

УДК 625.85(045)

Белятинський А.О., д.т.н., проф.,  
НАУ, м. Київ, Україна  
Зеленкова Г.Ф., к.т.н., доц.<sup>47</sup>  
НАУ, м. Київ, Україна

## **ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДОВГОВІЧНОСТІ БІТУМНИХ КОНГЛОМЕРАТІВ, ПРИЗНАЧЕНИХ ДЛЯ БУДІВНИЦТВА ДОРОЖНИХ І АЕРОДРОМНИХ ПОКРИТТІВ**

**Анотація.** В статті викладені основні питання, пов'язані із забезпеченням довговічності бітумних конгломератів, призначених для будівництва покриттів автомобільних доріг та аеродромів. Сформульована фізико-механічна сутність довговічності та основні факти, від яких вона залежить. Розкриті основні фактори, що визивають руйнування, виникнення мікро- та макротріщин в поверхневих шарах покриття. Доведена можливість виникнення процесів старіння в масиві конгломератів і їх попередження.

**Ключові слова:** бітумні конгломерати, мінеральні заповнювачі, покриття доріг, напруження, деформації, навантаження, утворення тріщин і довговічність.

**Вступ.** Довговічність – це комплексна властивість бітумних конгломератів, що відображає сукупність змінення міцністних, деформативних, фізичних та фізико-хімічних властивостей від впливу зовнішніх і внутрішніх факторів. Така властивість пов'язана зі старінням органічних в'язучих речовин з часом і порушенням структури конгломерату.

Основними факторами, що впливають на фізико-механічні властивості покриттів, є:

➤ характер і величина дії навантаження на поверхню покриття;

---

<sup>47</sup> © Белятинський А.О., Зеленкова Г.Ф.

- власна маса;
- водне середовище;
- зміна температури навколишнього середовища;
- дія агресивних реагентів;
- сонячна радіація, вітер;
- одночасна дія багатьох наведених факторів.

*Постановка проблеми.* Руїнування покриттів часто відбувається не внаслідок недостатніх початкових міцності або деформаційної стійкості матеріалу, а від дії зовнішніх факторів. Необхідно вирішити можливі конкретні причини, та їх вплив на процес руїнування.

Поступове руїнування будівельного матеріалу починається з поверхневих шарів, змінюючи геометричні розміри. Лінійні зміни визивають появу незворотніх об'ємних деформацій і погіршення фізико-механічних властивостей. Деформації, що виникли в тілі конгломерату, визивають пошкодження його структури: виникнення мікро- та макротріщин. Від багаторазового повторення збільшення деформацій процес руїнування не може зупинитись. За сприятливих експлуатаційних умов можливе часткове відновлення фізико-механічних властивостей бітумних конгломератів, що відрізняє їх від інших будівельних матеріалів.

В поверхневих шарах покриттів деструктивні процеси проявляються викрипуванням і випаданням мінеральних крупних та дрібних заповнювачів, що сприяє швидкому утворенню вибоїн [1].

*Вирішення проблеми.* Відсутність надійних методів розрахунку довговічності покриттів, дозволяє користуватися умовними способами визначення: довготривалим або прискореним. В першому випадку проводять спостереження

в умовах експлуатації дороги і виділяють окремі ділянки, де можливе руйнування покриттів. Видаляють з покриття окремі зразки і виконують лабораторні дослідження.

Довготривалі методи не можуть дати об'єктивну оцінку покриттів, визначити причини і наслідки руйнувань. Прискорені методи використовують для оперативного рішення окремих виробничих технологічних задач. Згадані методи можуть враховувати обмежену кількість факторів, що визивають руйнування. Оптимальним дослідженням може бути моделювання умов експлуатації дороги та різних негативних впливів факторів, які визначають руйнування.

Важко встановити пріоритети і послідовність таких впливів і дій, що також може привести до необ'єктивних висновків. Прогнозування довговічності покриттів за окремими показниками лабораторних випробувань фізико-механічних властивостей не відображає умов експлуатації конструкції дороги. Важко встановити головний показник якості, в якому могли бути відображені комплекс факторів, що впливають і визначають руйнування покриттів у реальних умовах експлуатації. В масиві конгломерату можуть спонтанно відбуватися процеси його старіння.

Спочатку структура ущільнюється, а через короткий час – руйнується, втрачаючи монолітність. Необхідно детально вивчити кожен фактор впливу та можливість його появи [2].

Дія транспортних засобів в залежності від величини та швидкості навантаження визиває в покриттях розвиток деформацій або окремих осередок скупчення напружень, які провокують появу спочатку мікротріщин, а згодом – їх збільшення.

В конгломератах крупні заповнювачі практично не деформуються. В них можуть з'явитись пружні деформації.

Їх деформативні властивості не пов'язані з температурними змінами та тривалістю дії навантаження. Мінеральний скелет чинить опір деформуванню тим ефективніше на скільки більшою може бути зчеплення між окремими мінеральними зернами. Збільшення товщини міжзернових плівок провокує появу в'язкопластичних деформацій, тому що у зв'язуючих плівках також відбувається додатковий процес перерозподілення зусиль і пружних деформацій. Отже, за позитивної температури розглядати як механічну модель з жорстким заповнювачем і в'язким елементом в'язучого. Жорсткі заповнювачі під бітумні конгломерати можна дією навантажень можна розглядати як пружні тіла згідно закону Гука:  $\sigma = G\varepsilon$ ,  $\sigma = E\varepsilon$  (1), а в'язкі окремі міжзернові зв'язуючі плівки – закону в'язкої рідини:  $\sigma = \eta \frac{d\varepsilon}{dt}$  (2),

де:  $\sigma$  –напруження;  $E$  і  $G$  – відповідно модулі пружності та деформацій зсуву;  $\varepsilon$  – пружня відносна деформація;  $\eta$  – коефіцієнт в'язкості;  $\frac{d\varepsilon}{dt}$  –градієнт швидкості деформації.

Зусилля від транспортних засобів визивають найбільші деформації на поверхні, а також по висоті покриття. Виникають сумарні дотичні напруження у верхній зоні покриття:  $\sigma = E\varepsilon + \eta \dot{\varepsilon}$  (3).

Важною характеристикою релаксації матеріалу в покритті є відношення  $\frac{\eta}{E}$ . Чим більше напруження і менша постійна часу релаксації, тим більша величина залишкової деформації в конгломераті. Вона збільшується відповідно збільшенню навантажень на покриття, а напруження від попередніх зусиль не встигають відновлюватися. В

результаті багаторазового навантаження з'являється сумарна залишкова деформація в товщі та на поверхні покриття. [4].

Для зменшення деформацій повзучості і незворотніх пластичних деформацій в поверхневих шарах покриття, необхідно переглянути склад конгломератної суміші та збільшити кількість мінеральних заповнювачів, а в'язучих речовин – зменшити. Тоді зовнішні напруження не передаються на між зернові контактні шари навіть з підвищенням температури зовнішнього середовища. Моноліт конгломерату працює згідно закону Гука.

За пористої структури конгломерату в умовах незв'язності окремих зерен щебеню, напруження від дії зовнішніх сил сприймаються в основному в'язким середовищем.

Із зменшенням температури навколишнього середовища з механічної моделі конгломерату частково або повністю втрачається в'язкий елемент. Деформації в таких умовах мають пружний характер, а деформації повзучості не спостерігаються. За різкої зміни температури та її коливань можливе утворення окремих або сітки тріщин. Чим більша швидкість і термін дії навантажень на покриття в порівнянні з часом релаксації, тим більше проявляються в'язкопластичні властивості бітумних конгломератів. В процесі експлуатації покриттів руйнування можуть бути значно складнішими в порівнянні з спостереженнями на моделях без врахування фізико-хімічних процесів, наявних в товщі покриття [5].

Важливим фактором довговічності покриттів є їх теплостійкість. В бітумних конгломератах бітумна або бітумополімерна речовина знаходиться в плівкоподібному стані, зв'язуючи окремі компоненти в тверде тіло. Товщина плівок не може бути однаковою навіть за однакових режимів

перемішування конгломератної суміші в процесі виготовлення та ущільнення. Менша товщина плівок показує, що більша частина в'язучої речовини переведена в сорбційно-дифузійний стан і знаходиться під дією поверхневих молекулярних сил, які визначають високу теплостійкість матеріалів.

До ефективних способів підвищення теплостійкості конгломератів можна віднести:

- збільшення температури розм'якшення в'язучих речовин;
- збільшення активності бітума шляхом додавання полімерних речовин;
- застосування мінеральних порошоків пористої структури і підвищеної дисперсності;
- збільшення контактної структури крупних заповнювачів, що мають кубоподібну або кулькову форму зерен;
- застосування в певних співвідношеннях не менше трьох фракцій крупних заповнювачів.

Контактну структуру мінеральної суміші можна досягти за безперервної або переривчастої гранулометрії заповнювачів.

Недостатня теплостійкість конгломератів в покриттях при їх експлуатації і зміні температури може визвати появу пластичних деформацій, які визивають на поверхні появу напливів, хвиль, зсувів тощо.

Важливо забезпечити деформаційну стійкість покриттів при мінусових температурах. Різка зміна температур від позитивних до мінусових стимулює появу розтягувальних зусиль, які швидко зростають і не компенсуються деформаційною здатністю матеріалу. Як наслідок

## Проблеми розвитку міського середовища. Вип.2 (12) 2014

утворюються мікро- і макротріщини, порушується суцільність покриття. Чим швидше зменшується температура навколишнього середовища, тим більша небезпека виникнення хрупкого розриву суцільності покриттів.

Для підвищення тріщиностійкості покриттів необхідно підвищити теплостійкість бітуму і збільшити його деформаційні властивості при позитивних і від'ємних температурах. Збільшення відношення кількості бітуму до ваги мінеральної частини порошку з урахуванням конкретних умов експлуатації також може значно підвищити тріщиностійкість покриттів.

По відношенню до покриттів автомобільних доріг і аеродромів вода є найбільшим агресивним середовищем.

За довготривалою або короткочасною дією води змінюються структура та фізико-механічні властивості конгломерату. Вода по капілярам навіть в незначних тріщинах просочується в моноліт. Особливо активно відбувається такий процес у весняно-осінній періоді року. За тривалої дії води можливе збільшення гідрофільності поверхні покриття, підвищення її змочування і адгезії між зволоженою твердою поверхнею і рідиною. Уповільнити процес руйнування можна технологічними засобами:

- максимальним ущільненням поверхні під час будівництва,
- збереженням ухилів, згідно проекту,
- утриманням поверхні доріг в чистоті тощо.

На поверхні покриття відбувається дифузія води, збільшується адгезія між твердою поверхнею і водою. Процес дифузії зростає за умови збільшення водорозчинних мінералів в конгломератів. Вода має достатню розвитку полярність і здатна відштовхувати з поверхні мінералів

молекули з меншою полярністю. Це стосується в першу чергу дисперсних часточок мінерального порошку в бітумних конгломератах дифузія води може збільшуватися в одиницю часу в сотні разів в порівнянні з застосуванням бітумно-полімерних в'язучих речовин [5].

На рис. 1 наведена залежність дифузії води на поверхні покриттів виготовлених з бітумних конгломератів, в залежності від різновиду мінерального порошку, його дисперсності та в'язучих речовин. Зменшення міцності конгломерату в поверхневих шарах покриттів відбувається за рахунок утворення пористої структури на межі розділу фаз: зв'язуючи – мінеральний заповнювач. Процес деформування конгломерату прискорюється, розвиваються пластичні деформації, які визначають появу деформацій повзучості. Таке явище не сприяє довговічності покриттів.

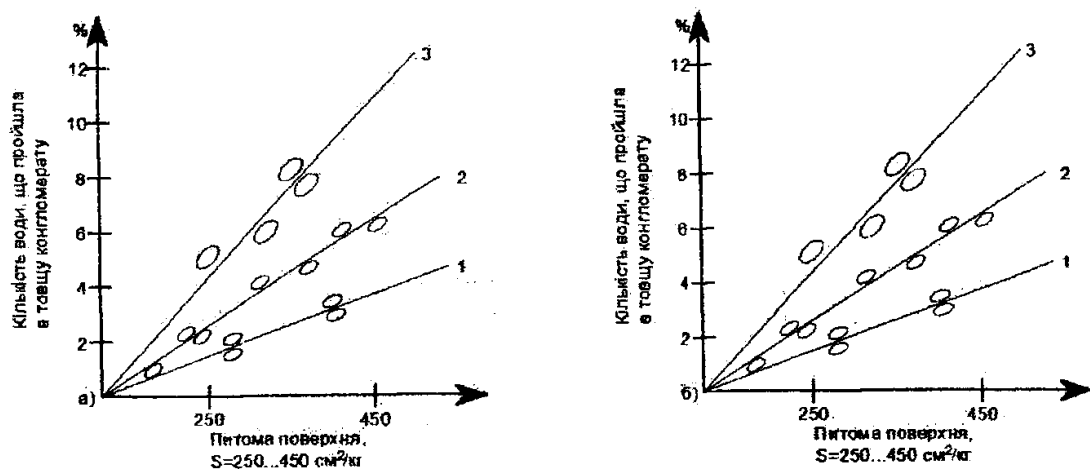


Рис. 1. Залежність дифузії води в бітумні конгломерати від різновиду застосованого мінерального порошку.

а) бітумне в'язуче; б) бітумне+полімерне в'язуче  
1 – гранітний відсів; 2. – доломіт; 3 – карбонатні породи.



## Проблеми розвитку міського середовища. Вип.2 (12) 2014

Продовжити довговічність покриттів можливо за рахунок влаштування і ущільнення додаткових та конструктивних шарів дорожнього одягу, забезпечення рівності поверхні покриття. Сумарна нерівність поверхні в см/км для доріг категорії ІА, ІБ не повинна перевищувати 40, а для ІІ і ІІІ – відповідно 45-50.

### *Висновки*

1. Руйнування покриттів відбувається в першу чергу від дії комплексу зовнішніх факторів, що з'являються в процесі експлуатації автомобільних доріг і аеродромів.
2. З часом міцність, деформативність, структура та фізико-хімічні властивості матеріалів змінюються не залежно від зміни навантажень на покриття.
3. Недостатня теплостійкість бітумних конгломератів визиває появу пластичних деформацій влітку, а взимку – появу крихкого руйнування суцільності покриття.

### **Список літератури**

1. Зеленкова Г.Ф. Основні фактори впливу на довговічність штучних бітумних конгломератів (ШБК). Матеріали ХІ міжнародної науково-технічної конференції «Авіа - 2013». – с. 36-40.
2. Зеленкова Г.Ф. Особливості структурно-механічних властивостей бітумних будівельних конгломератів. Вісник інженерної академії України. Вип. 1. К., 2013 – с. 267-269.
3. Белятинський А.О., Зеленкова Г.Ф. Штучні будівельні конгломерати у виготовленні дощеприймальних поверхонь. Проблеми водопостачання водовідведення та гідравліки. Науково-технічний зб., випуск 21, 2013. – с. 105-109.
4. Рыбьев И.А. Асфальтобетонные бетоны. М., «Вышшая школа», 1969.
5. Братчун В.І., Золотарев В.О., Пактер М.К., Беспалов В.Л. Фізико-хімічна механіка будівельних матеріалів. Під редакцією Братчуна В.І. Донбаська Національна академія. Макіївка – Харків. 206. С. 302.