництва транспортних споруд»; № ДР 0105V002681 «Розробити технологію виготовлення бетонних виробів на основі вміщуючих гірських порід»; № ДР 0105V004116 «Визначення морозостійкості зразків бетону на основі цементів трьох різних марок і надання заключення за результатами іспитів»; № ДР 0106U011142 «Визначення фізико-механічних характеристик зразків цементного бетону з покриття автомобільної дороги Харків-Сімферополь»; № ДР 0106U011143 «Проведення випробувань дорожніх бетонів при будівництві ділянок автомобільної дороги»; № ДР 0106U011144 «Розробка виробничих складів цементних бетонів при реконструкції автомобільної дороги Харків-Красноград-Перещепіно »; № ДР 0106V008830 «Підбір складів дорожніх та мостових бетонів і оцінка їх якості»; № ДР 0106V011142 «Розробити методику визначення зносостійкості дорожнього цементного бетону»; № ДР 0108V007434 «Розробити технологію використання поліпропіленової фібри при виготовленні монолітних цементобетонних конструкцій»; № ДР 0110U004478 «Розробити склади и технологію виготовлення дорожніх цементних бетонів з оптимізованим повітряутягненням»; № ДР 0110U008122 «Розробка складу фіброцементобетону для улаштування верхнього шару покриттів аеродрому ДП «МА «Львів»»; № ДР 0109U008122 «Науково-технічний супровід при будівництві цементобетонних верхніх шарів аеродромного покриття в аеропорті м. Харкова»; № ДР 0110U004478 «Розробити рекомендації та технологічний регламент на виготовлення бетонних бортових каменів з морозостійкістю не менше F300» – у всіх роботах керівник тем.

Мета дослідження – розробка нових теоретичних основ руйнування та довговічності дорожніх бетонів, технологічних способів і матеріалів для захисту їх від руйнування і підвищення довговічності на основі традиційних і нових закономірностей колоїдної хімії та фізико-хімічної механіки дисперсних систем і матеріалів.

Наукова гіпотеза – в основі руйнування і довговічності дорожнього бетону (як і інших матеріалів) лежить структура на різних рівнях – молекулярному (мономірні молекули води), надмолекулярної (асоціати і кластери з них, комплекси гідратів і гідратованих іонів), субмікроскопічному, мікроскопічному, мезо- і макрорівнях, що визначаються розмірами відповідних структурних елементів. Структура – це розташування структурних елементів у просторі під впливом сил взаємодії (міцності контактів) між ними. В залежності від інтенсивності цих сил складові бетону, бетонна суміш та бетон можуть знаходитися в різному стані – пароподібному, текучому, пластичному, твердому і міцному. Руйнування бетону і зниження довговічності – це руйнування або втрата несучих контактів між структурними елементами або розчинення структурних елементів. Несучими довговічними контактами є електрогетерогенні контакти (ЕГК), утворені одиничними ЕГК між потенціалвизначальними іонами (ПВІ) з протилежними зарядами (зазвичай Ca^{2+} і OH^-). Міцними, але неводостійкими можуть бути гомогенні одиничні контакти з одним загальним шаром протиіонів (ПРІ) (зазвичай між частинками гідросилікатного гелю, в якому ПВІ є іони OH^- , а ПРІ – Ca^{2+}). Захист від

руйнування і забезпечення довговічності – це збереження кількості несучих довговічних одиничних контактів типу $\text{Ca}^{2+} - \text{OH}^-$ (у звичайному бетоні з молекулою води між ними, тобто $\text{Ca}^{2+} - \text{H}_2\text{O} - \text{OH}^-$).

Для досягнення поставленої мети і, відповідно, до наукової гіпотези в роботі були сформульовані наступні **задачі**:

1. Встановити основні фактори і особливості руйнування дорожніх бетонів і причини, що їх викликають, визначити характер впливу кліматичних умов на властивості тверднучого і затверділого бетону.

2. Виконати критичний аналіз існуючих теоретичних уявлень і експериментальних даних про механізми впливу агресивного середовища на бетон, в тому числі його змочування і випаровування води з нього;

3. Виконати попередні експериментальні дослідження і на основі гідрохімії, електрохімії та колоїдної хімії уточнити основоположні для подальших теоретичних досліджень електричну структуру поверхні частинок цементу і зерен бетону, їх подвійних електричних шарів (ПЕШ), моделі та схеми структури вільної води, води у ПЕШ, в гелевих та кристалогідратних порах і капілярах, формули іон-іонних, іон-дипольних і диполь-дипольних взаємодій, потоків води в тонких капілярах, визначити величини електроповерхневих потенціалів структурних елементів бетону.

4. Поглибити уявлення про структуру гідросилікатного гелю і кристалогідратів, порової структури цементного каменю і бетону, їх електроповерхневих властивостей і процесах перенесення води до них, супутніх процесів змочування і випаровування.

5. На цій основі розробити теоретичні кількісні уявлення про змочування розчину і бетону, випаровування води з відкритої поверхні і з гелевих та кристалогідратних пір з розробкою фізико-математичних моделей і схем.

6. Провести експериментальні дослідження змочування дрібних заповнювачів, в тому числі з різними знаками поверхневого заряду (кварцового і вапняного), розробити механізм дії різних добавок у воду замішування на величину змочування пісків.

7. Провести експериментальні дослідження випаровування води з різних за складом бетонів і з різними добавками у воду замішування, розробити механізм дії різних добавок у воду замішування на величину змочування пісків.

8. Розвинути уявлення про структуру оліфи, її взаємодії з поверхнею різних структурних елементів бетону, створити високоефективне плівкоутворювальне захисне покриття для бетонної суміші і водонасиченого бетону.

9. Провести експериментальні дослідження стиранності дорожніх бетонів і розробити алгоритм розрахунку експлуатаційного стану бетону при одночасному впливі агресивних факторів.

10. Розробити дорожній бетон оптимального складу з високою довговічністю.

11. Провести промислове впровадження результатів роботи при випуску дорожніх бетонів і будівництві та реконструкції покриттів автодоріг.

Об'єкт досліджень – заповнювачі для бетону, дорожній цементний бетон, добавки, захисні покриття для бетону.

Предмет досліджень – процеси структуроутворення та деструкції бетону, процеси адсорбції, змочування і випаровування води, взаємодія між структурними елементами бетону, процеси змочування і випаровування води.

Методи досліджень. Застосовували стандартні фізико-механічні методи та методики випробувань для визначення показників міцності, рухливості, легкоукладальності, розшаровуваності, щільності і пористості бетонних сумішей і бетону, морозостійкості, стиранності і водопоглинання бетону. Випаровування вологи з твердіючих бетонів оцінювали по втратах маси зі спеціальних форм, які розміщували в різні температурно-вологісні умови твердіння. Оцінку ефективності змочування піщаних заповнювачів проводили за розробленою методикою методом капілярного підсосу. Стійкість бетонів в різних середовищах оцінювали за показниками міцності на стиск, вигин і розтягування, а також стирання після певної кількості циклів насичення-висушування в питній воді, розчинах солей, в порівнянні з показниками міцності зразків до початку випробувань. Крім того, використовували фізико-хімічні методи досліджень – температуру кристалізації порової рідини – методом диференційної скануючої калориметрії (ДСК) за допомогою скануючого мікрокалориметра ДСМ-2М.

Достовірність результатів досліджень забезпечена шляхом базування теоретичних досліджень на фундаментальних положеннях і закономірностях електрохімії, колоїдної хімії, фізико-хімічної механіки дисперсних систем і матеріалів, застосуванням в експериментах комплексу стандартних і оригінальних фізико-механічних, фізичних, фізико-хімічних методів досліджень, методів статистичної обробки результатів досліджень, а також підтвердженням результатів теоретичних і експериментальних досліджень виробничими і експлуатаційними випробуваннями.

Наукова новизна одержаних результатів:

1. Обґрунтування того, що основними факторами руйнування дорожніх цементних бетонів є пошарове їх руйнування в результаті одночасної дії стираючих механічних навантажень, фізико-хімічного впливу рідких агресивних середовищ і знакозмінних температур, при цьому визначальну роль відіграє найбільш слабкий елемент бетону – його мезоструктура. Встановлена товщина верхнього шару бетону 15-20 мм, в межах якої вологовтрата знижують міцність бетону і його довговічність.

2. Обґрунтування того, що первинними процесами, що лежать в основі руйнуючої дії заморожування і відтавання, висушування і зволоження, корозії та ін. є процеси змочування і випаровування води з бетону. Розроблена модель асоціативної структури води з октаедричними утвореннями з асоціатів, схема випаровування вільної води за рахунок виходу з октаєдрів мономірних молекул, вирази для лінійної швидкості і часу змочування піску, схеми будови ПЕШ на поверхні структурних елементів бетону, величини їх електроповерхневих потенціалів.

3. Розроблені на цій основі нові теоретичні уявлення про механізми змочування різних пісків водою, які полягають в поляризації молекул води і водневих зв'язків між ними під впливом рівноважного електроповерхневого потенціалу $\psi_{\text{ЕП}}^P$ в напрямку поверхні піску, а також механізм впливу на змочуваність лугу NaOH, солі K₂SO₄, змочувача ОП- 7 і добавки С-3.

4. Описаний механізм випаровування води з бетону на основі рівняння стаціонарного потоку за участю капілярних сил на менісках і сил тертя в капілярах з відповідними схемами. Виведено вираз для рівноважної глибини випаровування води з бетону, розрахунок по якому збігається з експериментальними величинами.

5. Обґрунтування і докази: – вологовтрати 0,13 г/см² при В/Ц = 0,34 є граничними, які здійснюються з кристалогідратних і глобулярних пір і капілярів. При меншому В/Ц випаровування практично не відбувається, тому що кількість води, що відповідає цьому В/Ц, міститься в гелевих капілярах. При підвищених вологовтратах відношення кристалогідратів до гелю стає суттєво вище 1(КГ/Г>1), що приводить до зниження міцності бетону і подальшому руйнуванню; – зниження міцності бетону з кальцитовим заповнювачем обумовлено особливостями його кристалічної структури і високим позитивним електроповерхневим потенціалом, як у поверхневого гексагонального портландита. Це виключає можливість утворення на ранній стадії твердіння бетону міцних електрогетерогенних контактів ЕГК і знижує міцність бетону в порівнянні з бетоном на гранітному заповнювачі; – міцність бетону визначається не відносною питомою поперечною деформацією бетону, модулем пружності та міцністю щебеню, як вважають багато вчених, а електроповерхневими $\psi_{\text{ЕП}}^0$ потенціалами заповнювачів і, відповідно, поверхневою концентрацією потенціалвизначальних іонів ПВІ на його зернах.

6. Результати експериментально-теоретичних досліджень структурних характеристик бетону та розчину: – схеми міцних щільних електрогетерогенних контактів ЕГК між заповнювачем і цементним каменем, що формуються під впливом іон-іонного притягіння між протилежно зарядженими ПВІ заповнювача і частинок портландиту або гідросилікатного гелю. Критерії мінімізації вологовтрат в бетоні – величини оптимальних коефіцієнтів розсунення зерен піску $\mu_{\text{ОПТ}} = 1,14$ і зерен щебеню $\alpha_{\text{ОПТ}} = 1,5$, для дрібного піску і крупністю щебеню 20 мм. При цьому між зернами піску розташовується 1 ряд частинок цементу фракції 5 мкм, а прошарок цементного каменю між зернами піску максимально щільний з мінімальною кількістю води і максимальною кількістю електрогетерогенних контактів.

7. Результати експериментальних досліджень: – показано, що розчин (дрібнозернистий бетон) має значно менші вологовтрати і більш високу швидкість випаровування, ніж бетон з щебенем, а в'язкість води в стінках капіляра набагато перевищує (у 132 рази) в'язкість вільної води. Встановлено закономірності вологовтрат із твердіючого бетону від гранулометричного складу дрібного заповнювача, виду та кількості хімічних добавок, співвідношення

крупного та дрібного заповнювачів, масштабного фактору, виду і витрати цементу, кореляція між товщиною змочувальної плівки на частинках дрібного заповнювача та процесами випаровування вологи при твердінні бетону. Визначена критична величина вологовтрат, яка не призводить до погіршення властивостей тверднучого бетону, на рівні $0,2 \text{ г/см}^2$ за 3 доби твердіння, що більше рекомендованої ($0,055 \text{ г/см}^3$). В залежності від температури твердіння визначені мінімально допустимі витрати захисного плівкоутворюючого матеріалу.

8. Розроблена захисна плівкоутворююча емульсія ЗС-1 на основі оліфи, що дозволяє ефективно зменшувати втрати вологи при твердінні бетону до рівня бетону, що укривається дорогими традиційними синтетичними лаками. Придбання необхідних властивостей оліфі, основні компоненти якої є водонерозчинні, забезпечено її обмиленням за допомогою додавання лужного розчину NaOH, а глибина проникання в бетон – за рахунок введення добавки С-3.

Практичне значення одержаних результатів. Удосконалено методику визначення змочування дисперсних частинок методом капілярного підсосу. Розроблено методики: «Оцінки стираності дорожніх бетонів», «Оцінки експлуатаційного стану дорожнього бетону за критерієм стираності при дії комплексу агресивних факторів». Розроблено спосіб підбору складу дрібнозернистих дорожніх бетонів, що ущільнюються із застосуванням пресування. Основні положення дисертаційної роботи використані при розробці 8 нормативних документів, в тому числі ДСТУ Б В.2.7-92-99 Будівельні матеріали. Суміші бетонні і цементобетони дорожні на вапнякових заповнювачах. Технічні умови.

Результати роботи впроваджено при будівництві та реконструкції автомобільної дороги Харків-Сімферополь (ПАТ «Будівельне управління – 813», ПАТ «Трест Дніпродорбуд»), улаштуванні бетонних покриттів при реконструкції аеропорту м. Харкова, а також при випуску дрібнорозмірних виробів та елементів облаштування автомобільних доріг і майданчиків у Харківській, Дніпропетровській, Полтавській області (ТОВ «Геомакс», ПАТ «Трест Дніпродорбуд»).

Особистий внесок здобувача. Основні наукові результати дисертації отримані здобувачем особисто. Окремі складові теоретичних і експериментальних досліджень виконані зі співавторами наукових робіт, які наведено у списку публікацій. Впровадження результатів дисертації виконано особисто здобувачем.

Апробація результатів роботи. Матеріали дисертаційної роботи доповідались і обговорювались на семінарах і конференціях, у тому числі на 18 Міжнародній конференції з будівельних матеріалів «18 Ibautil» (12 – 15 вересня 2012 р., м. Веймар); на 7-мі конференціях у Російській Федерації (Міжнародній конференції «Ресурсо- и энергосберегающие технологии строительных материалов, изделий и конструкций» (м. Белгород, 14 – 15 жовтня 1995 р.); Міжнародній конференції «Промышленность стройматериалов и

стройиндустрия, энерго- и ресурсосбережение в условиях рыночных отношений» (м. Белгород, 8 – 10 жовтня 1997 р.); Міжнародній конференції «Долговечность строительных конструкций» (Теория и практика защиты от коррозии) (м. Волгоград, 10 – 12 вересень 2002 р.); Всеросійській науково-практичній конференції «Строительное материаловедение – теория и практика», (м. Москва, 15 – 17 листопад 2006 р.); Міжнародній науково-практичній конференції «Научные исследования, наносистемы и ресурсосберегающие технологии в стройиндустрии», (м. Белгород, 12 – 14 жовтня 2007 р., 5 – 8 жовтня 2010 р., 12 – 15 жовтня 2011 р.), на 2-х конференціях у Республіці Беларусь (Міжнародній науково-технічній конференції «Ресурсо- и энергосберегающие технологии в химической промышленности и производстве строительных материалов», (м. Мінськ, 5 – 8 жовтня 2000 р.); Юбілейній науково-технічній конференції «80 лет Белорусской дорожной науке», (м. Мінск, 10 – 11 листопада 2008 р.), на 4-х Міжнародних науково-практичних конференціях «Дни современного бетона» (м. Запорожье, 31 травня – 2 червня 2004 р., 31 травня – 2 червня 2007 р., 31 травня – 2 червня 2008 р., 20 – 22 квітня 2012 р.); Міжнародній конференції «Коллоидная химия и физико-химическая механика природных дисперсных систем», (м. Одесса, 5 – 7 жовтня 1993 р.);

Публікації. Основні положення роботи опубліковані у 50 статтях, у тому числі 35 – у спеціалізованих виданнях ДАК МОНмолодьспорту України, а також 15-ти конференціях і семінарах, та отримано 2 патента України на корисну модель. За результатами роботи видано 8 нормативних документів, у тому числі і

1 Державний стандарт України.

Структура та обсяг дисертації. Дисертація складається зі вступу, восьми розділів, загальних висновків, списку використаних джерел з 453 найменувань і 11 додатків. Загальний обсяг дисертації складає 425 сторінки, в тому числі 358 сторінок основного тексту, 157 рисунків, 64 таблиці.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У **вступі** обґрунтовано актуальність теми дисертації, сформульовано мету та поставлені завдання досліджень, перераховані методи досліджень, наведена наукова новизна і практичне значення отриманих результатів досліджень. Наведено відомості про структуру дисертації та апробації роботи.

У **першому розділі** виконаний критичний аналіз сучасних уявлень про деформування та руйнування дорожнього бетону при дії агресивних факторів, способи підвищення довговічності, особливості впливу кліматичних умов на процеси масопереносу і випаровування вологи з твердіючого бетону, особливості та закономірності вологовтрат на захищених і відкритих поверхнях бетону.

Оскільки метою і основною спрямованістю досліджень дисертації є розробка нових теоретичних основ руйнування та довговічності дорожніх бетонів на основі традиційних і нових закономірностей колоїдної хімії та фізико-хімічної механіки дисперсних систем, дисертація є принципово нова робота, у якій проаналізовані і використані праці авторів, які внесли найбільший внесок у накопичення експериментальних даних і розвиток теоретичних уявлень про довговічність бетону в умовах близьких до дорожніх: В.І. Бабушкіна, В.Г. Батракова, А.К. Біруля, М.В. Бунина, О.Г. Вандоловського, В. Венца, В.Н. Вирового, Д.И. Гегелія, Б.С. Гладкова, С.О. Гордєєва, В.В. Горохова, Г.Я. Горчакова, І.М. Грушко, Л.Й. Дворкіна, О.Л. Дворкіна, Л.М. Добшица, В.С. Дорофєєва, С.І. Дізенко, В.І. Заворицького, М.М. Зайченко, І.Я. Золотницького, М.М. Іванова, Ф.М. Іванова, В.В. Капранова, Б.А. Крилова, Б.І. Ладигіной, Р.Я. Лівши, О.В. Ликова, Л.О. Малініной, Е.М. Малінського, А.К. Малмейстера, О.П. Матросова, С.О. Міронова, В.М. Москвіна, М.О. Мощанського, О.П. Мчедлова-Петросяна, В.О. Невського, Т.С. Пауэрса, В.О. Перфілова, А.М. Пługіна, А.А. Пługіна, А.Ф. Полака, В. Рамачандрана, В.Б. Ратінова, Р.Ф. Руновой, В.М. Сіденко, А.В. Смірнова, С.Й. Солодкого, А.А. Старосельського, В.В. Стольнікова, М.М. Сичева, О.В. Ушєрова-Маршака, А.С. Файвусовича, М.І. Хігеровича, Ю.В. Цеховського, З.М. Цілосані, В.Л. Чернявського, О.Е. Шейкіна, А.М. Шейніна, С.В. Шестоєрова, И. Шваба, В.І. Шевченко, Л.Г. Шпиновой та ін.

Довговічність бетону визначається умовами навколишнього середовища, діючими навантаженнями, використовуваними матеріалами, технологією будівельних робіт та умовами експлуатації бетону. Значну роль в активізації процесів руйнування і зносу дорожніх цементобетонів грає циклічна дія водних розчинів солей, які використовуються в зимовий період, особливо хлоридів. Найпоширенішим видом руйнування дорожнього бетону є стираність верхнього шару бетону. По досягненні критичної величини стираності руйнування

бетону стає незворотнім. Великий вплив на цей показник надають умови твердіння, особливо в початковий період, зокрема випаровування вологи.

Дія агресивних розчинів і змінних температур супроводжуються розвитком термічних напружень, гідравлічного, кристалізаційної і осмотичного тиску. Бетони в процесі впливу агресивних середовищ, що містять солі, піддаються видозміні і адаптуються з утворенням нових внутрішньоструктурних елементів, більш стійких до дії даних середовищ. На морозостійкість бетону впливає крупність і мінеральний склад щебеню і піску, міцність зони контакту, кількість, вид і дисперсність мікронаповнювача, витрати цементу. На довговічність бетону також впливають його пористість, однорідність за міцністю і щільністю, циклічне зволоження-висушування, дія масел і емульсій, підвищених температур, випаровування вологи з тверднучого бетону. На додаток до них проявляється негативний вплив довготривалої і швидкотекучої повзучості, яка повторюється.

Узагальнюючи уявлення вчених про механізми дії руйнують факторів після їх узагальнення можна сформулювати таким чином. Вплив пористості пов'язаний з кількістю замерзлої води в порах, об'ємом рівномірно розподілених резервних пір, які сприяють зменшенню внутрішніх напружень, наявністю в цементному камені гелевою складовою, яка релаксує ці напруги. Неоднорідність міцності і щільності бетону обумовлені наявністю в бетоні ослаблених зон, де процес руйнування під дією агресивних факторів прискорюється. Циклічне зволоження-висушування викликає внутрішні напруги, що виникають в бетонних конструкціях при їх нерівномірному висиханні, збільшують сумарні напруги і конструкція піддається процесу втоми. При цьому вода в мікротріщинах при динамічному навантаженні сприяє зовнішньому зусилля і може працювати як демпфер, а при статичному навантаженні, навпаки, через ефект Ребіндера зменшує міцність. Масла – неполярні речовини і мають високу адсорбційну активність за рахунок наявності в них полярних присадок, смол і різних продуктів окислення. При попаданні на зовнішню і внутрішню поверхню бетону масло гідрофобізує її. При підвищенні температури виникають енергетичні флуктуації, що призводять до зростання теплових розтягуючих зусиль в структурі бетону. Накладення зовнішнього навантаження активізує процес руйнування зв'язків між елементами структури. Водонепроникність і інші властивості, що визначають довговічність цементного каменю і бетону, залежать не просто від капілярної пористості, але і від радіусу капіляра. Визнано, що за величиною капіляри діляться на мікрокапіляри (радіус менше 50 Å), перехідні капіляри (радіус 50...1000 Å) і макрокапіляри з радіусами більше 1000 Å. Зі зменшенням вологості середовища зростає кількість капілярів радіусом більше 50 Å, що збільшує усадку і повзучість. В умовах низької вологості і високих позитивних температур формується система відкритих макропор, порушується структура бетону.

Істотні вологовтрати, що знижують міцність бетону, проявляються у верхньому шарі. При цьому до 75 % води, що випаровується з бетону, втрачається в перші 4 – 5 годин твердіння. За даними деяких авторів збільшення вологовтрат призводить до скорочення кількості гелю через нестачу води, інтенсивного зростання пористості бетону і збільшення середнього розміру капілярів. В залежності від умов тверднення вологовтрати досягають 0,1...1 кг/м² на годину. При підвищенні В/Ц укрупнюються пори і капіляри бетону, випаровування з великих капілярів відбувається більш інтенсивно, ніж з дрібних, а процеси конденсації води протікають у зворотному порядку. У капілярах утворюються меніски, в яких виникає стискує зусилля, яке стримує теплове розширення бетону. Заслуговує на увагу цілком коректна трактовка того, що усадка бетону обумовлена не втратою вільної води, а ущільненням гелю, а набухання – набуханням висохлого гелю при зволоженні.

Для збільшення стійкості бетону проти дії зазначених факторів найчастіше застосовують різні способи: просочення бетону захисними матеріалами; введення до складу бетону хімічних і мінеральних добавок; механічні способи обробки бетону. Просочення бетону найчастіше здійснюють метилметакрилатом або композицією на

основі сіланових з'єднань. Однак застосування поверхневої обробки бетону для підвищення його стійкості до агресивних середовищ недостатньо ефективно.

Виконаний аналіз літературних даних свідчить про неоднозначність поглядів вчених на механізми впливу різних факторів на руйнування бетонів. Загальним і основним недоліком цих поглядів є те, що вони ґрунтуються на розгляді видимих ознак руйнувань і на загальнофізичних уявленнях. На нашу думку всі вони є наслідком дійсних процесів, що відбуваються на молекулярному, надмолекулярному, субмікроскопічному та інших рівнях структури, електроповерхневих властивостях структурних елементів і електроповерхневих взаємодіях між ними.

У **другому розділі** наводяться дані про методи досліджень і характеристики матеріалів, які застосовувались у роботі. Використовувалися цементні заводи: ВАТ «Балцем» м. Балаклея, цемзаводу м. Амвросіївка, ВАТ «Одесацемент», ВАТ «Криворізький ЦШК»; піски кварцові дуже дрібні Безлюдівського кар'єру Харківської області і дрібні кар'єрів Дніпропетровській області, пісок вапняковий крупнозернистий Сакського кар'єру АР Крим; щебінь гранітний Камишевахського кар'єру Запорізької області, щебінь з мармуровидних вапняків Балаклавського кар'єру АР Крим. В якості хімічних добавок застосовували: суперпластифікатор «Релаксол», суперпластифікатори С-3 і СП-7, поліоксіетіленовий ефір монодіалкілфенолів (ОП-7), лігносульфонат технічний (ЛСТ), кремнійорганічна рідина ГКЖ-94, хлорид натрію, хлорид кальцію, гідроксид натрію, сульфат калію, карбонат калію, їдкий натр.

Третій розділ присвячений розвитку уявлень про механізми розмивання контактів і випаровування води як факторів руйнування і довговічності дорожнього бетону. Показано, що довговічність дорожнього бетону, як і будь-якого іншого, його стійкість в умовах заморожування і відтавання, зволоження і висушування (випаровування), а також корозії обумовлені існуванням ПЕШ на поверхні бетону і його структурних елементів, електрокапілярними явищами, а також електроповерхневими взаємодіями структурних елементів один з одним і з водою в адсорбційному і дифузному шарах.

Взаємодії між поверхнями і частинками з подвійним електричним шаром (ПЕШ) описані теорією ДЛФО і рівняннями розклинюючого тиску (в енергетичному та силовому виді). Однак традиційні уявлення про будову ПЕШ і розклинюючого тиску не повною мірою відповідають дійсним в реальних речовинах, зокрема, цементно-водних системах і бетоні. Це обумовлено тим, що в цементно-водних системах і бетонах переважає взаємодія між протилежно-зарядженими поверхнями, які не підкоряються теорії ДЛФО і рівнянням розклинюючого тиску. У разі протилежно заряджених поверхонь немає сил, що перешкоджають зближенню і мимовільному злипанню поверхонь. Крім того, шари ПВІ і ПРІ у ПЕШ є не суцільними, а точковими зарядами.

Теоретичний опис дифузної частини ПЕШ, що належить Гуї і Чепмену, ґрунтується на зіставленні енергії електростатичної взаємодії іонів з енергією їх теплового руху. Товщина дифузної частини ПЕШ δ_d при цьому описується виразом Дебая-Хюккеля (1). Для оцінки можливості його застосування для

бетонної суміші та бетонів побудовані графічні залежності δ_D від концентрації електроліту в чистій воді і в розчинній частині бетону за цим висловом, рис. 1, а для цементно-водних систем виведені формули для товщини шару води в залежності від В/Ц:

$$\delta_D = \sqrt{\frac{\varepsilon \varepsilon_0 k T}{2 z^2 e^2 1000 \cdot c_0 N_A}}, \quad (1)$$

де ε , ε_0 – відносна і абсолютна діелектричні проникності; kT – енергія теплового руху однієї молекули при температурі T , Дж; z – валентність іона; e – заряд електрона, $1,6 \cdot 10^{-19}$ (Кл); c_0 – концентрація електроліту в об'ємі, моль/л; N_A – число Авогадро, $6,02 \cdot 10^{23}$ 1/моль.

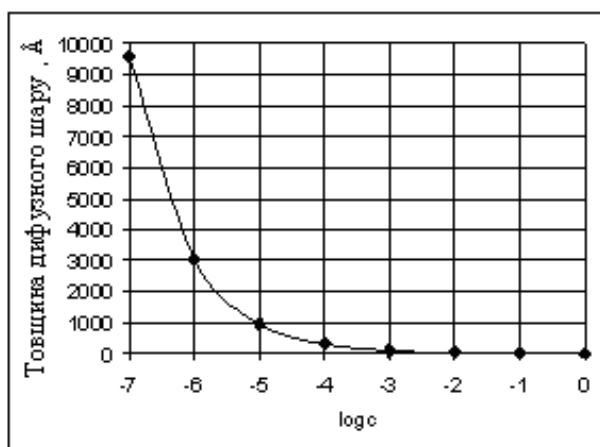


Рис. 1. Залежність δ_D від логарифму концентрації електроліту у вільному об'ємі

Отримані величини δ_D відображають його рівноважний стан: від дуже низьких концентрацій (до $0,0000001$ моль/л), при яких δ_D досягає 10000 \AA до значно високих (більше $0,001$ моль/л, у т.ч. $0,02$ моль/л для бетону), при яких δ_D досягає 100 \AA , рис. 1. У цементному тісті і бетонній суміші товщина шару води δ_B от 1 до 7 мкм залежить від питомої поверхні цементу $s = 0,3 \text{ м}^2/\text{г}$ і набагато перевищує товщину рівноважного дифузного шару δ_D для рН7. У цементному камені і бетоні товщина шару води на поверхні частинок δ_B у середньому має значення 53 \AA , залежить від питомої поверхні гідросілікатного гелю (ГСГ) $s = 0,2 \dots 0,7 \text{ м}^2/\text{г}$ і набагато менша, ніж δ_D та відстань між потенціалвизначальними іонами (ПВІ) в рівноважному ПЕШ при $c_0 = 0,02$ моль/л. Різниця між δ_B і δ_D всередині бетону і на його поверхні призводить до можливості вимивання протиіонів (ПРІ) з ПЕШ, втрати стійкості контактів в гідросілікатах кальцію, а отже, стійкості поверхневого шару бетону. У зв'язку з розбіжністю величин δ_B і δ_D теорія дифузного шару, яка заснована на застосуванні радіусу Дебая для іонів, а також формула (1) стають некоректними, хоча фізичний зміст взаємодій електростатичної і кінетичної складових як основних сил формування ПЕШ зберігається.

У ПЕШ структурних елементів бетону з локально розташованими ПОІ на відстані, набагато більшому, ніж розмір іонів, електрополе між ПОІ суміжних

поверхонь стає направленим, і молекули води і їх асоціати поляризуються в єдиний ланцюжок між ПОІ і ПРІ за рахунок своїх великих дипольних моментів і спрямованого водневого зв'язку. Розвиток теоретичних уявлень про дифузну частину ПЕШ дозволило представити остаточне рівняння рівноважного стану дифузної частини ПЕШ (2). При порівнянності товщини ПЕШ з відстанню між ПОІ на поверхні, а також з товщиною шару води в ПЕШ цементного каменю і бетону різниця між величинами δ і r зникає. Відповідно, рівняння (2) перетвориться в рівняння (3).

З урахуванням викладеного розвинені уявлення про механізм розмивання контактів в цементному камені і бетоні в період дощів і при обводнюванні на основі рівняння (4) і ймовірності вимивання за виразом (5).

$$\frac{z^2 e^2}{4\pi\epsilon\epsilon_0 r} \cdot \frac{\delta}{r} = \frac{kT}{6\delta} \cdot r, \quad (2)$$

де $\frac{z^2 e^2}{4\pi\epsilon\epsilon_0 r} \cdot \frac{\delta}{r}$ - робота переносу ПРІ із об'єму електроліта у ДЕШ; $\frac{kT}{6\delta} \cdot r$ - робота переносу крайнього в дифузному шарі ПРІ у об'ємі електроліта.

$$\frac{z^2 e^2}{4\pi\epsilon\epsilon_0 r} = kT \quad (3)$$

$$\frac{W_{\text{Э}}}{kT} = \frac{z^2 e^2}{4\pi\epsilon\epsilon_0 \delta_B} \quad (4)$$

$$p = e^{-\frac{W_e}{kT}} \quad (5)$$

Побудовані на підставі (4) і (5) залежності ймовірності вимивання ПРІ з ПЕШ показали, що вони не вимиваються тільки з пор частинок гелю (менше 100 Å), а ймовірність збереження контактів між частинками гелю дорівнює 1.

Розвинені кількісні уявлення про механізм випаровування води з бетону, що відрізняються від традиційних наданих. Відповідно до молекулярно-кінетичної теорії (МКТ) молекула утримується на поверхні води силами тяжіння до молекулам, що нижче лежать і може залишити поверхню у випадку, якщо її кінетична енергія перевищує значення роботи з подолання сили молекулярного тяжіння (робота виходу). При хаотичному русі деякі з них можуть повернутися в рідину (сконденсуватися). Число молекул, які повернулися у воду, тим більше, чим більше концентрація молекул пари, тобто чим більше тиск пари над водою. У закритій посудині число молекул, що випаровуються, перевищує число молекул пари, і тиск пари зростає. При досягненні рівності настає динамічна рівновага, пар стає насиченим і характеризується максимальною щільністю і тиском для даної температури. Зі збільшенням температури тиск і щільність насиченої пари збільшуються. Таке уявлення механізму випаровування є суто описовим, не розкриває до кінця дійсні рушійні сили випаровування.

Розвинені нами уявлення про механізм випаровування ґрунтуються на структурі води і відповідних взаємодіях. У воді, як сильно полярної рідини з високою діелектричною проникністю, існують випадкові області більшою впорядкованості та міцності зв'язків. Молекули в них складаються з асоціатів (5–10 молекул), між якими знаходяться високорухомі молекули-мономери. Загальноприйнятою є тетраедрична 5-молекулярна модель асоціату. Звідси випливає, що випаровування води відбувається тільки за рахунок мономірних молекул. Однак частина молекул у воді дисоційована на іони H^+ і OH^- , що характеризується показником кислотності $pH=7$. Такому pH відповідає концентрація протонів H^+ і гідроксильних іонів OH^- $c = 10^{-7}$ моль/л. Об'ємна концентрація іонів при цьому становить $n_{OB} \cdot 10^{19}$, шт/м³, відстань між іонами, $r = \sqrt[3]{\frac{1}{n_{OB}}} = 2,6 \cdot 10^{-5}$ см.

Ці іони у воді, як відомо, утворюють комплекси, зокрема, протонний $[H_2O...H...OH_2]^+$ і гідроксильний $[HO...H...OH]^-$. Особливістю цих комплексів є надрухомість проти іонів H^+ і гідроксилів OH^- у водних розчинах, яка обумовлена естафетним механізмом переносу (механізм Гротгуса). Завдяки електричному полю між протилежно зарядженими комплексами водянні зв'язки між молекулами води набувають однонапрявлену орієнтацію, що еквівалентно виникненню великого дипольного моменту. Виникає дипольний момент, що приводить до утворення спочатку квадруполь, а потім – октуполя. У центрі октуполя електричне поле дорівнює нулю, тому що знаходяться тут мономірні молекули води, як найменш міцно зв'язані, здатні випаровуватися. З поверхневого октуполя молекула води випаровується під впливом енергії теплового руху kT в повітряне середовище. Випаровуванню перешкоджає сила тертя молекули на навколишні її асоціати. Складено рівняння стаціонарного потоку мономірних молекул (6). З (6) отримані залежності для швидкості і часу випаровування молекул з асоціату води (7).

$$\eta 4\pi d_{ACC} V = kT \quad (6)$$

$$V = \frac{kT}{\eta 4\pi b_{ACC}}; \quad t_B = \frac{b_{ACC}}{V} \quad (7)$$

Отримані величини швидкості випаровування для нормальних умов: $V = 4,46 \cdot 10^{17}$ 1/(см²·с) – по числу молекул, $V = 1,33 \cdot 10^{-5}$ г/(см²·с) – по їх масі.

Дані швидкості випаровування води, експериментально отримані різними авторами, істотно менше цієї величини. Швидкість випаровування води з кварцового тигля (площа поперечного перерізу 0,8 см², об'єм води 0,5 г) за 60 хв складала $6,8 \cdot 10^{-7}$ і $4,7 \cdot 10^{-7}$ г/(см²·с), відповідно, на початку випаровування і в кінці. Швидкість випаровування з скляних посудин з меншою і більшою товщиною стінки ($S = 27,13$ см²) $1,52 \cdot 10^{-6}$ і $1,4 \cdot 10^{-6}$ г/(см²·с).

Зіставимо розрахункову величину $1,33 \cdot 10^{-5}$ г/(см²·с) із середньорічними швидкостями випаровування води світового океану ($V = 505$ тис. км³/рік,

$S = 361,3$ млн. км²) отримали $0,46 \cdot 10^{-5}$ г/(см²·с), що також істотно нижче, ніж розрахункова величина, однак вище даних випаровування з невеликих судин. Так як випаровування води з океану відбувається при більш високій вологості повітря над ним (в середньому 90 %), то використовуючи дані дослідження, де Гін (1891) змінював випаровування в залежності від вологості повітря (у відносних одиницях) та провів перерахунок для вологості 60 %. Швидкість випаровування склала в середньому $1,34 \cdot 10^{-5}$ г/(см²·с), що практично збігається з розрахунковою величиною.

Виконано також зіставлення розрахункової величини швидкості випаровування води з величинами швидкості її випаровування на суші. Дослідження процесу випаровування вологи на суші показали, що цей процес відбувається за більш складним механізмом за рахунок меншої кількості вологи в ґрунті і впливу температури. Тому використовували карту середньої багаторічної величини випаровування з водної поверхні випарного басейну площею 20 м² (в см), з нанесеними на неї нами містами і характерними величинами вологості, температур і випарів. За даними цієї карти визначені величини і швидкість випаровування води на суші, яка складає $0,49 \cdot 10^{-5}$ г/(см²·с) при середньорічній вологості повітря 60 %, що в 2,7 рази менш інтенсивно, ніж в океані ($1,34 \cdot 10^{-5}$ г/(см²·с)). За дійсну швидкість випаровування вільної води в нормальних природних умовах слід вважати швидкість $1,34 \cdot 10^{-5}$ г/(см²·с). Близькість цієї величини, величини випаровування в світовому океані для 60% вологості, а також розрахованої, $1,33 \cdot 10^{-5}$ г/(см²·с), свідчить про коректність розробленого механізму випаровування вільної води на 1-й стадії.

Разом з тим експериментальні величини швидкості випаровування з судин малої місткості залежать від їх геометричних розмірів і форми. Це обумовлено впливом рівноважного електроповерхневого потенціалу стінок посудини $\psi_{\text{ЕП.СТ}}^P$ і виникненням у зв'язку з цим додаткового потенціалу на поверхні води $\Delta\psi_{\text{ЕП.В}}^0$. Вода має електроповерхностний потенціал $\psi_{\text{ЕП}}^0 = 0,32$ В. Скляний посуд при контакті з водою (рН7) набуває рівноважний потенціал, який дорівнює $\psi_{\text{ЕП.СТ}}^P = -0,55 - 0,059 \cdot 7 = -0,96$ В. Цим потенціалам відповідають протиіони ОН⁻ і Н⁺ подвійних електричних шарів ПЕШ на поверхні води і скляної посудини, відповідно. Між ПРІ скляній поверхні виникає латеральне електроповерхнєве відштовхування $f_{\text{ЛАТ.СТ}}$ (рис. 2). Подібне латеральне електроповерхнєве відштовхування $f_{\text{ЛАТ.В}}$ виникає і між ПВІ на поверхні води. Так як $\psi_{\text{ЕП.СТ}}^P$ для скла перевищує електроповерхневий потенціал $\psi_{\text{ЕП.В}}^P$ для води, відразу при заповненні посудини виникає латеральне перенесення ПРІ ПЕШ скла (Н⁺) в шар ПРІ ПЕШ води (ОН⁻) (рис. 2), збільшуючи цим $\psi_{\text{ЕП.В}}^0$ на величину $\Delta\psi_{\text{ЕП.В}}^0$. Цей перенос триває до встановлення рівності $f_{\text{ЛАТ.СТ}} = f_{\text{ЛАТ.В}}$, з якого знайдено вираз для рівняння для $\Delta\psi_{\text{ЕП.В}}^0$:

$$\Delta\psi_{\text{ЕП.В}} = \frac{\psi_{\text{ЕП.СТ}} \cdot d_B}{d_{\text{СТ}}} \cdot \left(1 + \frac{2H}{D}\right) - \psi_{\text{ЕП.В}} \quad (8)$$

ДЕС на поверхні скляної посудини формується шляхом гідроксилювання, при цьому OH^- стають ПВІ, а протони H^+ переміщуються в воду, формуючи шар ПРІ. Запропоновано схему формування ПЕШ води, в якому іон H^+ легко поміщується між більшими за розмірами OH^- – іоном і молекулою води і визначено відстань між протиіонами $1,04 \text{ \AA}$ (рис. 3). В основному об'ємі дистильованої води H^+ знаходяться у вигляді іонів гідроксонію H_3O^+ , радіус якого дорівнює $1,35 \text{ \AA}$. Отже, ПЕШ на поверхні скляної посудини сформований з ПВІ OH^- та ПРІ H_3O^+ , відстань між якими дорівнює $(1,53 + 1,35) = 2,88 \text{ \AA} = 2,88 \cdot 10^{-10} \text{ м}$. При малому $2H/R$ величина $\Delta\psi_{\text{ЕП.В}}^0$ по (8) $\rightarrow 0$. При $2H/R = 1 = \Delta\psi_{\text{ЕП.В}}^0 = 0,7 \text{ В}$. При цьому значно збільшується товщина ПЕШ і в'язкість води.

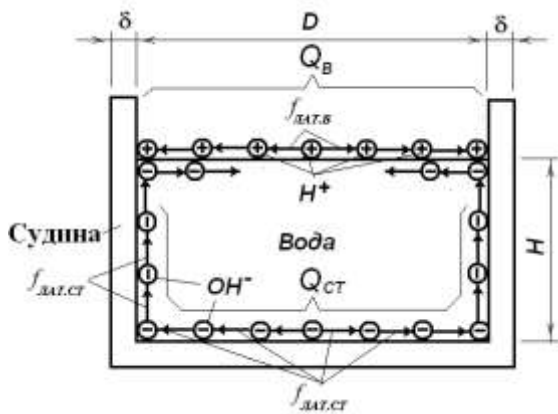


Рис. 2. Схема судини невеликих розмірів з водою, яка випаровується

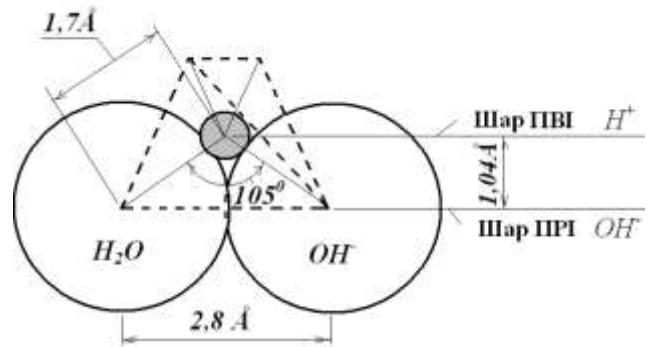


Рис. 3. Схема формування ПЕШ на поверхні води

Розроблено теоретичні уявлення про такий вплив. Рушійною силою течії молекули води є тепловий імпульс $P_{\text{теч}}$, коли його напрямком співпадає з напрямком течії по осі X (9). Руху протидіє тертя молекул води один щодо одного $P_{\text{тер}}$. При рівності $P_{\text{тер}} = P_{\text{теч}}$ встановлюється стаціонарний потік зі швидкістю V_c (11) і в'язкістю за (10). При цьому в'язкість води збільшується при виникненні на її поверхні додаткового потенціалу $\Delta\psi_{\text{ЕП.В}}$ та енергії потенціал-дипольного зв'язку молекули ΔU за (12), що випаровується (V_{B0} – швидкість випаровування води поза судини).

$$P_{\text{теч}} = kT/a \cdot \cos \alpha. \quad (9)$$

$$\eta = \eta_0 \cdot e^{\frac{-\Delta U}{kT}}. \quad (10)$$

$$V_c = \frac{V_{B0}}{e^{\frac{-\Delta U}{kT}}}, \quad (11)$$

$$\Delta U = \Delta \psi_{\text{ЕПВ}} \cdot \frac{\mu_B}{d_{\text{ACC}}} \quad (12)$$

За (10) і (11) при $2H/D \approx 0$ $\Delta U \approx 0$ в'язкість води не змінюється, при $2H/D = 0,83$ в'язкість води збільшується в 5,6 рази, а швидкість випаровування $2,3 \cdot 10^{-6}$ г/(см²·с). При $2H/D = 1,6$ в'язкість води зростає в 24 рази, швидкість випаровування досягає $6,8 \cdot 10^{-7}$ г/(см²·с). Це співпадає з даними інших авторів (див. вище). Слід зазначити, що такий вплив справляють не тільки потенціали стінок судин, але і рівноважні електроповерхневі потенціали стінок капілярів бетону. В результаті проведених досліджень встановлено, що дійсною швидкістю випаровування води у великих водоймах, морях і океанах є швидкість $1,34 \cdot 10^{-5}$ г/(см²·с).

Розвинуто уявлення про механізм випаровування води і її швидкості на 2-й стадії випаровування – переходу і розподілу молекул води у повітрі. Відомо, що при нормальних тиску і вологості $W = 60\%$ в 100 м³ повітря міститься 1,04 кг водяної пари, при $W = 100\%$ – 1,73 кг. Кількість молекул води при цьому визначається як:

$$n_{\text{ОВ}} = \frac{W_{\text{АБС}} \cdot N_{\text{А}}}{M}$$

(13)

а відстань між ними як $a_g = \sqrt[3]{\frac{1}{n_{\text{ОВ}}}}$, де M – молекулярна маса води, г/моль,

$$n_{0,B} = \frac{10,4 \cdot 6,02 \cdot 10^{23}}{18} = 3,48 \cdot 10^{23} \left(\frac{1}{\text{м}^3} \right), \text{ а } a_B = 142 \text{ \AA}.$$

Відстань між молекулами води в повітрі (насичений пар) обумовлено не статистикою молекул води, яка випаровується і конденсується, а рівністю сили відриву молекули води від поверхні (тиск вакууму $P_{\text{вак}} = -10^5$ Н/м²) ($f_{\text{РАЗР}} = P_{\text{вак}} \pi \cdot r_B^2 = 6,15 \cdot 10^{-15}$ Н) і утримуючої сили (диполь-дипольна взаємодія) ($f_{\text{УД}} = \psi_{\text{ЕП}} \cdot \mu_B / \delta_B^2 = 1,281 \cdot 10^{-30} / \delta_B^2$). Зрівнявши $1,281 \cdot 10^{-30} / \delta^2 = 6,15 \cdot 10^{-15}$, отримаємо: рівноважна відстань між молекулами води в насиченому повітрі, $\delta = 144 \text{ \AA}$, що відповідає $a_B = 142 \text{ \AA}$ і підтверджує правильність розроблених уявлень.

Розроблено механізм випаровування води з дифузної частини ПЕШ капіляра. Молекула води в дифузній частині ПЕШ знаходиться під тяжінням ПРІ з енергією $W_{\text{ДИФ}}$, що гальмує її випаровування, по аналогії з дією електроповерхневого потенціалу на випаровування води у скляній судині. Відповідно, швидкість випаровування молекул води з дифузної частини ПЕШ визначиться за (14), енергія тяжіння молекули води до ПРІ – за (15). При $z = 1$ (15) придбає вид (16), а (14) – вид (17).

$$V_{\text{С.ДИФ}} = \frac{V_{B0}}{e \frac{W_{\text{ДИФ}}}{kT}} \quad (14)$$

$$W_{\text{ДИФ}} = \frac{2z^2 e^2 \frac{1}{\delta^3} \delta_D^2}{\epsilon \epsilon_0} = \frac{2z^2 e^2}{\epsilon \epsilon_0 \delta}. \quad (15)$$

$$W_{\text{ДИФ}} = \frac{2 \cdot 1^2 \cdot (1,6 \cdot 10^{19})^2}{80 \cdot 8,85 \cdot 10^{-12} \cdot \delta \cdot 10^{-10}} = \frac{7,2 \cdot 10^{-19}}{\delta}. \quad (16)$$

$$V_{\text{С.ДИФ}} = \frac{V_{B0}}{e^{\frac{7,2 \cdot 10^{-19}}{\delta \cdot kT}}} = \frac{V_{B0}}{K_{\text{УМ}}}, \quad (17)$$

де $K_{\text{УМ}} = e^{\frac{7,2 \cdot 10^{-19}}{\delta \cdot kT}}$ – коефіцієнт зменшення швидкості випаровування води у дифузійній частині ПЕШ.

Згідно виконаним розрахунками при товщині шару води менше 100 Å $K_{\text{УМ}}$ різко зменшується. Побудовані графіки зміни $K_{\text{УМ}}$ для пір в кристалогідратах, глобулах гелю і частинках гелю показали, що для кристалогідратів і глобул гелю швидкість випаровування води з пір зменшується на 8 % і в 2,2 рази, а з пір частинок гідросилікатного гелю – в 3200 разів, тобто випаровування з пір гелю практично не відбувається.

Обґрунтовано зниження міцності бетону з вапняковим щебенем у порівнянні з міцністю бетону на гранітному щебені. Показано, що це обумовлено високим позитивним електроповерхневим потенціалом $\Psi_{\text{ЭП}}$ кальциту, який набувається в розчині гідроксиду кальцію портландцементного бетону. Це виключає утворення первинного гексагонального портландіту на поверхні вапняку, призводить до збільшення об'ємного портландіту і збільшенню відносини кристалогідратів до гідросилікатному гелю понад 1, КГ/Г >1, тобто понад оптимального. Визначальний вплив на міцність бетону надають потенціали $\Psi_{\text{ЭП}}^0$ заповнювачів і поверхнева концентрація ПВІ на них.

Четвертий розділ присвячений створенню технологічних основ підвищення стійкості дорожніх цементних бетонів проти тертя, зносу і руйнування. У загальному випадку процеси руйнування в бетонах, зокрема тріщиноутворення, починають формуватися в мікроструктурі цементного каменю і розвиваються в мезо-і макроструктуру бетонів. Значний вплив на руйнування бетону надає вода, яка може бути: конституційною, кристалізаційною, адсорбційною, дифузійною (у ПЕШ твердої фази), вільною. Розрізняють також сорбційну вологу в мікро-і макрокапілярах, яка не випаровується. На плоскій поверхні скла утворюється плівка зв'язаної води, яка, починаючи від товщини 0,075 мкм і менше, володіє модулем зсуву і межею плинності (ознаками твердого тіла), підвищеною щільністю (1,2...1.3 г/см³), зниженою температурою замерзання (до -78 °С). Вважається, що товщина водної плівки на частинках повинна бути такою, щоб забезпечити максимально можливу міцність контакту між ними. Зменшення товщини плівки забезпечують, наприклад, зниженням В/Ц при введенні ПАР або іншими способами.

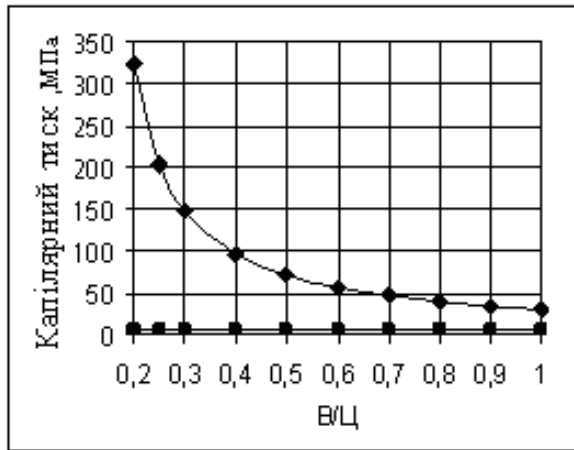
Широкий розвиток при дослідженні процесів зносу отримала молекулярно-механічна теорія тертя і зносу, в якій приймається дискретність контакту тертьових поверхонь, а сила тертя – як сума опорів, що виникають в результаті молекулярної і механічної взаємодії. В енергетичних уявленнях про тертя і зношування велика увага приділяється дисипації механічної енергії при терті. Дискретний характер контакту через шорсткості поверхні призводить до того, що при терті тіла багаторазово поглинають, так звані, імпульси енергії. Якщо щільність енергії імпульсу досягає критичної величини, то відбувається відрив часток матеріалу. Якщо енергія імпульсу мала, то її частина акумулюється в тілі матеріалу, а частина, що залишилася, розсіюється, тобто тертя вимірюється втратою механічної енергії в системі, яка стирається.

Відповідно до ДСТУ 2823-94 виділяють знос: механічний, механохімічний і електроерозійний. Механічний знос, в свою чергу, поділяється на абразивний, гідро-або газоабразивний, кавітаційний або гідроерозійний, втомний, адгезійний, знос при фретингі (роз'їдання). Механохімічний знос підрозділяють на окисний і знос при фретинг-корозії. Перераховані види зносу, по суті, є руйнуванням структури, тобто контактів між структурними елементами. Наявність електрогетерогенних контактів як основних носіїв міцності припускає можливість використання створеної науковою школою А.М. Пługіна і А.А. Пługіна принципово нової теорії міцності, руйнування і довговічності дорожнього бетону. Відповідно до цієї теорії основні носії міцності бетону – електрогетерогенні контакти (ЕГК) – формуються з одиничних ЕГК типу $\text{Ca}^{2+}\text{-H}_2\text{O-OH}^-$, міцність яких у тисячі і більше разів вище напружень від реальних зовнішніх навантажень. Капілярний тиск між частинками ГСГ, переважаючими серед продуктів гідратації цементу, також набагато вище напруги від зовнішніх механічних навантажень. За аналогією з капілярним тиском, величина капілярного тиску в прошарку гелю визначається формулою (18). При $\delta_B = 10 \text{ \AA}$ $p_{\text{КАП}}$ має значення 144 МПа, що в 20–30 разів перевищує міцність бетонів при розтягуванні і більш ніж в 50 разів величини реальних напружень в бетоні при розтягуванні. При заміні δ_B в бетоні через В/Ц і питому поверхню ГСГ, отримали залежність $p_{\text{КАП}}$ в ГСГ за (19). Побудована залежність $p_{\text{КАП}}$ від В/Ц (рис. 4 а), на якій видно, що в межах реальних В/Ц від 0,2 до 1 $p_{\text{КАП}}$ набагато перевищує міцність бетонів при розтягуванні ($R_p \sim 5 \text{ МПа}$). Розрахунок показав, що $p_{\text{КАП}}$ досягне цієї міцності лише при нереальній величині В/Ц = 6 (рис. 4, б).

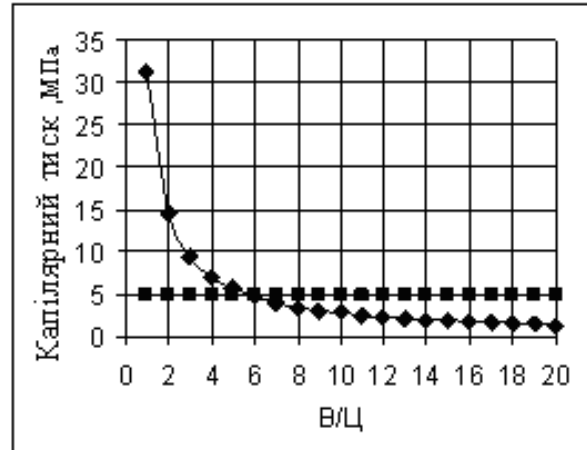
$$p_{\text{КАП}} = \frac{2\sigma}{\delta_B}, \quad (18)$$

де σ – поверхневий натяг води, що дорівнює 0,073, Н/м; δ_B – товща шару води на частинках гідросилікатного гелю, м.

$$p_{\text{КАП}} = \frac{2\sigma}{53 \cdot \left(\frac{B}{C} - 0,115 \right)}. \quad (19)$$



а



б

Рис.4. Зміна капілярного тиску в прошарку між частинками гідросілікатного гелю в залежність від В /Ц: а – в межах В/Ц = 0,2 – 1; б – в межах В/Ц = 1 – 20

Показано, що міцність і руйнування бетону залежать від змочування, випаровування і капілярного вбирання води, а остання визначається змочуваністю бетону і його компонентів.

П'ятий розділ присвячений експериментально-теоретичним дослідженням і розробці нових теоретичних уявлень про механізм змочування компонентів бетону. Дослідження процесу змочування піщаних заповнювачів проводили на різних за складом і характером поверхні монофракційних природних кварцових, карбонатних пісках і відпрацьованих формувальних сумішей (ВФС).

Виконані дослідження впливу на кінетику і величину змочування пісків чистої дистильованої водою, а також водою з добавками NaOH, K₂SO₄, змочувача ОП-7, ЛСТ, С-3 і СП-7М. За даними побудовані графіки зміни величини і часу змочування пісків від концентрації NaOH (рис. 5, 6). Зміна концентрації розчину лугу в інтервалі 0,1 %...1 % для кварцового піску і ВФС (в основі SiO₂) призводить до екстремального (максимум при 0,1 %) збільшення змочування, а для вапнякового піску – до зниження. Це підтверджує те, що механізм змочування цих пісків, як і інших неорганічних матеріалів, полягає в поляризації молекул води і водневих зв'язків між ними під впливом рівноважного електроповерхневого потенціалу $\psi_{\text{ЕП}}^P$ в напрямку поверхні. Збільшення рН води за рахунок введення NaOH призводить до збільшення $\psi_{\text{ЕП}}^P$, потовщення шару поляризованої води і, відповідно, збільшенню змочування цих пісків. Навпаки, потенціал $\psi_{\text{ЕП}}^P$ позитивно зарядженого вапнякового піску зменшується, що веде до зменшення пов'язаного поверхнею шару води, і зменшенню змочування при концентрації NaOH 0,1%. Однак, при збільшенні концентрації NaOH до 5 % дифузна частина ПЕШ стискається і змочуваність повертається до вихідного значення у воді без лугу. Подібність графіків зміни часу змочування (рис. 6) і зміни змочування (рис. 5) свідчить про те, що

швидкість змочування визначається часом встановлення рівноважного стану ПЕШ при додаванні NaOH у воду. Аналогічні графіки залежності змочування пісків отримані для K_2SO_4 , ОП-7, ЛСТ, С-3, СП-7М і показано неефективність застосування цих добавок з метою модифікування заповнювачів для дорожнього бетону.



Рис. 5. Залежність змочування піску від концентрації NaOH: —◆— — кварцовий; —Δ— — вапняковий; —■— — ВФС



Рис. 6. Залежність часу змочування піску від концентрації NaOH: —◆— — кварцовий; —Δ— — вапняковий; —■— — ВФС

Експериментальні дослідження, які було виконано, дозволили розробити теоретичні уявлення про механізм змочування пісків і цементу. Змочуваність цементу визначається товщиною шару одиничних глобул дуже високоосновних гідросилікатів кальцію (ОВГК) типу C_3SH_n діаметром в середньому $600 \text{ \AA} = 60 \text{ nm}$. Шар води на поверхні цементних часток має таку ж товщину. При розрахунку показано збіг розрахункової (1,8 %) і експериментальної (1,86 %) величини змочування. NaOH збільшує концентрацію електроліту в розчині, зменшує дифузні частини ПЕШ частинок цементу і глобул ОВГК, отже, зменшує змочуваність цементу. ОП-7 призводить до потовщення шару води на довжину її молекули та покращує змочуваність. Розрахункова (1,99 %) і експериментальна (2 %) змочування співпали.

Теоретичні кількісні уявлення про механізм змочування піску розроблені з урахуванням асоціативної структури води і електроповерхневих взаємодій між молекулами води і зерном піску. На рис. 7 представлена схема розташування мономерної молекули води між молекулярними асоціатами. Тетраедрична структурра води і напрямленість зв'язків О-Н припускає, як найбільш вірогідну схему знаходження мономерної молекули води в пустоті октаедра, вершини якого займають молекулярні асоціати. Потенціал-дипольне притягання між поверхнею зерна піску і диполем такої молекули визначає рушійну силу змочування зерна піску водою $f_{дв}$ (рис. 7) створюючи тиск в поверхневому шарі

води за (20). Цей тиск передається по всьому поляризованому шару води, в т.ч. на молекулу води з протилежного боку зерна (№ 2), яка в результаті прагне відірватися від зерна піску № 1 вийти за межі цього шару.

Сила $F_{ДВ}$ (21) виштовхує (відриває) цю молекулу, однак цьому відриву перешкоджає сила тертя таких мономірних молекул про найближчі шари води за висловом $f_{ТР}$ (22). При відриві молекули виконується робота її перенесення в полярному шарі води між зернами піску за (23). При рівності нулю суми цих робіт встановлюється стаціонарний потік (25). З нього вивели вираз для лінійної швидкості змочування піску (26), де $\delta_{ПОЛ}$ – товщина поляризованого поверхнею зерна шару води, м.

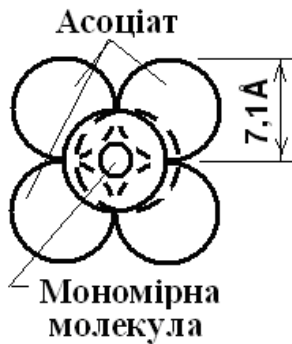


Рис. 7. Схема розташування мономерної молекули води у молекулярному асоціаті

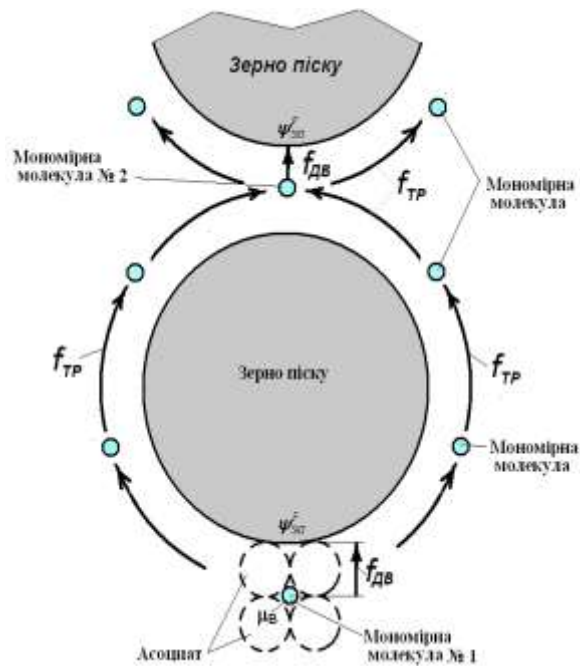


Рис. 8. Схема дії рушійної і гальмівної сили процесу змочування піску

$$f_{ДВ} = \frac{\psi_{ЕП}^P \cdot \mu}{\left(\frac{b_{АСС}}{2}\right)^2} \left(\frac{В \cdot Кл \cdot м}{м^2} = Н \right); \quad p_{ДВ} = \frac{4\psi_{ЕП}^P \cdot \mu}{b_{АСС}^4} \left(\frac{В \cdot Кл \cdot м}{м^4} = \frac{Н}{м^2} \right). \quad (20)$$

$$F_{ДВ} = p_{ДВ} \cdot d_B = \frac{4\psi_{ЕП}^P \cdot \mu \cdot d_B}{b_{АСС}^4} \quad (Н). \quad (21)$$

$$f_{ТР} = \eta \cdot 2\pi R_{\Pi} \cdot V \quad (Н). \quad (22)$$

$$A_{ПЕР} = \frac{4\psi_{ЕП}^P \cdot \mu \cdot d_B \delta_{ПОЛ}}{b_{АСС}^4} \quad (Дж). \quad (23)$$

$$A_{ТР} = \eta 2\pi R_{\Pi} d_B V \quad (Дж). \quad (24)$$

$$\frac{4\psi_{ЕП}^P \mu d_B \delta_{ПОЛ}}{b_{АСС}^4} = 2\eta \pi R_{\Pi} d_B V. \quad (25)$$

$$V = \frac{4\psi_{\text{ЕП}}^P \mu d_B \delta_{\text{ПОЛ}}}{2\eta\pi R_{\text{П}} b_{\text{АСС}}^4} \quad (26)$$

Згідно з розрахунком за (26) лінійна швидкість змочування кварцового піску водою склала $8,1 \cdot 10^{-4}$ м/с, а час змочування при товщині шару 0,35 см – 4 с., що збігається з експериментальною величиною. Розчин NaOH 0,01 % приводить до збільшення лужності до значення рН 11,5 і потенціалу піску до $\Delta\psi_{\text{ЕП}}^P = -1,23$ В. Тоді час змочування складає 5 с, що також збігається з експериментом і свідчить про коректність розроблених уявлень про механізм змочування піску та цементу.

Шостий розділ присвячений експериментально-теоретичним дослідженням і розробці нових теоретичних уявлень про механізм випаровування води з бетону і розчину. Показано, що збільшення В/Ц призводить до зростання вологовтрат.

Вологовтрата з бетонів з В/Ц $\geq 0,5$ вже через 5...8 годин перевищують допустиму величину $0,055$ г/см² (за даними СоюздорНИИ), а через 2 доби практично припиняються, що обмежує граничне В/Ц на рівні 0,5. Графіки на рис. 9 і рис. 10, що побудовані за даними експериментів, дозволили встановити взаємозв'язок вологовтрат з видами зв'язаної води.

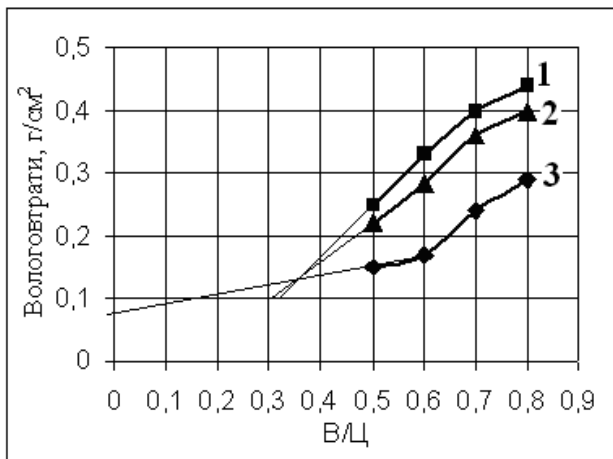


Рис. 9. Вплив В/Ц на вологовтрати бетону і взаємозв'язок вологовтрат з видами зв'язаної води: 1 – 1 доба; 2 – 2 доба; 3 – 3 доба

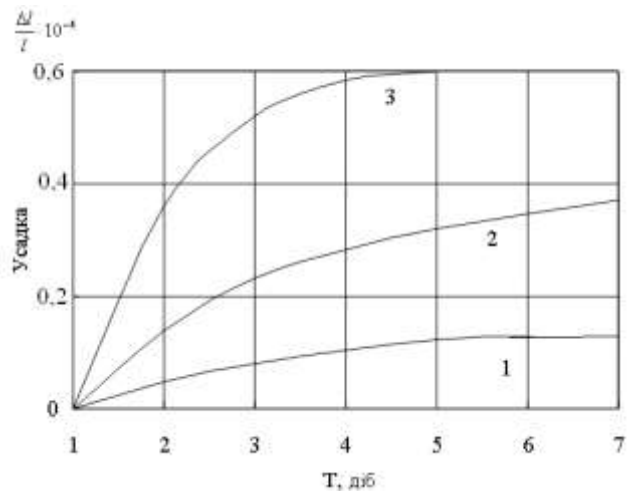


Рис. 10. Усадка бетонів, що тверділи під захисною плівкою: 1 – $t = +20$ °С, $\phi = 95\%$; 2 – $t = +30$ °С, $\phi = 45-50\%$; 3 – $t = +40$ °С, $\phi = 30-40\%$

З графіків видно, що вологовтрата $0,13$ г/см² при В/Ц = 0,34 є граничними, здійснюються з кристалогідратних і глобулярних пір і капілярів. При меншому В/Ц випаровування практично не відбувається, тому що вода, відповідна цьому В/Ц, міститься в гелевих капілярах. Показано, що навіть при вологості 50 % вологовтрата можуть призвести до значної усадки. Це відбивається на морозостійкості бетонів, яка знижується до марки $F 100...150$. Тобто, плівка не забезпечує захист бетону від вологовтрат, усадки і зниження морозостійкості. Виконані дослідження захисних властивостей різних плівкоутворюючих покриттів показали, що, найбільш часто застосовуються синтетичні лаки типу

ПМ-100 і його модифікації, а також емульсії на основі масел при вказаних витратах 400...600 г/м² знижують загальні вологовтрати до 10 %, що повинно забезпечити захист твердіючого бетону.

Виконані дослідження впливу на вологовтрати різних пластифікуючих, прискорюючих, гідрофобізуючих добавок (рис. 11, а, б) показали, що вплив органічних йоногенних добавок С-3, ЛСТ та ГКЖ-94, (рис. 11, а, криві 2, 3 і 4) принципово відрізняється від нейоногенної добавки ОП-7 (рис. 11, а, крива 5) і неорганічних NaOH, K₂CO₃, CaCl₂ добавок (рис. 11, б). Відмінність в тому, що органічні йоногенні добавки в період від 1 до 2,8 доби викликають збільшення швидкості випаровування води в порівнянні з випаровуванням з бетону без добавок, в той час як всі інші зменшують. Такий характер впливу органічних добавок зумовлений різним станом води на поверхні часток піску: вільна, фізико-хімічно зв'язана (вода в дифузній частини ПЕШ) і міцно зв'язана вода, в т.ч. адсорбційна.

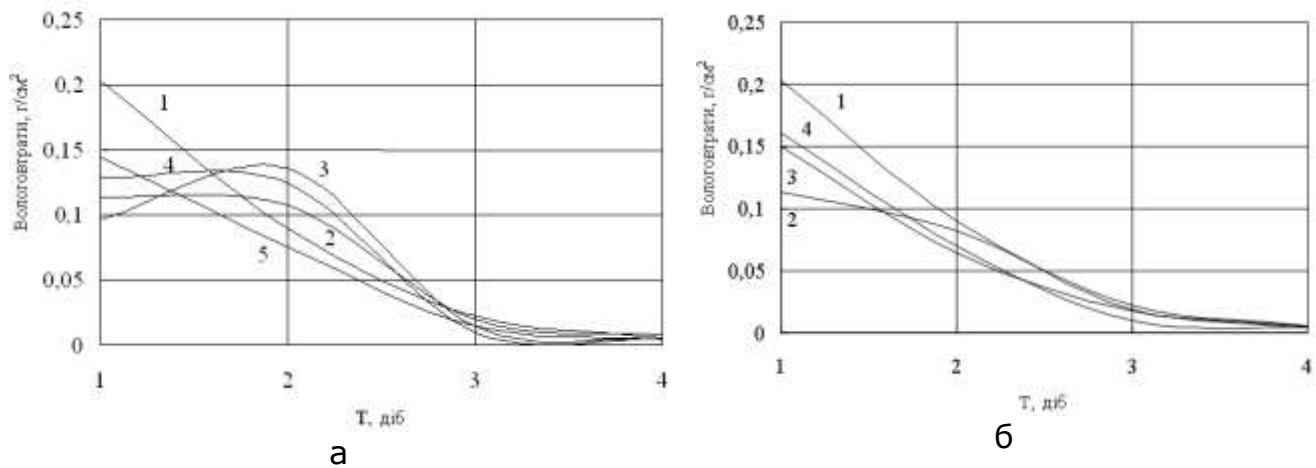


Рис. 11. Вологовтрати з дрібнозернистих бетонів на кварцовому піску з добавками:
 а – 1 – контроль; 2 – С-3; 3 – ЛСТ; 4 – ГКЖ-94; 5 – ОП-7;
 б – 1 – контроль; 2 – NaOH; 3 – K₂CO₃; 4 – CaCl₂

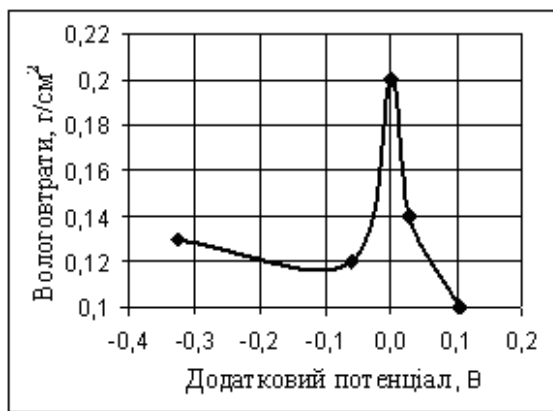
Як зазначено, вільна вода має позитивний електроповерхневий потенціал $\psi_{\text{ЕП.В}}$. Всі добавки мають різну лужність і, відповідно, рН, (табл. 1). Тоді при введенні добавок у воді виникає додатковий потенціал $\Delta\psi_{\text{ЕП.В}}$, який визначається відомою формулою Нернста $\Delta\psi_{\text{ЕП.В}} = -0,059 \cdot \Delta\text{pH}$.

Таблиця 1

Лужність, додатковий потенціал $\Delta\psi_{\text{ЕП.В}}$ і добові вологовтрати води

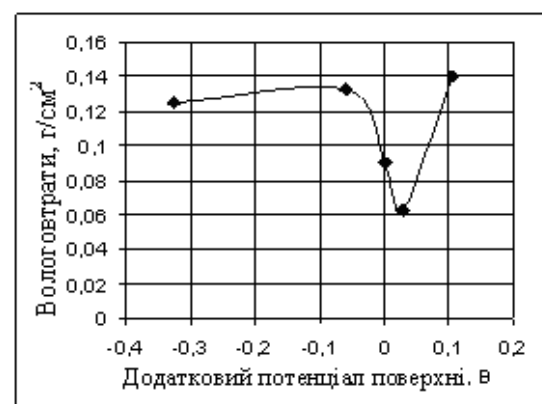
Добавка	ΔpH	ΔpH	$\Delta\psi_{\text{ЕП.В}}$ $0,059 \cdot \Delta\text{pH}$	Вологовтрати, г/см ²		
				1 сут.	1,8 с	3,5 с
ЛСТ	5,2	-1,8	0,106	0,1	0,135	0,002
ОП-7	6,5	-0,5	0,030	0,14	0,075	0,006
Вода	7	0	0,000	0,2	0,09	0,012
С-3	8	1	-0,059	0,12	0,11	0,0098
ГКЖ	12,5	5,5	-0,325	0,13	0,125	0

Електрополе цього потенціалу притягує до поверхні води молекули, які випаровуються, що викликає зменшення вологовтрат вільної води (на початку випаровування) (рис. 12) в порівнянні з водою без добавок. По мірі випаровування води підвищується концентрація органічних аніонів, що збільшують (С-3, ГКЖ) або зменшують (ЛСТ) лужність води (за рН) (табл. 1). За рахунок цього змінюється абсолютна величина електроповерхневого потенціалу води $\psi_{\text{ЕП.В}} = 0,32 \pm 0,059 \cdot \Delta \text{pH}$ і виникає електрокапілярний ефект, який понижує її поверхневий натяг і збільшує швидкість випаровування. Характер зміни вологовтрат після 3,5 діб свідчить про те, що вода з дифузного шару випарувалася, і подальше незначне випаровування здійснюється за рахунок щільної частини ПЕШ новоутворень цементу.



а

Рис. 12. Зміна вологовтрат з бетону з кварцовим піском при зміні додаткового потенціалу води на 1 добу



б

Рис. 13. Зміна вологовтрат з бетону з кварцовим піском при зміні додаткового потенціалу води $\Delta\psi_{\text{ЕП.В.}}$ на 2 доби

Проведені дослідження не показали істотного впливу на вологовтрати мінерального складу цементу (за вмістом шлаків).

Досліджено вплив на вологовтрати бетону відношення Ц:П. З графіків видно (рис. 14), що мінімальні вологовтрати припадають на розчини складу Ц:П = 1:4...1:5 з витратою цементу в них 350...440 кг/м³.

$$\mu_{\text{ОПТ}} = 2,1 \cdot \left(1 + \frac{0,005}{0,23}\right)^3 - 1,1 = 1,14. \quad (27)$$

$$\mu = 2,1 \cdot \left(1 + \frac{0,00027 \cdot 2}{0,23}\right)^3 - 1,1 = 1,01. \quad (28)$$

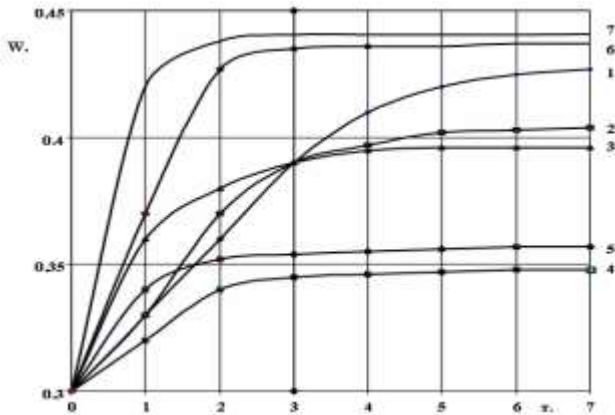


Рис. 14. Вплив витрати цементу на вологовтррати із розчину: Ц:П: 1- 1 : 1; 2 - 1 : 2; 3 - 1 : 3; 4 - 1 : 4; 5 - 1 : 5; 6 - 1 : 6; 7 - 1:7 при $t = +30\text{ }^\circ\text{C}$ и $f = 45\text{...}60\text{ \%}$

Зменшення або збільшення витрати цементу поза цими межами призводить до збільшення вологовтррат на 20...30 %. Цей інтервал витрати цементу, найкращий для мінімізації вологовтррат, є наслідком впливу на них структурного коефіцієнта – розсунення зерен піску μ , що підтверджується графіком на рис. 15, побудованим за даними графіків на рис. 14.

Дослідження показали також, що величина вологовтррат у розчині нижче, ніж у бетоні. Це обумовлено наступним. Основним постачальником води, що випаровується в бетоні є цементно-піщаний розчин, при цьому випаровування відбувається через капіляри, утворені частинками кристалогідратів і глобулами гідросилікатного гелю, які знаходяться прошарках між зернами щебеню (рис. 16, 17).

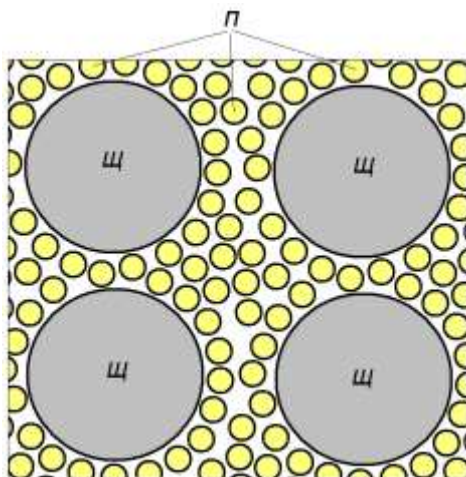


Рис. 16. Схема розташування зерен щебеню і піску на поверхні бетону



Рис. 15. Залежність вологовтррат від коефіцієнта розсунення зерен піску

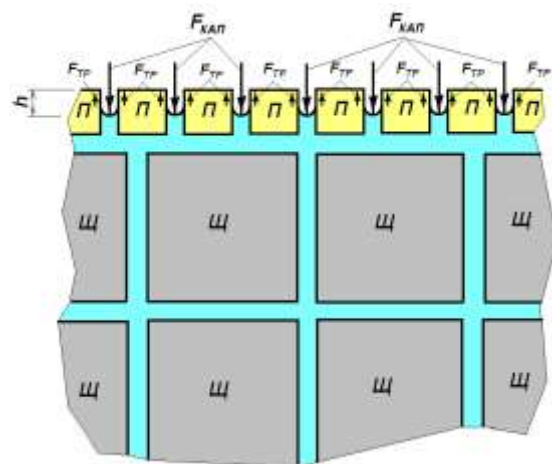


Рис. 17. Схема випаровування води із бетону на початковій стадії

На молекулярному рівні випаровування протікає за рахунок поверхневих мономірних молекул води під впливом їх енергії теплового руху kT . На мікрорівні молекули води, що випаровуються, зливаються в потік, що випаровується і рух якого протікає по прошаркам розчину між зернами щебеню.

Площа поперечного перерізу цих прошарків відповідає пустотності щебеню в бетоні, і орієнтовно рівним $\sqrt[3]{0,5^2} = 0,63 \text{ см}^2$ на 1 см^2 відкритої поверхні бетону. В той же час площа потоків, що випаровуються, дорівнює всій площі поверхні бетону, тобто 1 см^2 (рис. 16). Це і визначає більш високу швидкість випаровування води з дрібнозернистого бетону. Потіку води, що випаровується, перешкоджають сили тертя потоку об бічні стінки капілярів $F_{\text{ТР}}$. Швидкість випаровування перевищує швидкість переміщення потоку, тому на кінцях капілярів в розчині, що покриває зерна щебеню, виникають меніски, що втягують потік капілярної силою $F_{\text{КАП}}$ всередину капілярів і перешкоджають водовідділення (рис. 17, вираз (29)). Оскільки потік води, що випаровується, є нерозривним, виникає сила його тертя у вертикальних прошарках розчину, яка зростає по мірі збільшення висоти стовпа випаровування h (рис. 18, вираз (30)).

$$F_{\text{КАП}} = \frac{2\sigma}{r_{\text{КАП}}} \cdot \pi \cdot r_{\text{КАП}}^2 = 2\pi\sigma \cdot r_{\text{КАП}} \text{ (Н)} \quad (29)$$

$$F_{\text{ТР}} = \eta \cdot 2\pi r_{\text{КАП}} \cdot h_{\text{КАП}} \cdot \frac{V}{r_{\text{КАП}}} = 2\eta\pi h_{\text{КАП}} V \text{ (Н)} \quad (30)$$

$$2\pi\sigma \cdot r_{\text{КАП}} = 2\eta\pi h_{\text{КАП}} V \quad (31.1)$$

При $V = \frac{h_{\text{КАП}}}{t} \quad \sigma \cdot r_{\text{КАП}} = \eta \frac{h_{\text{КАП}}^2}{t} \quad (31.2)$

$$h_{\text{КАП}} = \sqrt{\frac{\sigma \cdot r_{\text{КАП}} \cdot t}{\eta}} \quad (32)$$

По мірі опускання потоку води в прошарку між зернами щебеню (рис. 18–19) настає рівність сил капілярного підняття і сил тертя, і встановлюється стаціонарний (з однаковою швидкістю) потік (вираз (31.1)). Із (31.2) впливає усталена висота рівноважного капіляра $h_{\text{КАП}}$ (вираз 32), м, де t – час її встановлення (обсягу води, що випаровується).

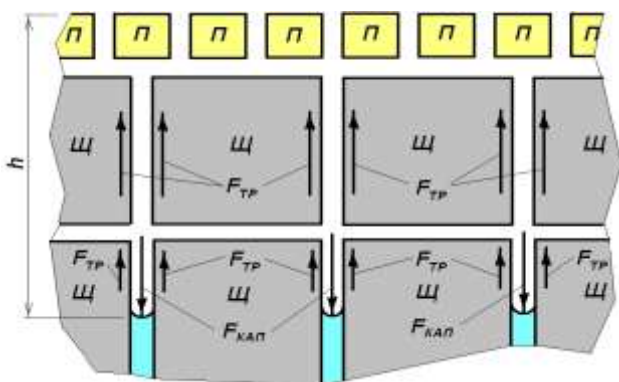


Рис. 18. Схема випаровування води із бетону на стадії встановлення рівноважного потоку

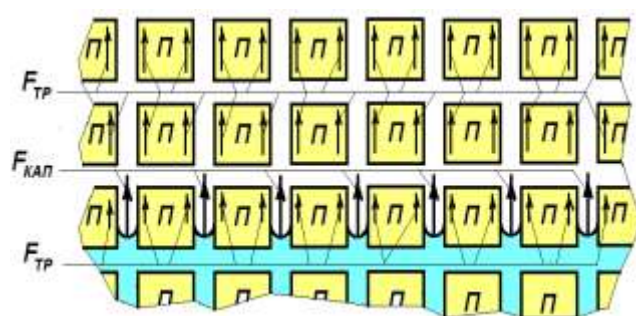


Рис. 19. Схема випаровування води із розчину на стадії встановлення рівноважного потоку

Як зазначалося, виникнення додаткового електроповерхневого потенціалу $\Delta\psi_{\text{ЕП.В}}$ води викликає відповідне збільшення її в'язкості під впливом цього

потенціалу за виразом (10). Додаткова енергія зв'язку молекул ΔU представлена формулою (12). При поставлених даних вираз (10) для в'язкості прийняло вигляд (33), а (32) – вид (34). Як бачимо, в'язкість води збільшується в 132 рази. При $\Delta\psi_{\text{ЕП.В.}} = -1,23 + 0,32 = -0,91\text{В}$

$$\Delta U = (-0,91) \cdot \frac{6,1 \cdot 10^{-30}}{2,8 \cdot 10^{-10}} = 21,8 \cdot 10^{-21} [0,35 \cdot 3 - 0,32] = 19,8 \text{ (Дж)}.$$

$$\eta = \eta_0 \cdot e^{\frac{19,8}{4,04}} = \eta_0 e^{4,9} = 132\eta_0 \quad (33)$$

$$h_{\text{КАП}} = \frac{\sigma \cdot r_{\text{КАП}}}{\eta} = \frac{\sigma \cdot r_{\text{КАП}}}{132\eta_0} \quad (34)$$

$$h_{\text{КАП}} = \sqrt{\frac{0,073 \cdot 6 \cdot 10^{-8} \cdot 3 \cdot 24 \cdot 3600}{132 \cdot 0,001}} = 5 \text{ (см)},$$

$$h_{\text{КАП}} = \sqrt{\frac{0,073 \cdot 2,64 \cdot 10^{-8} \cdot 2,59 \cdot 10^5}{132 \cdot 0,001}} = 2 \text{ (см)}.$$

Розрахунок за (34) показав, що висота рівноважного кристалогидратного і глобулярного капілярів $h_{\text{КАП}}$ склала 5 см і 2 см, що відповідає експериментальним даним. Експериментальні дані та графіки (рис. 20 – 21) свідчать про сильний вплив на величину вологовтрат структурних характеристик бетону – коефіцієнтів розсунення зерен щебеню α і піску μ . При $\mu = 1,14$ и $\alpha = 1,5$ вологовтрати в шарах розчину завтовшки 2 см і бетону 4 см є найменшими. Склади з такими структурними характеристиками є оптимальними за показниками вологовтрат з бетону.

Виконано оцінку пористості цементного каменю в бетоні методом термoporометрії в мікрокалориметричному центрі ім. О.П. Мчедлова-Петросяна. Дослідження показали, що у зразків, що тверділи в умовах $f = 40\%$ і $f = 95\text{...}100\%$ у віці 3 діб твердіння спостерігаються дві області гелевих пір, розташованих в інтервалі від 1,5 до 6,5 нм. У захищеного від випаровування вологи за допомогою плівкотвірного складу зразка мікропори розташовані в діапазоні 1,5 ÷ 2,4 нм. Максимум пір доводиться на пори з радіусом близько 2 нм незалежно від умов твердіння цементного каменя. Однак при цьому загальна кількість пір в цементному камені, що тверднув при $f = 95\text{...}100\%$, знижується в 3,5 рази, а при твердінні під захисною плівкою – в 7 разів у порівнянні з вологістю $f = 40\%$.



Рис. 20. Залежність вологовтрат від коефіцієнта розсунення зерен піску μ

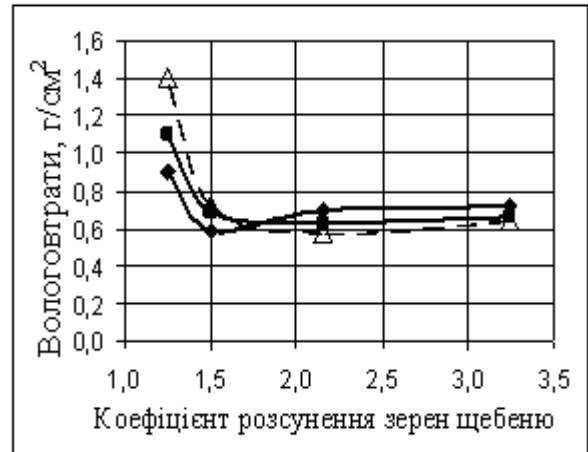


Рис 21. Залежність вологовтрат бетону від α і товщини зразка h :
 ◆ — 40 мм;
 ■ — 60 мм; —△— — 80 мм

Дослідження показали також, що існує критична величина вологовтрат, при якій експлуатаційні характеристики бетону значно знижуються. На зразки бетону наносили плівкоутворювальна з розрахунку 600 г/м^2 поверхні і після 28 діб піддавали циклічному заморожуванню-відтаванню. Після цього визначали міцність, водопоглинання і стираність бетону. Критерієм оцінки було різке зменшення цих показників. Було визначено, що критична величина вологовтрат знаходиться на рівні $0,2 \text{ г/см}^2$.

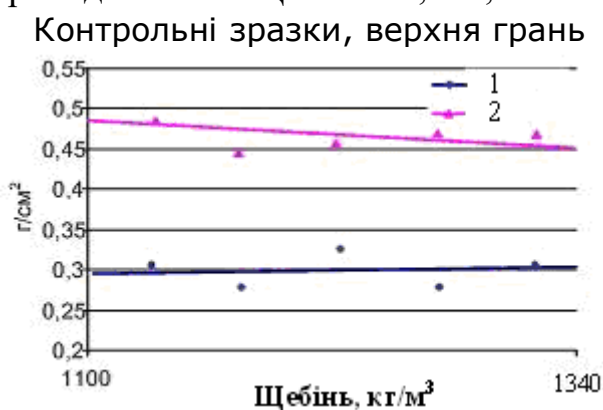
Застосовувані в даний час захисні склади надто коштовні і представляють значну екологічну небезпеку і небезпеку для здоров'я людини. Тому в дисертації вперше розроблено новий склад екологічно чистого вискоефективного плівкоутворюючого матеріалу (умовна назва «ЗС-1») на основі оліфи. «ЗС-1» — це водна емульсія, що включає в себе, крім оліфи, луг і добавку С-3. Склад може бути приготований на місці безпосередньо перед нанесенням, а його ціна в 2...8 разів нижче інших.

Сутність надання оліфі у складі «ЗС-1» сумісності з водою полягає в наступному. Оліфу отримують шляхом варіння з рослинних олій. Останні являють собою ефіри гліцерину і жирних кислот, що містять подвійні зв'язки, що обумовлюють висихання олії. Перетворення рідкої оліфи в тверду плівку відбувається за рахунок процесів окислення, при цьому подвійні зв'язки розкриваються, а потім зшиваються між суміжними лінійними молекулами з утворенням тримірної сітки. На основі зіставлення відомого ряду активності взаємодії оліфи з металами з електроповерхневими потенціалами цих металів нами визначена природа взаємодії оліфи з бетоном. Ця взаємодія здійснюється через активні групи оліфи- CH_3 з потенціалом $\psi_{\text{ЕП}}^P = 1,28 \text{ В}$ і $= 0$ з подвійним зв'язком з потенціалом $\psi_{\text{ЕП}}^P = -1,44 \text{ В}$. Ці функціональні групи являють собою диполі, звернені відповідним полюсом до бетону. Досить міцний контакт оліфи з поверхнею кристалогідратів може здійснюватися лише за умови витіснення протионів OH^- з їх ПЕШ. Однак диполь-іонну взаємодію активних груп оліфи з

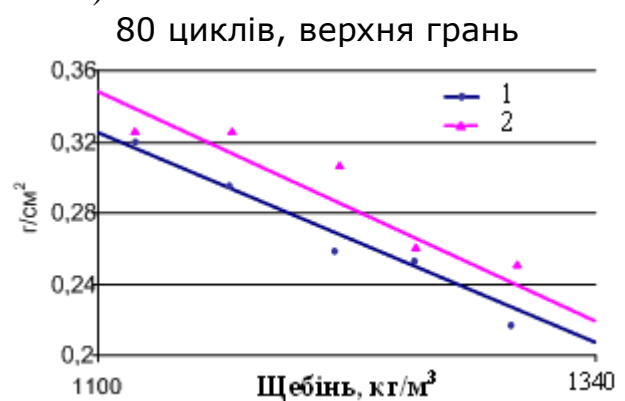
ПВІ Ca^{2+} частинок портландіту і етрінгіту набагато менше, ніж іон-іонну взаємодію їх ПРІ та ПВІ. У зв'язку з цим оліфа в чистому вигляді не може адсорбуватися на поверхні бетону. Для забезпечення такої адсорбції нами запропоновано омиляти частину карбонових кислот оліфи лугом NaOH з отриманням натрієвих солей карбонових кислот, добре розчинних у воді. Цим частина нерозчинних кислот – стеаринової, олеїнової і пальмітинової – переводиться в негативно заряджені органічні аніони. Однак вуглеводнева група CH_3 залишається неактивною, у зв'язку з чим поверхню кристалогідратів буде гідрофобізованою. Для усунення цього до складу введено невелику кількість органічної добавки С-3, що є поліелектролітом з високою концентрацією негативно заряджених функціональних груп SO_3^- на поверхні олігомерної молекули. Вони адсорбуються на активних групах CH_3 , заряджаючи з цього боку аніон натрієвої солі негативним зарядом. Це обумовлює вбудовування таких органічних молекул в структуру цементного каменю, не пошкоджуючи її за рахунок міцних йон-іонних взаємодій з продуктами гідратації цементу. Крім того, негативний заряд молекул натрієвої солі забезпечує їх проникання глибоко в пори кристалогідратів, забезпечуючи їх кольматацію і водонепроникність всього покриття.

Остаточний склад плівкоутворюючої «ЗС-1»: оліфа – 25 – 30, добавка С-3 – 0,1 – 0,3 % від маси оліфи, луг NaOH – 0,3 % від маси оліфи, решта – вода. Експериментально показано, що застосування плівкоутворюючої «ЗС-1» знижує волого втрати з бетону в 3 рази, і його ефективність не нижче, ніж у «ПМ-100».

У сьомому розділі наведено результати експериментальних досліджень впливу на стиранність бетону циклічних впливів насичення-висушування, заморожування-відтавання, а також зміни вмісту цементу, піску і щебеню. Оцінку стиранності бетону проводили на зразках з витратою цементу 400 кг/м^3 , при відношенні Щ: П = 1:1, 1:1,67 і 1:3 (рис. 22).



Контрольні зразки, нижня грань



80 циклів, нижня грань

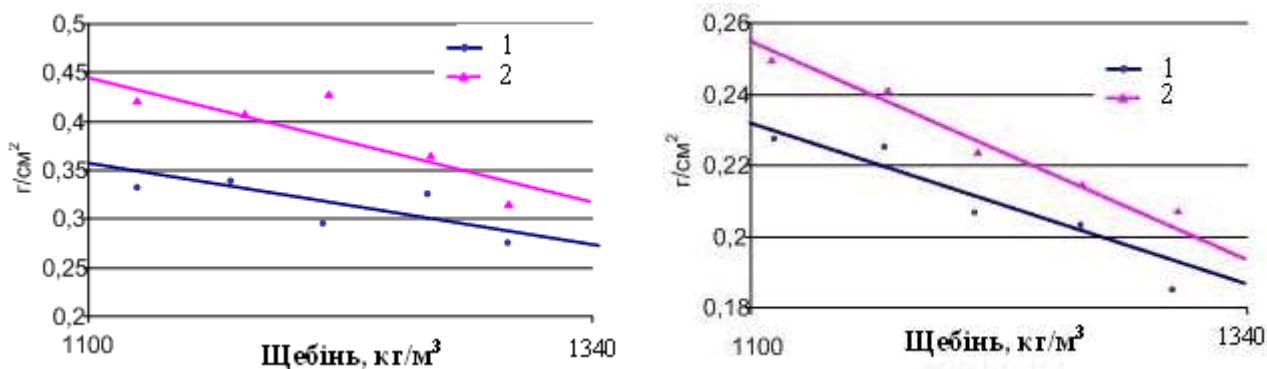


Рис. 22. Залежність стиранності бетону від вмісту щебеню:
1 – вологий; 2 – сухий

Для кількісної оцінки стійкості структури бетону введений новий показник – коефіцієнт стиранності бетону $K_g^s = G_{\text{осн}}/G_{\text{конт}}$, який є відношенням стиранності бетону після циклів впливів до стиранності до випробувань. Показано, що стиранність бетону збільшується при зменшенні вмісту щебеню. Основна стиранність (80–90 %) відбувається після 80 циклів впливів. Циклічне заморожування-відтавання викликає збільшення стирання бетону в порівнянні з насиченням-висушуванням на 12 %. Вплив насичення бетону 5 % розчином NaCl на показник стирання несуттєве. Це свідчить про те, що насичення-висушування бетону є важливим чинником його руйнування нарівні із заморожуванням-розморозжуванням. Аналіз графіків (рис. 22) показує, що стиранність верхніх граней зразків вище, ніж нижніх як до початку циклічного впливів, так і після. Для всіх зразків можна відзначити зниження стиранності зразків у сухому стані в порівнянні з водонасиченими зразками. Аналогічні графіки побудовані для значень стиранності при зміні витрат піску та цементу.

На підставі результатів випробувань зроблено висновок про існування певної величини коефіцієнта стійкості структури цементного бетону, по досягненні якої бетон припиняє чинити опір дії агресивних факторів.

Побудовані відповідні графіки критичного стирання, яке оцінюється за морозостійкістю, для бетону складів Щ:П=1:1,1,67:1 і 3:1. Критичної вважалася стиранність, при якій коефіцієнт морозостійкості склав 0,95.

Визначено її значення для складу Щ: П = 1:1 – 0,96 г/см², для складу Щ: П = 1,67:1 – 1,04 г/см², для складу Щ:П = 3:1 – 1,15 г/см². Із збільшенням вмісту щебеню зростає стійкість бетону до морозно-сольовому впливу. На основі проведених досліджень розроблена модельна система стирання бетонного покриття, що дозволяє встановити фізичні залежності між стиранням цементного бетону та роботою стирання, яке виконувалось в лабораторних і реальних умовах.

Виконано аналіз впливу змін макро-і мезоструктурних характеристик бетону на стиранність після його циклічного насичення-висушування (80 циклів), рис. 23. На графіку стиранності контрольного сухого зразка проявляються 2 значення коефіцієнтів розсунення зерен щебеню, при яких стиранність мінімальна, $\alpha = 1,38$ і $\alpha = 1,58$, рис. 23а. Значення 1,38 близько до розрахункової величини оптимального коефіцієнта розсунення зерен щебеню

$\alpha_{\text{опт}}$ при розташуванні в прошарку розчину 2 рядків зерен піску однакового розміру $d = 0,6$ мм, а 1,58 – оптимальному коефіцієнту розсунення зерен піску $\mu_{\text{опт}}$:

$$\alpha = 2,1 \cdot \left(1 + \frac{2 \cdot 0,6 \cdot 0,7}{15}\right)^3 - 1,1 = 1,37; \quad \mu_{\text{опт}} = 2,1 \cdot \left(1 + \frac{0,05}{0,6}\right)^3 - 1,1 = 1,57.$$

На відміну від сухого, у вологого зразка перший екстремум зберігся, а другий зник. Немає його і на графіках стиранності зразків бетону після циклічного насичення-висушування (рис. 23, б).

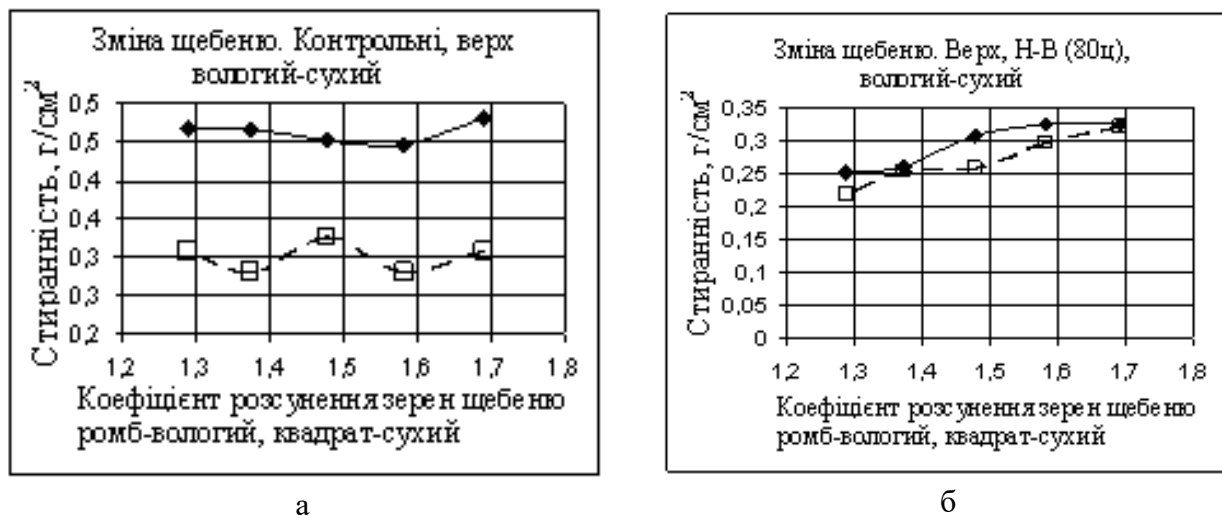


Рис. 23. Стиранності бетону після циклічного насичення-висушування, Н-В (80 циклів), і контрольних (без нього) від коефіцієнтів розсунення зерен щебеню за рахунок зміни його витрати

Це свідчить про те, що в тонкому поверхневому шарі вологих або періодично насичених зразків бетону розчин має низьку міцність, в порівнянні з сухим розчином (своєрідний ефект зниження поверхневого натягу, за Ребіндером, при стиранні). Тому міцність розчину в прошарку оптимальної товщини виявилася такою ж, як і в обсязі, що виключило ефект впливу $\alpha_{\text{опт}}$. Проведений аналіз впливу на стиранність бетону коефіцієнта розсунення зерен піску показало аналогічний характер залежностей.

Проаналізовано також дані стиранності для складів бетону, в яких зміна коефіцієнтів розсунення зерен піску здійснювалося за рахунок зміни витрати цементу. Відмінністю таких складів є сталість коефіцієнта розсунення зерен щебеню α . На графіках проявилися 2 екстремуму – при $\mu = 1,05$ і $\mu = 1,48$. Перший відповідає формуванню прошарку цементного каменю з частинок цементу фракції 5 мкм, а другий екстремум наближається до $\mu_{\text{опт}} = 1,57$, який не потрапив в інтервал досліджуваних значень. У складах бетону, підданих насиченню-висушуванню, зникли екстремуми при $\mu = 1,05$, що пояснюється розчиненням частинок менше 5 мкм і різким ослабленням розчину, як у наведеному вище випадку для щебеню. За даними графіків визначені інтервали змін коефіцієнтів розсунення зерен піску і показано, що найбільший вплив на

стиранність надає зміна вмісту піску, потім щебеню і найменші – зміни вмісту цементу.

Виконані дослідження впливу мезо- і макроструктурних характеристик бетону на його стирання, в тому числі при циклічному насиченні-висушуванні, (80 циклів) дозволили з'ясувати механізм цих впливів. Стираючи навантаження від шліфувального круга і шліфпорошків крупністю до 0,5 мм у вигляді ударних навантажень передаються на зерна піску, близькі до розмірів зерен шліфпорошків, і вибиваються останніми з розчину. Передача цих ударних навантажень на зерна щебеню призводить до повільного вибивання зернят щебеню, з яких він складається, порівняних з розмірами зерен піску. Руйнування цементного каменю, що відбувається за рахунок випаровування води з нього, прискорюється при циклічному насиченні-висушуванні.

Восьмий розділ присвячений впровадженню результатів досліджень по дисертації. Основними результатами впровадження є методики, спосіб підбору складу дрібнозернистих дорожніх бетонів, нормативні документи, перераховані в загальній характеристиці роботи, а також розроблений захисний склад на основі оліфи «ЗС-1». Спосіб підбору складу дрібнозернистих бетонів включає: оцінку гранскладу заповнювачів, вибір оптимального співвідношення діаметрів часток сусідніх фракцій у межах 4...6 при відношенні їх мас 1:1 і визначення на цій основі маси кожної фракції заповнювача. Оптимізацію здійснювали по щільності.

Методики були впроваджені при будівництві та реконструкції автомобільних доріг, майданчиків і аеродромів та випуску виробів. Використання методик дозволило правильно визначити оптимальну кількість добавок-пластифікаторів, зменшити їх витрати для приготування бетонної суміші, оптимізувати витрати плівкоутворюючих речовин, скорегувати склад бетону і хімічних добавок, що дозволило знизити собівартість бетону і його вологовтрати до мінімуму. Впровадження складу «ЗС-1» на основі оліфи виконано при захисті парапетного огороження шляхом заміни дорогого лаку. Результати досліджень широко застосовуються в навчальному процесі Харківського національного автомобільно-дорожнього університету.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. При одночасному впливі на поверхню дорожнього бетону в умовах стираючих навантажень від транспорту, циклічного заморожування-відтавання, насичення-висушування у водних розчинах солей або органічних рідинах дорожні бетони швидко руйнуються. Використання традиційних і нових матеріалів для захисту бетону від такого руйнування малоефективне або занадто коштовне, часто небезпечне для навколишнього середовища і здоров'я людини. Основною причиною цього є недосконалість теоретичних уявлень про механізми руйнуючого впливу різних факторів, і, в першу чергу, змочування, випаровування – первинних процесів практично всіх руйнуючих факторів. Традиційні уявлення найчастіше мають описовий характер, не відображають дійсних сил руйнування і сил, що перешкоджають їм. У дисертації розроблені

нові кількісні теоретичні уявлення про дійсні механізми руйнування і захисту від нього дорожнього бетону в процесі його експлуатації на основі традиційних і нових закономірностей колоїдної хімії та фізико-хімічної механіки дисперсних систем і матеріалів.

2. Показано, що для бетону проявляється щільна залежність між його міцністю та електроповерхневими потенціалами ψ_{EP} компонентів і продуктів гідратації цементу, а отже, поверхневої концентрацією їх потенційновизначаючих іонів ПВІ. На поверхні гранітного і кварцового щебеню, а також часток гідросилікатного гелю негативними ПВІ є іони OH^- , а позитивними (у мармурового та вапнякового щебеню, портландіту та інших кристалогідратів) – катіони Ca^{2+} . Під впливом іон-іонного притягання між протилежно зарядженими ПВІ заповнювача і частинок кристалогідратів, в першу чергу портландіта, а також часток кристалогідратів КГ і гідросилікатного гелю Г формуються міцні щільні електрогетерогенні контакти ЕГК. Міцність і стійкість бетону визначаються ставленням КГ/Г та кількістю ЕГК, яке максимально при КГ/Г = 1.

3. Розкрито механізм змочування різних пісків водою, який полягає в поляризації молекул води і водневих зв'язків в напрямку поверхні піску під впливом його рівноважного електроповерхневого потенціалу ψ_{EP}^P . Виконані експериментально-теоретичні дослідження впливу на змочуваність різних пісків водними розчинами лугу $NaOH$, солі K_2SO_4 , змочувача ОП-7 і добавки С-3. Розкрито механізми їх впливу. Зокрема, розчин лугу для кварцового піску і відпрацьованих формувальних сумішей (ВФС) призводить до екстремального (максимум при 0,1 %) збільшення змочування цих пісків, а для вапнякового піску, навпаки, – до зниження. Це обумовлено зміною під впливом $NaOH$ абсолютної величини рівноважних потенціалів ψ_{EP}^P , товщини шару поляризованої води і, відповідно, змочування пісків. Кінетика змочування обумовлена часом встановлення рівноважного стану ПЕШ при додаванні $NaOH$ у воду. Розчин солі K_2SO_4 практично не впливає на змочування кварцового і вапняного піску у зв'язку з її індиферентністю по відношенню до поверхні кварцу і вапняку. Неіоногенність і полярність зв'язку С-ОН у змочувача ОП-7 виключає його адсорбцію на негативно зарядженій поверхні кварцу і, навпаки, забезпечує її на позитивно зарядженій поверхні вапняку, гідрофобізує його. Добавка С-3, що є аніонним поліелектролітом, не адсорбується на поверхні негативно зарядженого кварцу, сильно адсорбується на позитивно зарядженій поверхні вапняку. Відповідно, змочування кварцу практично не змінюється, а змочування вапнякового піску зменшується.

4. Описано механізм випаровування вільної води, води з малих капілярів, з капілярів бетону, дано відповідні схеми, представлено рівняння стаціонарного потоку при рівності капілярної сили на меніску, утягуючої змочувальний потік в капіляр, і сили тертя об стінку капіляра, що перешкоджає цьому. При цьому

визначено, що в'язкість води у стінок капіляра в порівнянні з об'ємною водою сильно збільшується за рахунок їх електроповерхневого потенціалу. Показано, що спочатку випаровується вода з кристалогідратних капілярів, а потім з глобулярних. Випаровування з гелевих капілярів не відбувається. Розрахункові величини близькі до експериментальних, що підтверджує коректність розроблених уявлень про механізм випаровування води з бетону.

5. Показано, що розчин (дрібнозернистий бетон) має значно менші вологовтрати, ніж бетон зі щебенем ($0,91 \text{ г/см}^2$ і $0,71 \text{ г/см}^2$). При цьому основний обсяг вологовтрат в грубозернистому бетоні досягається значно раніше. Встановлено, що основний вплив на вологовтрати і стираний бетон надають структурні характеристики бетону на мезо- і макрорівнях – коефіцієнти розсунення зерен піску μ і зерен щебеня α . Встановлено критерії мінімізації вологовтрат в бетоні – $\mu_{\text{опт}} = 1,14$ і $\alpha_{\text{опт}} = 1,5$, для дрібного піску і щебеню крупністю 20 мм.

6. Розроблено механізм стирання бетону – навантаження від шліфувального круга і шліфпорошків крупністю до 0,5 мм у вигляді ударних навантажень передаються на зерна піску, близькі до розмірів зерен шліфпорошків і вибиваються останніми з розчину. Передача цих ударних навантажень на зерна щебеню призводить до повільного вибивання зерен щебеню, з яких він складається, порівняних з розмірами зерен піску. Руйнування цементного каменя відбувається за рахунок випаровування води з нього, що прискорюється при циклічному впливі насичення і зволоження.

7. Визначена критична величина вологовтрат, яка не призводить до погіршення властивостей твердіючого бетону, на рівні $0,2 \text{ г/см}^2$ за 3 доби твердіння, що більше рекомендованої $0,055 \text{ г/см}^3$. В залежності від температури твердіння визначені мінімально допустимі витрати захисного плівкоутворюючого матеріалу.

8. Розроблена і впроваджена захисна плівкотвірна емульсія ЗС-1 на основі оліфи, яка дозволяє ефективно зменшувати втрати вологи при твердінні бетону до рівня вологості бетону, який укривається дорогими традиційними синтетичними лаками. Додання необхідних властивостей оліфи, основні компоненти якої є водонерозчинними, забезпечується її обмиленням за допомогою лужного розчину NaOH, а глибина проникнення в бетон – за рахунок введення добавки С-3.

9. Розроблена модельна система стирання бетонного покриття, що дозволяє встановити фізичні залежності між стиранням цементного бетону та роботою, що виконується в лабораторних і реальних умовах.

10. Результатами впровадження є розроблені методики, спосіб підбору складу дрібнозернистих дорожніх бетонів і ряд нормативних документів галузевого значення.

Основні положення дисертації опубліковано у таких роботах:

1. Грушко И.М. Влияние пылевидных фракций песка на поровую структуру бетона / И.М. Грушко, И.Г. Кондратьева, Ю.М. Мельник, С.Н. Толмачев, Н.М. Калиновская // Строительные материалы и конструкции. – 1989. – №3. – С. 37 – 38.

Особистий внесок: встановлено залежність розміру пор від крупності зерен піску.

2. Толмачев С.Н. Новый метод регулирования процессов испарения влаги из свежееуложенного бетона / С.Н. Толмачев, И.Г. Кондратьева, Ю.М. Мельник // Теория и практика строительства и строительных материалов: труды международного семинара, Сумы. – 1994. – С. 65 – 67.

Особистий внесок: розробка складу захисно-декоративної емульсії.

3. Ольгинский А.Г. Цементные бетоны на местных некондиционных заполнителях для сельского строительства с использованием побочных продуктов промышленности / А.Г. Ольгинский, С.Н. Толмачев, А.А. Редкозубов // Международный сборник трудов «Эффективные материалы и конструкции для сельскохозяйственного строительства», Новосибирск. – 1995. – С. 79 – 82.

Особистий внесок: дослідження залежності міцності бетону від крупності піску.

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

Особистий внесок: аналіз взаємозв'язку міцності і густини бетону.

5. Толмачев С.Н. Пленкообразующие материалы для ухода за свежееуложенным цементобетонным покрытием / С.Н. Толмачев, И.Г. Кондратьева, Л.С. Мартыненко, А.А. Колосов // Промышленность стройматериалов и стройиндустрия, энерго- и ресурсосбережение в условиях рыночных отношений: труды международной конференции, Белгород / Белгор. гос. технол. ун-т. – Белгород: Изд-во БГТУ им. В.Г. Шухова, 1997. – Ч. 5. – С. 334 – 338.

Особистий внесок: розробка складу плівкоутворюючого матеріалу.

6. Толмачов С.М. Перспектива застосування шлакопортландцементу в дорожньому будівництві / С.М. Толмачов, Л.Д. Маракіна, О.О. Редкозубов // Автомобільні дороги і дорожнє будівництво: сб. трудов, Київ. – 1997. – Вип. 54. – С. 131 – 133.

Особистий внесок: оцінка впливу вмісту шлаку в цементі на показники якості бетону.

7. Толмачев С.Н. Влияние заполнителей на процессы смачивания и испарения влаги из монолитных дорожных бетонов / С.Н. Толмачев, Т.Р. Шарма // Науковий вісник будівництва. – Харьков: ХДТУБА, 1998. – Вып. 3. – С. 149 – 157.

Особистий внесок: аналіз експериментальних даних і побудова залежностей.

8. Толмачов С.М. Підвищення якості дорожніх бетонів за допомогою активації бетонної суміші і її компонентів / С.М. Толмачов, І.Г. Кондрат'єва,

Х.В. Абазов, О.А. Чаплинський // Автошляховик України. – 1999. – № 4. – С. 41 – 42.

Особистий внесок: аналіз результатів експериментальних досліджень.

9. Толмачев С.Н. Определение внутренних напряжений при неравномерном увлажнении-высыхании в цементных бетонах с применением ЭВМ / С.Н. Толмачев, А.Н. Чугуенко // Вестник ХГПУ. 2000. – Вып. 105. – С. 17 – 21.

Особистий внесок: експериментальна перевірка теоретичних положень розрахунків.

10. Чугуенко А.Н. Влияние циклического увлажнения-высыхания на долговечность дорожного цементного бетона / А.Н. Чугуенко, И.Г. Кондратьева, С.Н. Толмачев // Автомобильный транспорт и дорожное хозяйство на рубеже 3-го тысячелетия: труды международной конференции «Транспортное строительство», Харьков. – ХГАДТУ. – 2000. – С. 152 – 153.

Особистий внесок: встановлення залежностей між циклічним насиченням-висушуванням і характеристиками бетону.

11. Толмачев С.Н. Механизм структурообразования в цементном камне, уплотненном различными способами / С.Н. Толмачев, Ю.А. Костенко, Л.Д. Маракина // Хімія, хімічні технології та екологія: тематичний збірник наукових праць. – Харків: НТУ «ХП». – 2001. – № 23. – Т. 1. – С. 30 – 33.

Особистий внесок: аналіз експериментальних даних і розробка механізму структуроутворення

12. Синайко Н.П. К вопросу о механизме действия противоморозных добавок / Н.П. Синайко, А.П. Лихопуд, В.П. Сопов, С.Н. Толмачев // Долговечность строительных конструкций. Теория и практика защиты от коррозии: труды международной конференция, Волгоград, – 7 – 9 октября 2002. / Волгоград: Изд-во ВолгГАСУ, 2002. – С. 117 – 124.

Особистий внесок: експериментальні дослідження показників якості бетону, які тверділи при негативних температурах.

13. Костенко Ю.О. Гіперпресовані бетони / Ю.О. Костенко, С.М. Толмачов, А.О. Близнюк, І.Г. Кондратьєва // Автошляховик України. – 2001. – № 3. – С. 35 – 37.

Особистий внесок: розробка теоретичних положень передумов контактоутворення в гіперпресованих бетонах.

14. Толмачев С.Н. Истираемость дорожных бетонов, как фактор оценки долговечности / С.Н. Толмачев, И.Г. Кондратьева, Л.Д. Маракина, Х.В. Абазов // Вестник ХТУСА. – 2002. – Вып. 19. – С. 192 – 195.

Особистий внесок: встановлення взаємозв'язку стиранності та довговічності бетонів.

15. Толмачев С.Н. Структура бетона в агрессивных средах / С.Н. Толмачев, Чибозо Зенсу // Бетон и железобетон в Украине. – 2003. – № 2. – С. 9 – 12.

Особистий внесок: теоретичне обґрунтування стійкості бетону в агресивних середовищах.

16. Толмачев С.Н. Некоторые особенности подбора состава бетонов по методу прерывистой гранулометрии / С.Н. Толмачев, И.Г. Кондратьева, Ю.А.

Костенко, Л.Д. Маракина, Р.А. Гринченко // Ресурс і безпека експлуатації конструкцій, будівель і споруд: матеріали міжнародної конференції, Харків, ХДТУБА / Науковий вісник будівництва. – Харків: ХДТУБА. – 2003. – № 23. – С. 251 – 254.

Особистий внесок: теоретичне обґрунтування методу підбору складу.

17. Толмачев С.Н. Взаимосвязь технологических особенностей изготовления и свойств малоразмерных дорожных бетонных изделий / С.Н. Толмачев, И.Г. Кондратьева, Ю.А. Костенко, Л.Д. Маракина // Науковий вісник будівництва. – Харків: ХДТУБА. – 2003. – № 24. – С. 63 – 68.

Особистий внесок: обґрунтування залежності якості бетону від способу ущільнення.

18. Толмачев С.Н. Актуальные проблемы ремонта бетонных покрытий дорог / С.Н. Толмачев, И.Г. Кондратьева, Л.Д. Маракина, А.Н. Чугуенко, В.С. Семененко // Методи підвищення ресурсу міських інженерних інфраструктур: Матеріали I міжнародного науково-практичного семінару / Науковий вісник будівництва. – Харків: ХДТУБА. – 2004. – № 26. – С. 223 – 227.

Особистий внесок: розробка складу для ремонту бетонних покриттів.

19. Толмачев С.Н. Причины разрушения дорожных бетонов при действии агрессивных факторов / С.Н. Толмачев // Науковий вісник ДонДГАСА. – Макіївка: ДонДГАСА. – 2004. – № 1(43). – Том 2. – С. 134 – 138.

Особистий внесок: експериментальні дослідження і аналіз отриманих результатів.

20. Толмачев С.Н. Материаловедческие аспекты обеспечения долговечности дорожных цементных бетонов / С.Н. Толмачев, И.Г. Кондратьева, В.С. Толмачев, Р.А. Гринченко // Міжнародна науково-практична конференція, присвячена 60-річчю національного транспортного університету / Автомобільні дороги і дорожнє будівництво. – Київ. – 2004. – Вип. № 70. – С. 86 – 93.

Особистий внесок: аналіз експериментальних даних про вплив добавок на вологовтрата і стиранисть бетону.

21. Толмачев С.Н. Улучшение смачиваемости заполнителей для бетонов как способ повышения их долговечности / С.Н. Толмачев, И.Г. Кондратьева, Л.Д. Маракина // Науковий вісник будівництва. – Харків: ХДТУБА. – 2004. – № 29 – С. 101 – 105.

Особистий внесок: обґрунтування необхідності вибору змочувача в залежності від виду заповнювача і цементу.

22. Толмачев С.Н. Эффективность добавок системы «Релаксол» в дорожных цементных бетонах / С.Н. Толмачев // Химические и минеральные добавки в бетон. – Харьков: Изд-во «Колорит». – 2005. – С. 222 – 229.

Особистий внесок: експериментальні дослідження і аналіз особливостей впливу добавок «Релаксол» на властивості бетону.

23. Толмачев С.Н. Взаимосвязь смачиваемости заполнителей и показателей качества цементных композитов / С.Н. Толмачев, И.Г. Кондратьева, Л.Д. Маракина, С.Е. Солдатенко // Науковий вісник будівництва. – Харків: ХДТУБА. – 2005. – № 31. – С. 107 – 113.

Особистий внесок: аналіз експериментальних досліджень і встановлення взаємозв'язку між змочуванністю та якістю бетону.

24. Толмачев С.Н. Взаимосвязь истираемости и морозостойкости дорожных бетонов / С.Н. Толмачев, И.Г. Кондратьева, А.Н. Чугуенко, Р.А. Гринченко // Вестник ХНАДУ. – Харьков: ХНАДУ, 2005. – Вып. 30. – С. 207 – 210.

Особистий внесок: експериментальні дослідження і встановлення взаємозв'язку між стиранністю та морозостійкістю бетонів.

25. Толмачев С.М. Прогнозування термінів проведення профілактичних робіт – шлях до зниження витрат на ремонт і подовження строку служби бетонного покриття / С.М. Толмачев, Р.О. Гринченко // Автошляховик України. – 2006. – № 3. – С. 40 – 41.

Особистий внесок: розробка алгоритму розрахунку строку служби бетонних покриттів.

26. Мороз В.С. Проблемы обеспечения морозостойкости дорожных бетонов / В.С. Мороз, С.М. Португальский, С.Н. Толмачев // Современные технологии и материалы в дорожном хозяйстве: Материалы международной научно-технической конференции. – Харьков, 2006. – С. 98.

Особистий внесок: обґрунтування основних особливостей отримання довговічних бетонів.

27. Толмачев С.Н. Дорожные цементные бетоны высокой долговечности / С.Н. Толмачев // Строительное материаловедение – теория и практика: сб. трудов Всероссийской научно-практической конференции. – Москва. – 2006. – С. 278 – 279.

Особистий внесок: експериментальне і теоретичне обґрунтування необхідності двохстадійного контролю якості бетону: на етапі виготовлення та експлуатації.

28. Толмачев С.Н. Влияние истираемости дорожных бетонов на их морозостойкость / С.Н. Толмачев, И.Г. Кондратьева, Л.Д. Маракина, С.Е. Солдатенко // Науковий вісник будівництва. – Харків: ДТУБА, 2007. – № 40. – С. 90 – 93.

Особистий внесок: встановлення кількісного взаємозв'язку стиранності і морозостійкості бетонів.

29. Толмачев С.Н. Коррозионная стойкость дорожных бетонов на различных цементах / С.Н. Толмачев, И.Г. Кондратьева, Л.Д. Маракина, М.С. Павинская, О.Ю. Турчина // Науковий вісник будівництва. – Харків: ХДТУБА, 2007. – № 41. – С. 180 – 184.

Особистий внесок: аналіз експериментальних даних стійкості бетонів в корозійних середовищах.

30. Толмачев С.Н. Повышение долговечности дорожных цементобетонов / С.Н. Толмачев, И.Г. Кондратьева // Научные исследования, наносистемы и ресурсосберегающие технологии в стройиндустрии: сб. докладов международной науч.-практич. конф., Белгород, 5 – 8 октября 2007 г. / Белгор.гос. технол. ун-т. – Белгород: Изд-во БГТУ им. В.Г. Шухова, 2007. – Ч. 4. – С. 313 – 315.

Особистий внесок: експериментальні дослідження і обґрунтування способів підвищення довговічності дорожніх бетонів.

31. Толмачев С.Н. Формирование и устойчивость структуры дорожных цементных бетонов / С.Н. Толмачев // II Научные чтения. – Науковий вісник будівництва. – Харків: ХДТУБА, 2007. – № 42. – С. 152 – 154.

Особистий внесок: опис основних закономірностей поведінки структури бетону при дії агресивних факторів.

32. Толмачев С.Н. Износостойкость дорожных цементобетонов при совместном влиянии физико-механических факторов / С.Н. Толмачев, И.Г. Кондратьева, А.Н. Чугуенко, Л.Д. Маракина, С.Е. Солдатенко // Науковий вісник будівництва. – Харків: ХДТУБА, 2007. – № 43. – С. 300 – 304.

Особистий внесок: аналіз експериментальних даних і встановлення закономірностей впливу складу бетону на його стиранність.

33. Толмачев С.Н., Пути повышения долговечности дорожных бетонов / С.Н. Толмачев, И.Г. Кондратьева, А.Н. Чугуенко, Л.Д. Маракина, С.Е. Солдатенко // Науковий вісник будівництва. – Харків: ХДТУБА, 2007. – № 44. – С. 143 – 149.

Особистий внесок: теоретичне обґрунтування шляхів підвищення довговічності дорожніх бетонів.

34. Толмачев С.Н. Влияние мезоструктуры на процессы структурообразования и свойства дорожных бетонов / С.Н. Толмачев // Дни современного бетона: труды 10-й международной научно-практической конференции. – Запорожье. – 2008. – С. 200 – 208.

Особистий внесок: експериментальні і теоретичні дослідження впливу розчинної частини на показники якості бетонів.

35. Толмачев С.Н. Пути повышения морозостойкости дорожных бетонов / С.Н. Толмачев // 80 лет Белорусской дорожной науке: материалы Юбилейной научно-технической конференции. – Минск, 2008. – С. 298 – 303.

Особистий внесок: аналіз експериментальних даних, обґрунтування причин зниження якості бетону і рекомендації по підвищенню його довговічності.

36. Толмачев С.Н. Влияние мезоструктуры на долговечность дорожных бетонов / С.Н. Толмачев, И.Г. Кондратьева // Бетони і розчини з використанням ефективних добавок та відходів промисловості: матеріали VII науково-технічного семінару «Структура, властивості та склад бетону». – Київ, 2008. – С. 212 – 219.

Особистий внесок: аналіз даних і встановлення характеру впливу розчинної частини на довговічність бетону.

37. Толмачев С.Н. Применение воздухововлекающих добавок для повышения морозостойкости дорожных бетонов / С.Н. Толмачев, А.В. Матяш, О.Н. Крупская // Науковий вісник будівництва. – Харків: ХДТУБА, 2009. – № 51. – С. 95 – 99.

Особистий внесок: встановлення залежності між кількістю залученого у бетон повітря і його морозостійкістю.

38. Толмачов С.М. Морозостійкі дорожні бетони з оптимізованим повітроутягненням / С.Н. Толмачев, І.Г. Кондратьєва, О.А. Беліченко, Г.В. Матяш // Сучасні технології бетону: в зб. третьої всеукраїнської науково-технічної конференції / Будівельні конструкції. – Київ: Вид-во. НДІБК, 2009. – Вип. 72. – С. 553 – 560.

Особистий внесок: встановлення взаємозв'язку між оптимальною кількістю залученого повітря і міцністю бетону.

39. Толмачев С.Н. Прогнозирование долговечности дорожных цементных бетонов / С.Н. Толмачев, И.Г. Кондратьева // Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди: зб. наук. прац. – Рівне, 2009. – Вип. 18. – С. 88 – 95.

Особистий внесок: розробка теоретичних положень прогнозування морозостійкості дорожніх бетонів.

40. Матяш А.В. Взаимосвязь воздухоудержания бетонной смеси и морозостойкости бетона / А.В. Матяш, С.Н. Толмачев, И.Г. Кондратьева, А.Ю. Вялых // Науковий вісник будівництва. – Харків: ХДТУБА, 2010. – № 57. – С. 195 – 202.

Особистий внесок: аналіз експериментальних даних і обґрунтування необхідності оптимізації повітроутягнення у бетонну суміш.

41. Толмачев С.Н. Исследование механизма морозного разрушения дорожных бетонов / С.Н. Толмачев, И.Г. Кондратьева, А.В. Матяш // Бетон и железобетон в Украине. – 2010. – № 2. С. 18 – 22.

Особистий внесок: теоретичне обґрунтування механізму морозного руйнування бетону.

42. Толмачев С.Н. Влияние условий твердения на морозостойкость дорожных цементобетонов / С.Н. Толмачев, И.Г. Кондратьева, А.В. Матяш, А.А. Грек, С.М. Миронов // Зб. наук. праць УкрДАЗТ. – Харків: УкрДАЗТ, 2010. – Вип. 115. – С. 91 – 97.

Особистий внесок: встановлення взаємозв'язку між умовами твердіння бетону і його морозостійкістю.

43. Толмачев С.Н. Роль мелких заполнителей в формировании структуры и свойств долговечных дорожных цементных бетонов / С.Н. Толмачев // Научные исследования, наносистемы и ресурсосберегающие технологии в промышленности строительных материалов: сб. докл. Междунар. науч.-практич. конф., Белгород, 5 – 8 октября 2010 г. / Белгор. гос. технол. ун-т. – Белгород: Изд-во БГТУ им. В.Г. Шухова, 2010. – Ч. 3. – С. 255 – 262.

Особистий внесок: експериментальні і теоретичні дослідження по обґрунтуванню основного вкладу якості мезоструктури в довговічність дорожніх бетонів.

44. Толмачев С.Н. Исследование морозостойкости аэродромных бетонов / С.Н. Толмачев, А.В. Матяш // Будівельні матеріали, виробы та санітарна техніка: наук. техн. збірник. – Київ: Товариство «Знання України»,

2011.

Вип. 39. – С. 102 – 108.

Особистий внесок: аналіз даних і встановлення залежностей морозостійкості бетону від складу водяних агресивних рідин.

45. Толмачев С.Н., Бетонные смеси и бетоны с современными добавками для аэродромного строительства / С.Н. Толмачев, И.Г. Кондратьева, Ю.А. Храмцова // Научный вестник строительства. – Харьков: ХДТУБА, 2011. – № 63. – С. 209 – 215.

Особистий внесок: аналіз даних і встановлення особливостей впливу сучасних суперпластифікаторів на властивості цементних систем у різних температурно-вологісних умовах.

46. Толмачев С.Н. Особенности морозно-солевого воздействия на свойства аэродромного бетона / С.Н. Толмачев, А.В. Матяш // Строительные материалы. – 2011. – № 3. – С. 107 – 109.

Особистий внесок: аналіз особливостей одночасної дії негативних температур і агресивних солей на морозостійкість аэродромного бетону.

47. Толмачев С.Н. Исследования смачивания подложек различного минерального состава растворами ПАВ / С.Н. Толмачев, И.Г. Кондратьева // Строительные материалы. – 2011. – № 10. – С. 19 – 21.

Особистий внесок: аналіз експериментальних даних і встановлення взаємозв'язку змочуваності заповнювачів різного мінералогічного складу і властивостей сумішей і бетонів.

48. Tolmachov S. The role of carbonaceous nanoparticles in the structure formation of fine road concretes / S. Tolmachov, O. Belichenko // 18 Internationale Baustofftagung, 12 – 15 September 2012, Bundesrepublik Deutschland: Tagungsbericht. – Weimar, 2012. – Band 2. – P. 2.0719 – 2.0726.

Особистий внесок: теоретичне обґрунтування впливу вуглецевих дисперсних частинок на структуроутворення в дорожніх бетонах.

49. Толмачев С.Н. Повышение долговечности тяжелых бетонов путем комплексной активации его структурных уровней / С.Н. Толмачев, Е.А. Беличенко // Строительные материалы. – 2012. – № 9. – С. 76 – 78.

Особистий внесок: теоретичне обґрунтування поліпшення властивостей бетонів за рахунок активації різних рівней структури бетону за допомогою різних засобів.

50. Толмачев С.Н. Сравнительная оценка истираемости монолитного бетона и его компонентов / С.Н. Толмачев // Строительные материалы. – 2012. – № 12. – С. 11 – 13.

Особистий внесок: дослідження стираності компонентів бетону і оцінка їх впливу на загальну стираність бетону.

51. Пат. 56391 України, МПК С 04 В 28/00. Комплексне в'яжуче з використанням відходів вуглевидобутку / Хоботова Е.Б., Толмачов С.М., Уханьова М.І., Грек А.О.; заявники та патентовласники Харківський національний автомобільно-дорожній університет, Хоботова Е.Б., Толмачов С.М., Уханьова М.І., Грек А.О. – № u201008552; заявл. 08.07.2010; опубл. 10.01.2011, Бюл. №1, 2011.

Особистий внесок: сформульовано формулу корисної моделі.

52. Пат. 75006 України, МПК С 04 В 28/00, С 04 В 111/20. Спосіб приготування дрібнозернистих цементних бетонів на заповнювачах типу золошлаків, відпрацьованих формувальних сумішей ливарного виробництва, горілих шахтних порід / Толмачов С.М., Кондратьєва І.Г., Беліченко О.А.; заявники та патентовласники Харківський національний автомобільно-дорожній університет, Толмачов С.М., Кондратьєва І.Г., Беліченко О.А. – № u 201200090; заявл. 03.01.2012; опубл. 26.11.2012, Бюл. №22, 2012.

Особистий внесок: сформульовано формулу корисної моделі.

АНОТАЦІЯ

Толмачов С.М. Розвиток теорії руйнування і стійкості дорожніх цементних бетонів при дії агресивних факторів. – Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.23.05 – будівельні матеріали і вироби. Українська державна академія залізничного транспорту. – Харків, 2013.

Дисертація присвячена створенню нових кількісних теоретичних уявлень про дійсні механізми руйнування і захисту від руйнування дорожнього бетону в процесі його експлуатації.

Дається критичний аналіз сучасних уявлень про деформацію і руйнування дорожнього бетону при дії агресивних чинників, способи підвищення довговічності, особливості впливу кліматичних умов на процеси масопереносу і випаровування вологи з твердіючого бетону, особливості і закономірності вологовтрат на захищених і відкритих поверхнях бетону. Розвинені уявлення про механізми розмивання контактів і випаровування води як чинників руйнування і довговічності дорожнього бетону. Показано, що довговічність дорожнього бетону, як і будь-якого іншого, його стійкість в умовах заморожування і відтавання, зволоження і висушування (випаровування), а також корозії обумовлені існуванням подвійного електричного шару ПЕШ на поверхні бетону і його структурних елементів, електрокапілярними явищами, а також електроповерхневими взаємодіями структурних елементів один з одним і з водою в адсорбційному і дифузному шарах.

На основі експериментально-теоретичних досліджень розроблені нові теоретичні уявлення про механізми випаровування вільної і фізико-хімічно зв'язаної води, змочування бетону і його компонентів, стиранність бетону. Уточнена дійсна швидкість випаровування води з вільних об'ємів і бетону.

Проведені експериментальні дослідження впливу на стиранність бетону циклічних дій насичення-висушування, заморожування-відтавання, а також впливу зміни вмісту цементу, піску і щебеню. Розроблені схеми процесів змочування, випаровування, структури бетону на різних рівнях, будови ПЕШ і його дифузної частини, що відповідає за процеси вимивання і вилуговування бетону, розроблені математичні моделі процесів і взаємодій.

Приведені дані про впровадження результатів досліджень по дисертації.

Ключові слова: бетон, дорожній, висушування, насичення, заморожування, стиранність, надійність, довговічність, оліфа, добавки.

АННОТАЦІЯ

Толмачев С.Н. Развитие теории разрушения и стойкости дорожных цементных бетонов при действии агрессивных факторов. – Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 05.23.05 – строительные материалы и изделия. Украинская академия железнодорожного транспорта. – Харьков, 2013.

Диссертация посвящена созданию новых количественных теоретических представлений о действительных механизмах разрушения и защиты от разрушения дорожного бетона в процессе его эксплуатации. Теоретической основой при этом явились традиционные и новые закономерности коллоидной химии и физико-химической механики дисперсных систем и материалов.

Дается критический анализ современных представлений о деформировании и разрушении дорожного бетона при действии агрессивных факторов, способы повышения долговечности, особенности влияния климатических условий на процессы массопереноса и испарение влаги из твердеющего бетона, особенности и закономерности влагопотерь на защищенных и открытых поверхностях бетона. Развита представления о механизмах размывания контактов и испарения воды как факторов разрушения и долговечности дорожного бетона. Показано, что долговечность дорожного бетона, как и любого другого, его стойкость в условиях замораживания и оттаивания, увлажнения и высушивания (испарения), а также коррозия, обусловлены существованием ДЭС на поверхности бетона и его структурных элементах, электрокапиллярными явлениями, а также электроповерхностными взаимодействиями структурных элементов друг с другом и с водой в адсорбционном и диффузном слоях.

Выполнен большой комплекс стандартных физико-механических и физических методов исследований и испытаний, в т.ч. прочности, подвижности, удобоукладываемости, расслаиваемости, плотности и пористости бетонных смесей и бетона, морозостойкости, истираемости и водопоглощения, испарения воды из бетона. Кроме того, использовали физико-химические методы исследований, в т.ч. метод дифференциальной сканирующей калориметрии (ДСК) с помощью сканирующего микрокалориметра ДСМ-2М.

На основе экспериментально-теоретических исследований разработаны новые теоретические представления о механизмах испарения свободной и физико-химически связанной воды, смачивания бетона и его компонентов, истирания бетона. Уточнена действительная скорость испарения воды из свободных объемов и бетона.

Проведены экспериментальные исследования влияния на истираемость бетона циклических воздействий насыщения-высушивания, замораживания-

оттаивания, а также влияния изменения содержания цемента, песка и щебня. Исследованы и даны величины влагопотерь из бетона при действии различных агрессивных факторов. Разработаны схемы процессов смачивания, испарения, структуры бетона на различных уровнях, строения ДЭС и его диффузной части, ответственной за процессы вымывания и выщелачивания бетона, разработаны математические модели процессов и взаимодействий.

Приведены данные о внедрении результатов исследований по диссертации.

Ключевые слова: бетон, дорожный, высушивание, насыщение, замораживание, истираемость, надежность, долговечность, олифа, добавки.

ABSTRACT

Tolmachov S.N. Development of theory of destruction and stability of road cement concretes at the action of aggressive factors.

Dissertation on the competition of graduate degree of doctor of engineering sciences on speciality 05.23.05 – are building materials and wares. Ukrainian academy of railway transport. – Kharkiv, 2013.

Dissertation is sanctified to creation of new quantitative theoretical ideas about the actual mechanisms of destruction and protecting from destruction of road concrete in the process of his exploitation. Theoretical basis of this theory are traditional and new conformities to law of colloidal chemistry and physical and chemical mechanics of the dispersible systems and materials.

The walkthrough of modern ideas is given about deformation and destruction of road concrete at the action of aggressive factors, methods of increase of longevity, features influence of climatic terms on the processes of transfer of mass and evaporation of moisture from a hardening concrete. It was consider the particularizes and law-governed of waste of water from the protected and open surfaces of concrete. Developed idea about the mechanisms of washing out of contacts and evaporation of water as factors of destruction and longevity of road concrete. It is shown that longevity of road concrete, as well as any other, his firmness in the conditions of freeze-thaw durability, moistening and drying, and also corrosion is conditioned by existence of double electric layer (DEL) on the surface of concrete and his structural elements, by the electro-capillary phenomena, and also electro-superficial co-operations of structural elements with each other and with water in adsorption and diffuse layers.

The large complex of standard mechanical and physical methods of researches and tests is executed, including to durability, mobility, placeability, stratification, to the closeness and porosity of concrete mixtures and concrete, frost-resistance, wearing away and water-absorption, evaporation of water from a concrete. In addition, used the physical and chemical methods of researches, including method of differential sweepable calorimetry (DSC) by means of sweepable microcalorimeter of ДСМ-2М, thermoanalysis by means of дериватографа Q – 1500D productions of Hungary.

On the basis of experimentally-theoretical researches new theoretical ideas are worked out about the mechanisms of evaporation of free and physically and chemical constrained water, moistening of concrete and his components, abrasion of concrete. Actual speed of evaporation of water is specified from free volumes and concrete.

The experimental are conducted researches of influence on wearing away of concrete of cyclic influences of satiation-drying, freezing-thawing, and also influence of change of maintenance of cement, sand and macadam. The sizes of evaporation of water are investigational and given from a concrete at the action of different aggressive factors. The charts of processes of moistening, evaporation, structures of concrete, are worked out on different levels, structures of DEL and his diffuse part accountable for the processes of washing and lixiviating of concrete, the mathematical models of processes and co-operations are worked out.

Data are shown about introduction of results of researches on dissertation.

Keywords: road concrete, drying, satiation, freezing, wearing away, reliability, longevity, drying oil, additions.

АВТОРЕФЕРАТ

дисертації на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук

РОЗВИТОК ТЕОРІЇ РУЙНУВАННЯ І СТІЙКОСТІ ДОРОЖНІХ ЦЕМЕНТНИХ БЕТОНІВ ПРИ ДІЇ АГРЕСИВНИХ ФАКТОРІВ

ТОЛМАЧОВ Сергій Миколайович

Відповідальний за випуск *Редкозубов О.О.*

Підписано до друку 07.03.2013 р. Формат 60 × 84 1/16. Папір офсетний.
Гарнітура Times New Roman Суг. Віддруковано на ризографі
Ум. друк. арк. 0,9.
Зам. № 85/13. Тираж 100 прим. Ціна договірна

ВИДАВНИЦТВО

Харківського національного автомобільно-дорожнього університету

Видавництво ХНАДУ, 61002, Харків-МСП, вул. Петровського, 25.
Тел. /факс: (057)700-38-64; 707-37-03, e-mail: rio@khadi.kharkov.ua

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.