

БУДІВЕЛЬНІ МАТЕРІАЛИ ТА ВИРОБИ

УДК 625.70

DOI 10.31649/2311-1429-2020-1-27-40

І. П. Гамеляк
А. М. Дмитриченко
І. І. Попелиш

**ВИКОРИСТАННЯ ГОТОВИХ УЩІЛЬНЮВАЧІВ ШВІВ В
ЦЕМЕНТОБЕТОННИХ ПОКРИТТЯХ АВТОМОБІЛЬНИХ
ДОРІГ І АЕРОДРОМІВ**

Національний транспортний університет

Підвищення вимог до надійності, працездатності і міцності дорожніх одягів викликане зростанням вантажопідйомності транспортних засобів і інтенсивності руху на дорогах. Зростаючим вимогам руху, як показує вітчизняний і світовий досвід, найбільшою мірою відповідають цементобетонні покриття. Стабільні транспортно-експлуатаційні показники, висока довговічність дають їм перевагу перед покриттями, побудованими із застосуванням органічних в'язучих.

У цементобетонних покриттях автомобільних доріг і аеродромів у процесі будівництва і реконструкції влаштовуються поздовжні і поперечні шви різного призначення які запобігають деформаціям і руйнування покриттів (утворення тріщин, відколи кутів і країв плит, лущення поверхневого шару бетону, поява вибоїн і раковин, вертикальні зсуви плит і їх жолоблення, руйнування стикових з'єднань і заповнювачів швів). Руйнування покриттів, як правило, має місце у випадках, коли напруги і деформації, що виникають у плитах, перевищують припустимі значення, а також при порушенні герметизації швів і тріщин.

Відновлення герметизації деформаційних швів і тріщин – важливі етапи робіт із продовження експлуатаційного ресурсу покриттів. Велику роль на ефективність роботи герметика у швах і його термін служби виявляє деформативність герметизуючих матеріалів. При виборі типу герметика враховують можливі максимальні негативні і позитивні температури повітря регіону, де експлуатуються покриття. У цей час створені унікальні герметизуючі матеріали з використанням полімерних композицій. Ці матеріали мають високі техніко-експлуатаційні характеристики й гарантований термін служби не менш 5 років.

Ущільнення або заповнення поперечних і поздовжніх швів у цементобетонних покриттях є важливим фактором для забезпечення довгострокових експлуатаційних якостей покриття. Досвід використання різних варіантів герметизуючих матеріалів для швів показує, що їх правильна установка може забезпечити важливі засоби захисту, які покращують характеристики швів і покриттів. В останні роки в закордонній практиці дуже часто використовується для герметизації швів технологія заочухання в шов еластичних цільних або порожніх гумових профілів. У цьому випадку можливе проведення робіт навіть у сиру погоду і при низьких температурах. Для установки профілів розроблені спеціальні машини. У статті розглядаються питання герметизації поперечних та поздовжніх швів цементобетонних покриттів автомобільних доріг і аеродромів герметизуючими матеріалами, у тому числі готовими ущільнювачами, необхідність їх використання та дослідження впливу герметизуючих матеріалів на конструкцію швів і експлуатаційні показники цементобетонних покриттів у цілому.

Ключові слова: цементобетонне покриття, герметизуючі матеріали, готові ущільнювачі швів, автомобільні дороги, аеродроми.

Вступ

При будівництві і реконструкції автомобільних доріг з цементобетонним покриттям влаштовуються як поздовжні так і поперечні шви, герметизація яких є важливим фактором для забезпечення довгострокових експлуатаційних якостей покриття [1-2].

Для більшості випадків герметизація швів запобігає від таких дефектів як здилблення, короблення, розтріскування, руйнування кромки цементобетонних плит, а також зниження несної здатності основи земляного полотна від попадання вологи, корозії арматури, руйнування швів тощо.

У зимовий період, а також при наявності досить інтенсивних опадів в осінній період, стає неможливим виконувати герметизацію деформаційних швів цементобетонного покриття по традиційній технології з використанням гарячих бітумно-полімерних мастик з дотриманням всіх вимог до технології виконання даних робіт [3-4].

У той же час існує альтернативна технологія і матеріали для герметизації швів готовими ущільнювачами із етилен-пропіленових каучуків (EPDM) та масло-бензостійких каучуків, температурний діапазон роботи вказаних матеріалів $-50+70$ °С [5-6]. Виробництво таких ущільнювачів необхідно розгорнути на ряді вітчизняних підприємств, щоби мати можливість

виготовити будь-які розміри шнура під індивідуальні потреби замовника. Окрім переваг, які пов'язані з можливістю проведення робіт по герметизації деформаційних швів при понижених температурах, несприятливих погодних умовах, значною перевагою є простота подальшої експлуатації деформаційних швів балансоутримувачем автомобільної дороги, адже заміна ущільнювача виконується вручну одним, двома робітниками, в той час як для заміни бітумно-полімерної мастики необхідне спеціалізоване обладнання, таке як машини для очистки швів, компресори, плавильно-залівні котли з відповідною ланкою машиністів та робітників-будівельників [6-8].

Метою роботи є аналіз основних факторів, що впливають на роботу швів в жорстких покриттях для можливості використання готових ущільнювачів швів в цементобетонних покриттях автомобільних доріг і аеродромів.

Результати досліджень

Цементобетонні покриття, відносяться до жорстких типів дорожніх одягів які при зміні температури навколишнього середовища, змінюють геометричні параметри конструкції, тобто при підвищенні температури вони розширюються, при зниженні - стискаються. Відповідно в цементобетонних плитах виникають напруження, які приводять до деформацій плит, наслідком яких є поява тріщин, сколи кромок, жолоблення плит, відповідно знижується міцність і довговічність дорожнього покриття. Для усунення даного недоліку в дорожніх покриттях влаштовуються деформаційні шви різного типу (розширення, стиску, робочі тощо)

Технологічна послідовність операцій по влаштуванню деформаційних (компенсаційних) швів наступна: підготовчі роботи; нарізання швів; очищення швів; обробка поверхні порожнини шва відповідною ґрунтовкою, (ґрунтувальний склад повинен рівномірно покривати поверхню бетону); заповнення швів герметизуючим матеріалом.

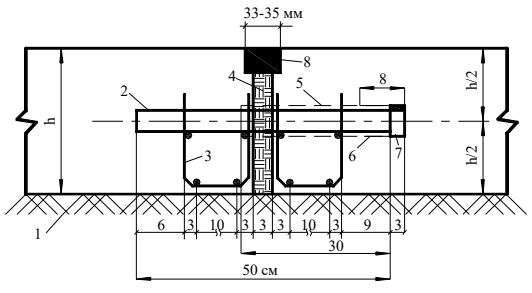
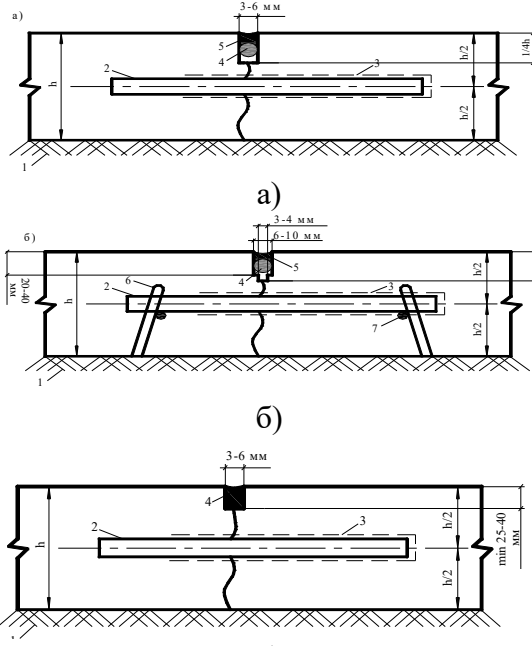
Підготовчі роботи. Перед початком робіт з будівництва цементобетонного покриття повинне бути передбачене необхідне обладнання для нарізки пазів поперечних і поздовжніх швів. Перелік необхідного устаткування включає наступне: нарізувач швів, ріжучий диск, охолоджувана рідина (вода), паливо-мастильні матеріали, розмічальні інструменти і матеріали. Кількість нарізувачів швів і ріжучих дисків визначається змінним укладанням цементобетонного покриття, вибором технології нарізки пазів швів і міцністю цементобетону. Ключовими параметрами для вибору нарізувачів є: потужність двигуна, маса нарізувача, максимальна глибина нарізки, універсальність і мобільність нарізувача, а також безпека в процесі нарізки пазів швів. Основним критерієм вибору ріжучих дисків є міцність бетону під час нарізки й відповідність дисків проектній ширині й глибині пазів швів, що нарізаються.

Нарізання швів. Для нарізки (розширення) швів використовуються дискові пилки з алмазним напилюванням. Для зменшення ступеня зношування, збільшення терміну служби дискових пилок, зменшення пилоутворення, використовується переважно їх «мокре» застосування тобто з підведенням води в зону нарізки, в окремих випадках нарізка швів відбувається без використання води. Для якісної нарізки швів у бетонних покриттях необхідний правильний добір нарізувачів швів і дискових пилок залежно від технології і виду нарізуваних швів, ступеня твердості затверділого бетону. Пази деформаційних швів слід нарізати при досягненні бетоном міцності при стиску в межах від 8 до 10 МПа.

Поперечні шви. Поперечні шви розширення та стиснення повинні бути нарізані перпендикулярно поздовжньої осі покриття. Відстань між швами розширення визначається проектом, приблизна конструкція, представлена на рис. 1. У якості пружного матеріалу може бути застосований пінополіуретан або дерев'яна дошка, яка попередньо повинна бути витримана у воді для набрякання та оброблена антибактеріальним складом.

Шви стиску забезпечують тріщиностійкість свіжеукладеного цементобетонного покриття. Відстань між швами стиску завжди слід приймати згідно із проектною документацією. Конструкції швів стиску повинні відповідати проектній документації і, як правило, мають конструкції, представлені на рис. 2.

Конструкції деформаційних швів

Тип шва	Схема	Опис
<p>Поперечні шви розширення</p>	 <p>Рисунок 1 – Конструкція шва розширення</p>	<p>1 – шар основи; 2 – металевий стержень; 3 – каркас-кошик; 4 – пружний матеріал; 5 – обмазка бітумом; 6 – ковпачок з гуми або поліетилену; 7 – повітряний зазор; 8 – паз шва заповнений герметизуючим матеріалом</p>
<p>Поперечні шви стиску</p>	 <p>Рисунок 2 – Конструкція шва стиску</p>	<p>а) одноступінчастий; б) двохступінчастий; 1 – шар основи; 2 – штирове з'єднання; 3 – обмазка бітумом; 4 – ущільнювальний шнур; 5 – паз шва, заповнений герметизуючим матеріалом; 6 – каркас-кошик; 7 – монтажна арматура в) Конструкція поперечного шва стиску на ранній стадії твердіння бетону 1 – шар основи; 2 – металевий стержень; 3 – обмазка бітумом; 4 – паз шва заповнений герметизуючим матеріалом</p>

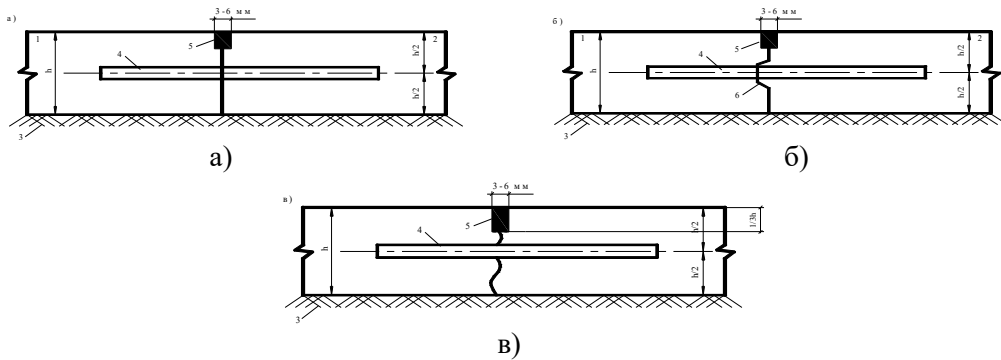
Ширина пазів швів стиску повинна відповідати вимогам проектної документації, яка призначається залежно від застосовуваного герметизуючого матеріалу, що підбирається проектувальником залежно від умов експлуатації автомобільної дороги із цементобетонним покриттям. Нарізки пазів швів стиску слід робити в затверділому бетоні при міцності бетону більше 8 МПа або в затверділому бетоні на ранній стадії твердіння бетону.

Мінімальна глибина нарізки пазів швів стиску повинна становити від 25 до 40 мм і не залежить від товщини покриття, що влаштовується. Конструкція поперечного шва стиску на ранній стадії твердіння бетону наведена на рис.2в.

Ущільнювальний шнур у пазу шва стиску, що влаштовується на ранній стадії твердіння бетону, застосовується залежно від глибини нарізки, що повинно визначатися будівельною організацією виходячи з оптимальної кількості, розташовування герметизуючого матеріалу, що застосовується при герметизації пазів швів.

Влаштування поздовжніх швів. Поздовжній шов повинен представляти безперервну лінію, розташовану по середині покриття або між смугами руху. Поздовжній шов не повинен знаходитися в зоні проїзду максимальної кількості коліс транспортних засобів, що розподілені по ширині покриття. Поздовжні шви надрізають на глибину від 1/3 до 1/4 товщина плити. Різання деформаційних швів виконується в твердіючому бетоні. Перше нарізання з шириною 3 мм, в залежності від температури оточення, виконується через від 7 до 14 годин із моменту вкладання покриття. Друге різання, розширює шов на ширину від 6 до 12 мм і до глибини 30 мм, виконується в пізніші строки, коли бетон досягне міцності вище 10...12 МПа. Усі поздовжні деформаційні шви

монолітного цементобетонного покриття влаштовуються по типу швів стиску. Конструкції поздовжніх швів стиски можуть бути наскрізними, шпунтовими, мати інший профіль поперечного перерізу для кращого сполучення сусідніх смуг, що бетонуються і помилковими швами стиску, що нарізаються на глибину не менше $1/3$ товщини покриття, що влаштовується. Конструкція поздовжнього шва стиску у вигляді помилкового і наскрізного шва стиску може бути визначена будівельною організацією, що виконує роботи з укладання покриття залежно від ширини бетонування, якщо в проектній документації не застережена ширина укладання за один прохід. Конструкції поздовжніх швів у вигляді умовного й наскрізного шва стиски представлено на рис. 3 відповідно.



а) – наскрізний шов; б) – шпунтовий шов; в) – неправильний шов;
 1 – бетон раніше покладеної смуги; 2 – свіжоукладений бетон; 3 – шар основи; 4 – металевий стержень;
 5 – паз шва, заповнений герметизуючим матеріалом; 6 – шпунт
 Рисунок 3 – Конструкції поздовжнього шва стиску залежно від схеми й ширини бетонування

Очищення шва. Очищення нарізаного шва від залишків бетону, пилу, піску, бруду проводиться з метою збільшення адгезії герметика до стінок шва, а значить і до збільшення гідроізоляції основи дорожнього одягу, що у свою чергу приводить до збільшення її надійності і довговічності. При високому ступеню забруднення нарізаного шва проводиться промивання його водою під тиском $0,4 \dots 0,5$ МПа в одному напрямку. Для додання стінкам шва більшої рівності, вертикальності і усунення дрібних дефектів які можуть виникнути при нарізуванні швів використовується роздільник швів. Потім проводиться зачищення шва щітковою машиною для видалення піску, бруду, каменів тощо, що залишилися. Остаточне очищення нарізаного шва від забруднень проводиться повітрям, обов'язковою умовою є оснащення повітряного компресора масловідділювачем для запобігання попадання промасленого повітря в порожнину шва, що неминуче приведе до зниження адгезії герметизуючих матеріалів до стінок шва. При необхідності видалити вологу з порожнини шва використовується відповідне устаткування.

Перевірка чистоти шва. Бригадир або інспектор за якістю не повинен дозволяти монтажній бригаді розпочинати заливку до тих пір, до поки порожнина шва не стане чистою. Є ряд способів об'єктивної оцінки порожнини шва для досягнення цієї мети. Простим і швидким тестом для перевірки чистоти будь – якої порожнини шва є «тест на протирання», розроблений в США компанією Wiss, Дженні, Elstner Associates для промисловості і прийнятий АСРА в якості стандарту для контролю якості [6 - 9].

Випробування на витирання фіксує відносну кількість цементобетонного пилу, шламу та забруднень в шві до заливки. Процедура вимагає використання чистої чорної тканини для протирання поверхні шва, щоб визначити наявність забруднення.

Бригадир або інспектор контролю якості вставляє тканину за допомогою шпателя і щільно втирає всю ширину тканини в кожную сторону і дно порожнини шва. Після протирання, бригадир або інспектор контролю якості виймає тканину і порівнює видимий рівень забруднення на тестовій тканині з еталонними фото в процедурі тесту. Порівняння забезпечує візуальне розмежування чистих і нечистих швів.

Установка ущільнювального шнура. Ущільнювальний шнур є важливим компонентом у герметизації швів, виконуючи при цьому кілька функцій. Правильно підібраний шнур з діаметром на $40-50$ % більше ширини шва ущільнює його в нижній частині, сприймаючи на себе герметизуючі функції при горизонтальних переміщеннях плит у випадку руйнування герметика і дозволяє суттєво заощаджувати його витрату при заливанні швів. У випадку якщо шов

розширення досить глибокий і ущільнювальний шнур не компенсує цю глибину, на дно шва засипається гумова крихта в необхідній кількості щоб мати щільний контакт із ущільнювальним шнуром.

Обробка стінок шва ґрунтовкою. Дана технологічна операція є однієї з найважливіших у якісному ущільненні шва. Ґрунтовка (праймер) повинна мати достатньо низьку в'язкість і поверхневий натяг, що дозволяє їй легко проникати в пори бетону стінок шва і утворювати на його поверхні клеючу плівку після висихання, з якої добре з'єднується потім високов'язкий герметик, що заливається. Висока в'язкість герметиків не дозволяє їм проникати глибоко в пори бетону, а значить і адгезія герметика до бетону буде недостатня для забезпечення високої надійності і довговічності гідроізоляції дорожнього одягу й усієї дороги в цілому.



Перевірка наявності бруду / пилу на стінах



Проведення контролю протиранням (мазком)



Тест протиранням (мазком) з помірним забрудненням



Тест протиранням (мазком) з мінімальним забрудненням

Рисунок 4 – Контроль забруднення шва

Заливка швів герметизуючими матеріалами. Ці матеріали вимагають нагрівання до 177-204 °С в спеціалізованих котлах. Внутрішній плавильний чан оточений чаном з маслом. Усередині куб для плавлення оточений чаном з маслом. Мішалка в плавильному чані допомагає рівномірно розподіляти тепло. Точне регулювання температури має важливе значення для отримання необхідних властивостей мастики.

Методи контролю герметизації швів. Випробування на поріз: випробування на поріз – це проста процедура перевірки, яка виявляє порушення технології герметизації швів. Випробування на поріз корисно для гарячих заливок, щоб показати, наскільки добре заливка прилипає до бічних стінок (рис. 5а). Інспектор контролю якості просто вставляє лезо ножа уздовж стін і використовує свої відчуття як спосіб оцінки прилипання.

Випробування на розтяг: цей тест корисний для силіконових герметиків після повного тверднення протягом 14 ... 21 діб. Для проведення перевірки, інспектор контролю якості видаляє невеликий 2-дюймовий (50 мм) зразок заливки. Розтягування сегмента приблизно на 50 відсотків (на 1 дюйм (25 мм)) протягом приблизно 10 секунд перед стягуванням дає швидку перевірку його пружних властивостей. Досить швидка і рівномірна релаксація зразка вказує на адекватне затвердіння. Повільне відновлення і закручування зразка вказує на порушення технології герметизації шва. Згинання виникає через те, що верхня (затверділа) заливка втягується швидше, ніж нижня (менш затверділа) частина, і може вказувати на проблему з якістю матеріалу.

Випробування на ручний натяг: випробування на ручний натяг корисно для перевірки зчеплення силіконової заливки з боковими стінками порожнини шва. Для проведення тесту:

1. Зробити розріз ножом перпендикулярно до шва від одного боку шва до іншого.
2. Зробити два паралельних розрізи довжиною приблизно 2 дюйми (25 мм), вздовж кожної сторони шва.
3. Помістити 1-дюймову (25-мм) відмітку на наконечник заливки, як показано на рисунку 5. Взятися за 2-дюймовий (50-мм) відрізаний сегмент заливки міцно якраз за 1-ший дюйм (25-мм) відмітити і потягнути під кутом 90 °, утримуючи лінійку поруч із заливкою.
4. Якщо 1-дюймову (25 мм) мітку на заливці можна витягнути до 5,5 дюйма (140-мм) відмітки на лінійці (повний натяг 4,5 дюйма (110 мм) або 450% подовження) і матеріал утримується без руйнування заливки, заливка повинна працювати у шві, розрахованому на відносне переміщення + 100 / - 50%.
- 5.

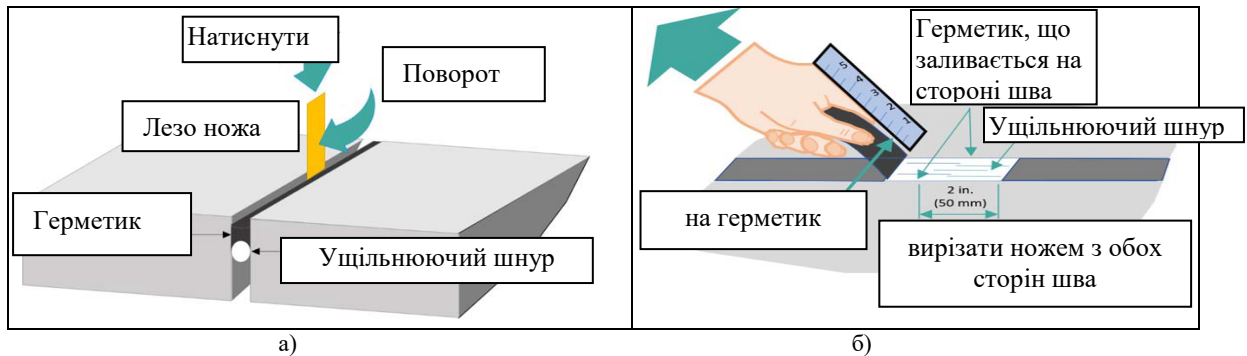


Рисунок 5 – а, б - Простий тест на прорізування для вибіркової перевірки прилипання заповнення (заливки), випробування на ручне розтягування для оцінки прилипання силіконової заливки

Основні вимоги до герметизуючих матеріалів. Бітумінозні герметизуючі матеріали гарячого застосування є найбільш поширеними під час виконання робіт з герметизації швів і тріщин в цементобетонних покриттях дорожніх та аеродромних одягів. В Україні загальні вимоги до матеріалів для герметизації швів в цементобетонному покритті дорожнього одягу нормуються низкою технічних умов на конкретний вид герметизуючих матеріалів, власниками яких є виробники цих матеріалів. Ці нормативні документи поширюються на матеріали для герметизації швів та тріщин у покриттях дорожніх одягів автомобільних доріг загального користування, вулиць населених пунктів, площ, проїздів, доріг і майданчиків промислових та сільськогосподарських підприємств. Метою герметизації швів, є звести до мінімуму проникнення поверхневих вод, хімічних протижелезних реагентів і нестисливих матеріалів в шви

Використання герметиків для заповнення швів почалось більше ста років тому на початку 1900-х років. Протягом багатьох років технічного розвитку і прогресу з'явилися три основні підходи до герметизації швів: заливка швів (рис. 6а), заповнення швів (рис. 6б) або їх комбінація (рис. 6в).



Рисунок 6 – Способи герметизації швів

На роботу герметика в шві впливають такі фактори: Навколишнє середовище; умови водовідведення (дренажу); вид покриття; необхідні характеристики матеріалів; вартість життєвого циклу; тип шва / відстань між швами; характеристики цементобетону; тип і матеріал герметика.

Основні властивості герметика, які необхідні для тривалої експлуатації залежать від конкретного застосування і кліматичних умов установки. Властивості, які слід розглянути

включають в себе: розтяжність - здатність герметика розтягуватися або деформуватися (пружно) для пристосування до зміщення шва; модуль пружності - опір (жорсткість) матеріалу герметика при розтягуванні або стисненні, який може змінюватися в залежності від температури. Більш низький модуль пружності є бажаним і є особливо важливим для застосування герметика в холодних кліматичних умовах; адгезія - здатність герметика прилипати до цементобетону або асфальтобетону. Початкова адгезія і довгострокова адгезія однаково важливі; когезія: здатність герметиків чинити опір розриву при розтягуванні; сумісність- реакція герметика в контакті з іншими матеріалами (опорними стержнями, іншими герметиками, асфальтобетоном або цементобетоном). Наприклад, деякі герметиків можуть погано зчеплюватися з певними цементобетонами через властивості бетонного заповнювача, наприклад, у випадку силікону та цементобетону, що містять певні доломітові вапняки; довговічність - здатність герметика чинити опір зносу (наприклад, твердненню або окисленню) при впливі зовнішніх факторів (в першу чергу ультрафіолетових сонячних променів і озону); опір реактивному паливу - здатність герметика протистояти руйнуванню при контакті з реактивним паливом. При контакті з реактивним паливом може відбутися деяке набухання матеріалу. Після випаровування палива, герметик повинен повернутися до первісної форми і підтримувати прилипання до стінок порожнини шва.

Необхідні характеристики герметика будуть відрізнятися в залежності від типу швів. (рис. 7).

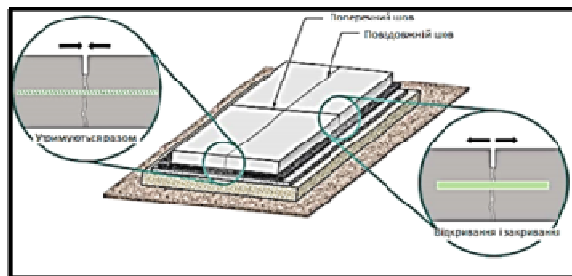


Рисунок 7 – Схема різних умов відкриття і закриття для швів

Наприклад, герметик для типового поперечного шва дорожнього або аеродромного покриття при розгляді спільного переміщення. Це пов'язано з тим, що поперечні шви, мають значно менші коливання руху відкриття / закриття, особливо це відноситься до покриттів аеродромів або промислових зон, коли ширина покриття достатньо велика. Поперечні шви призначені для вільного переміщення плит при температурних циклах. Чим більша довжина бетонної плити – відстань між швами – тим більше буде відкриватися і закриватися кожен шов. Наприклад, шви в плитах довжиною 25 футів (7,6 метра) після зміни температури будуть відкриватися або закриватися більше, ніж шви в плитах довжиною 15 футів (4,5 метра). Як правило, зміна розмірів в поперечних швах можуть викликати більш високі рівні напружень і деформації в матеріалі герметика ніж це зазвичай зустрічається в герметиках поперечних швів. Крім того, вертикальне навантаження на герметики також може бути вище в поперечних швах через прогини швів під навантаженням транспортних засобів. Матеріали герметика повинні бути здатні сприймати ці деформації для того, щоб добре працювати в усіх діапазонах очікуваних щоденних, щомісячних, і сезонних спільних змін розмірів швів. Розміри порожнини шва здійснюють суттєвий вплив на необхідні характеристики застосовуваних герметиків і розраховуються такими, щоб герметизуючий матеріал зміг надійно виконувати своє призначення в умовах відкриття / закриття швів, залишаючись приклеєним і / або знаходитися в контакті з бічними стінками.

Застосування готових ущільнювачів. Альтернативою застосування гарячих бітумінізованих герметизуючих матеріалів є готові ущільнюючі елементи для швів. Дана технологія з'явилась на початку 1960-х років коли було налагоджено виробництво готових ущільнювачів. Вони відрізняються від інших герметиків тим, що виготовляються готовими для установки без підігріву, змішування або тверднення. На відміну від всіх герметиків, готові ущільнюючі швів стискаються тільки після установки (рис. 8). Таким чином, їх успішна робота залежить виключно від бокового тиску, що чиниться ущільненням протягом строку його служби.

Основним матеріалом готових ущільнювачів є неопрен. Неопрен – це синтетичний каучук, який забезпечує необхідну герметизацію шва при стисненні.

Ущільнювач, як правило, складається з серії з п'яти або шести перемичок. Перемички забезпечують пружність, яка притискає ущільнювач до стінок порожнини.

Виробники поставляють ущільнювачі різної номінальної ширини і глибини, щоб відповідати будь-якому проекту. У всіх випадках ширина ущільнювача повинна бути більшою, ніж максимальна (за самої холодної погоди) ширина порожнини шва. Як правило, ущільнювач має бути приблизно в два рази більший ширини порожнини, але ширину ущільнювача і порожнини необхідно розробляти і ретельно вибирати разом. Крім того, глибина порожнини повинна перевищувати глибину ущільнювача при стисненні.

Для правильного визначення розмірів шва при використанні готових ущільнювачів необхідно враховувати температуру покриття при влаштуванні і діапазон температурної зміни розмірів шва. Ущільнюванні елементи повинні залишатися в межах необхідного діапазону стиснення (зазвичай від 20 до 50 %). При занадто сильному стисненні протягом довгого часу ущільнюванні елементи можуть злипатися або каучук може постійно деформуватися (це називається залишковими деформаціями при стисканні). При недостатньому стисканні ущільнювач може ослабнути при більш низьких температурах. Будь-яка ситуація може призвести до витіснення заповнювача з порожнини шва. На рис. 8 наведена конструкція ущільнювача і розміри шва для шестикомірочних ущільнювачів, які забезпечують довготривалий строк служби.

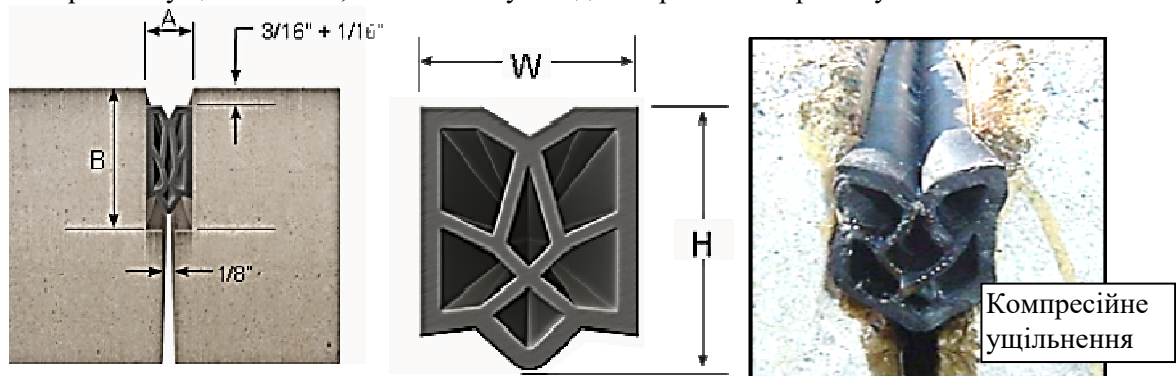


Рисунок 8 – Типова конструкція влаштування шва для ущільнювачів шва серії «Е» і «V» та попередньо сформовані ущільнювачі швів

Виконання робіт по заповненню шва готовими ущільнювачами. Схема встановлення готового профілю для швів в поперечному напрямку наведена на рис. 9-10.

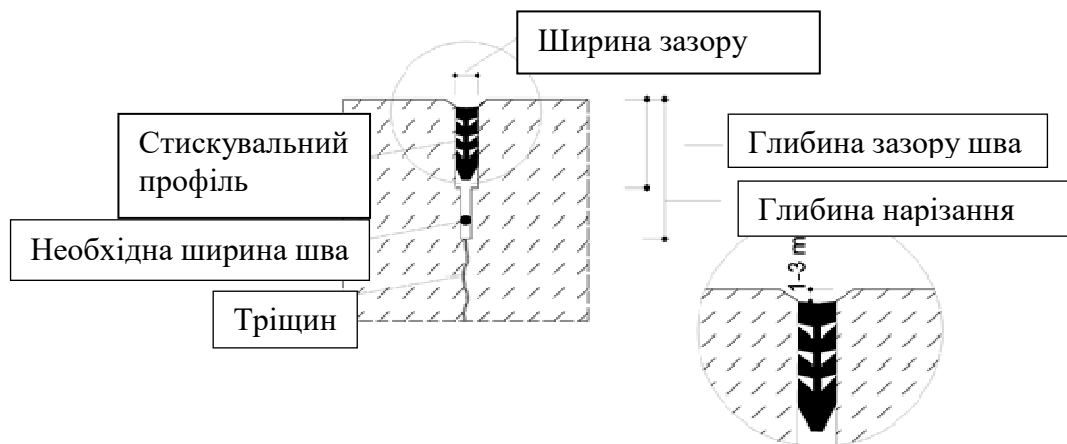


Рисунок 9 – Профіль для швів в поперечному несправжньому шві

Профілі шва в ході експлуатації можуть просісти до 15 мм від поверхні проїжджої частини.

Встановлення ущільнюючого профілю в шов. Установка профілю виключає застосування мастики, ущільнювального шнура і плавильно-заливальных котлів. На малих за протяжністю ділянках, як виняток, профіль розкочується по лінії шва і акуратно заправляється в шов (рис. 10). За допомогою дерев'яної киянки або спеціального пневмомолотка виконується остаточна установка ущільнювача в шов. Для виконання робіт буде потрібно лише дві особи.

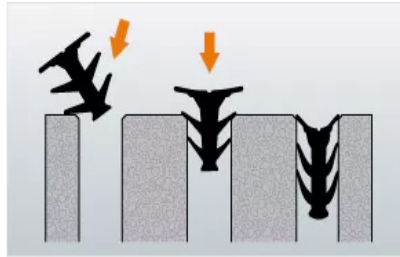


Рисунок 10 – Послідовність установки ущільнювального проявлю

Профілі шва необхідно влаштовувати механічним способом. Зміни довжини (повна подовжня деформація) профілю не повинна складати більше 5% при установці. Спочатку слід встановити профіль в поперечний шов, потім в подовжній. Якщо при поточному влаштуванні профіль в подовжньому шві ширший, ніж в поперечному, тоді профіль необхідно влаштовувати спочатку в подовжньому шві. Профілі мають бути закладені максимум на рівні з поверхнею проїжджої смуги. Порожні профілі або профілі відкритого типу не можна зміщувати при укладанні. Профілі для подовжніх швів необхідно влаштовувати за допомогою спеціального механізму (автомобіля) для укладання. Приклади механізованого укладання готових ущільнювачів на великих ділянках наведено на рис. 11



Рисунок 11 – Приклади механізованого встановлення ущільнювачів швів

Місця перетинів. Місця перетинів мають бути влаштовані так, щоб пересічні профілі не перерізалися. Верхня кромка профілю в місці перетину має досягати максимуму до поверхні покриття проїжджої частини. Для профілю відкритого типу місце перетину може бути влаштоване таким чином: профіль, укладений спочатку (як правило, в поперечному шві), необхідно надрізати U - подібно максимум до середини висоти профілю, а місце перетину ущільнити високоеластичним герметизуючим складом. Після цього укласти другий неослаблений профіль (рис. 12); Нарізку необхідно робити верстатом для нарізки профілю. При цьому кути мають бути закруглені щоб уникнути утворення тріщин. Обробка металевою щіткою неприпустима.

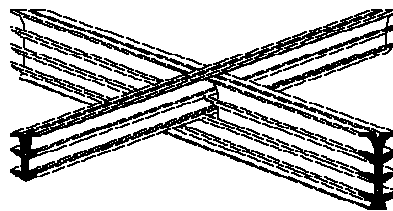


Рисунок 12 – Перетин з відкритим надрізанним профілем

Стики. Кількість стиків профілів має бути, якомога менше. Стики профілів в поперечних швах допустимі лише тоді, коли це неминуче. Стики профілів слід влаштовувати поза місцями перетинів. Розріз обох з'єднаних площин слід виконувати перпендикулярно за допомогою нарізника швів. З'єднання виконується склеювальними речовинами, придатність яких доведена. Приклад поділу швів на перехресті, та в межі колодязів наведено на рис. 13.

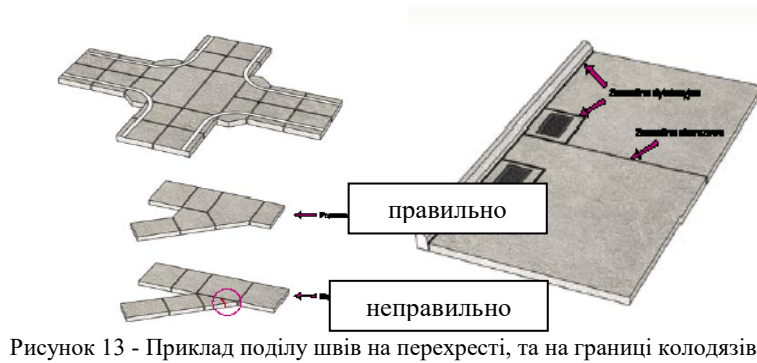


Рисунок 13 - Приклад поділу швів на перехресті, та на границі колодязів

Типорозміри та фізико-механічні показники ущільнювачів швів. Типорозміри ущільнювачів швів у вигляді готових профілів наведено в таблиці 1.

Властивості: PROOFMATE EBF - це герметизуючі профілі різних розмірів на основі EPDM (сополімеретилен-пропілен-дієн).

В Європейському стандарті EN 14188-3: 2006 немає пунктів стосовно використання клеїв та ґрунтовки при застосуванні ущільнювачів. Однак досвід останніх років при будівництві та експлуатації аеродромних покриттів вказує на доцільність їх застосування.

Наприклад, PROOFMATE EBF використовується при герметизації розширювальних і стискувальних швах разом з клеєм FIX-O-FLEX F.

Завдяки високоякісному матеріалу готові профілі можуть застосовуватися також у місцях, які піддаються хімічному впливу та / або впливу УФ.

Таблиця 1

Зовнішній вигляд і типорозміри готових профілів для заповнення швів

Профіль	Найменування	Ширина шва, мм	Глибина шва, мм	Ширина профілю, мм	Профіль	Найменування	Ширина шва, мм	Глибина шва, мм	Ширина профілю, мм
	EBF6	6	15	11		EBF15	15	25	24
	EBF8	8	25	13,5		EBF20	20	32	32
	EBF10	10	25	16		EBF25	25	32	40
	EBF12	12	25	19,2		EBF G	40	70	83

Показники фізико-механічні показники профілю Proofmate (німецького виробництва) наведено в таблиці 2.

Виміряні значення отримують за допомогою профілю PROOFMATE EBF 8 мм.

Першим кроком для визначення розмірів ущільнення є визначення загального діапазону переміщень плит в зоні шва з використанням формули [9-13]:

$$\Delta L = C \cdot L (\alpha \cdot \Delta T + \varepsilon), \quad (1)$$

де: ΔL – очікувана зміна довжини плити; дюйми (мм).

C – коефіцієнт обмеження тертя плити / основи (0,65 для укріпленого (стабілізованого) матеріалу, 0,80 для сипучого матеріалу);

L – довжина плити; дюйми (мм);

A – коефіцієнт теплового розширення (що залежить від виду гірської породи заповнювача); $\times 10^{-6} / ^\circ \text{F}$ ($\times 10^{-6} / ^\circ \text{C}$);

ΔT – максимальний температурний діапазон; $^\circ \text{F}$ ($^\circ \text{C}$).

Таблиця 2

Фізико-механічні показники профілю Proofmate

№	Найменування показника	Норма по НТД	Фактичні показники
1	Матеріал ущільнювача (профілю)	EPDM сополімеретилен-пропілен-дієн	
2	Твердість IRHD	DIN ISO 48	72
3	Міцність розриву МПа	$\pm 10\%$ по ISO 37	9,21
4	Подовження при розриві, %	$\pm 25\%$ по ISO 37	263
5	Старіння відносна зміна:	DIN EN ISO 10563	7d / 70 ° C
6	Твердість по Шору, ум. од.		A ± 5
7	Стійкість до озону:	DIN ISO 1431-1	При подовженні на 20% немає тріщини
8	Загальне стиснення: 24 год при 70 ° C, %	DIN ISO 815	10,8
9	Релаксація напруження при 50 ° C: після 24 год % після 72 год % через 5 д % після 7 д %	DIN EN 14840	18,25 23,32 24,85 25,11
10	Відновлення при низьких і високих температурах: 72 год при -10 ° C % 72 год при 70 ° C %	DIN EN 14840	86,7 88,7
11	Захист від надмірного розширення:	DIN EN 14840	
12	Опір роздиранню, N		655,23
13	Початкове подовження, %		1.92
14	Відносне подовження при 300 N, %		2,6

Другим кроком, є вибір компресійного ущільнення з допустимими переміщеннями. Якщо очікуване переміщення в зоні шва перевищує допустиме для підтримання елемента ущільнення в стиснутому стані, то необхідно вибирати елементи ущільнення більших розмірів. Також може бути розглянуте питання про зменшення розмірів шва по проекту.

Останнім кроком є вибір ширини порожнини (пропили) у відповідності з розміром ущільнювача, діапазоном переміщень і температурними критеріями влаштування [26]. Необхідна лише приблизна оцінка температури покриття, але облік температури при влаштуванні важливий, тому ущільнювач буде працювати в діапазоні стиснення від 20 до 50 %. Більш високі температури влаштування вимагають більшого стиснення ущільнювача при влаштуванні, ніж більш низькі температури влаштування. Коли цементобетонні плити охолоджені, шви найбільше відкриті.

Наступне рівняння використовується для розрахунку ширини пропили [9 - 13]:

$$S_c = (1 - P_c) \cdot w, \quad (2)$$

де: S_c – ширина розпилу шва; дюйми. (мм).

w – ширина нестисненого ущільнювача; дюйми. (мм).

P_c – відсоток стиснення ущільнювача при установці (виражений у вигляді десяткового дробу).

$$P_c = C_{MIN} + (T_{INSTALL} - T_{MIN}) / (T_{max} - T_{MIN}) \cdot (C_{max} - C_{MIN}), \quad (3)$$

C_{MIN} – мінімальне стиснення ущільнювача, яке виражається у вигляді десяткового дробу (зазвичай 0,2).

C_{max} – максимальне стиснення ущільнювача, яке виражаються у вигляді десяткового дробу (зазвичай 0,5).

Ширина нарізання швів має бути пристосована до розмірів шестикомірного профілю згідно табл. 3.

Таблиця 3

Ширина нарізання швів згідно розмірів шестикомірного профілю ущільнювача

R - заглиблення від 1/8 до 1/6 дюйма (від 3 до 6 мм) Wi - встановлена ширина залежить від розрахунків				
Номінальна ширина ущільнювача, мм	Типова ширини порожнини, Wi, мм	Глибина порожнини, D, мм	Найбільш вузький отвір, мм	Найбільш широкий отвір, мм
11	6	25	5,6	9,5
12	7	26	6,3	10,5
14	8	27	7,4	12,1
18	10	30	8,3	14,8
21	13	37	9,6	17,5
25	14	41	10,2	21,6

Висновки

Досвід використання різних варіантів герметизуючих матеріалів для швів показує, що їх правильне використання забезпечує довгострокову і ефективну роботу цементобетонних покриттів автомобільних доріг і аеродромів. Однак незалежно від методу (заповнення або герметизація шва), не можна очікувати, що герметизація швів забезпечать надійну роботу покриття з невідповідною конструкцією водовідведення, неякісних цементобетонів або слабких ґрунтів. Аналогічним чином, ефективність герметизації або заповнення швів нерозривно пов'язана з правильною конструкцією, підготовкою і установкою герметизуючого або заповнюючого матеріалу. Основною перевагою готових ущільнювачів є простота їх монтажу, а також переваги використання даного типу герметизації швів для експлуатуючої організації і пов'язані з відсутністю необхідності придбання плавильно-залівних машин, відносна простота демонтажу старого ущільнювача, менші витрати труда робітників-будівельників при демонтажі та монтажі тощо.

Зарубіжний досвід експлуатації готових ущільнювачів швів протягом більше 20 років вказує, що метод герметизації швів готовими ущільнювачами є рівноцінною заміною традиційній технології та більш економічним.

Доцільно продовжити дослідження роботи цементобетонних покриттів заповнених ущільнювачами швів, з експериментальним вимірюванням фактичних деформацій плит в зоні швів в різних дорожньо – кліматичних зонах для встановлення можливості збільшення відстані між швами розширення.

Результати досліджень впроваджено при розробленні МР В.3.1–37641918:2019 Методичні рекомендації з поточного ремонту та експлуатаційного утримання цементобетонного покриття автомобільних доріг загального користування.

Необхідна розробка ДСТУ- Н гармонізованих з Європейським стандартом EN 14188-3: 2006, який встановлює вимоги до готових ущільнювачів швів з вулканізованого каучуку для бетонних дорожніх покриттів та ДСТУ EN 14840, Заповнювачі швів і герметики - Методи випробувань для готових ущільнювачів швів.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Гамеляк І.П. Про ефективність використання високоміцного цементобетону для будівництва жорстких покриттів // Автомоб. дороги і дорожнє буд – во, № 85, 2012. – С. 45 - 54.
2. Гамеляк І.П., Корецький А.С. Корецький С.С., Про необхідність будівництва в Україні автомобільних доріг з цементобетонним покриттям// Автошляховик України, 5'201, Науково-технічний збірник, 2013 – С. 24 – 26.
3. ГБН В.2.3-37641918-557:2016 Автомобільні дороги. Дорожній одяг жорсткий. Проектування. - К.: Укравтодор, 1997. – 218 с.
4. ДСТУ-Н Б В.2.3-36:2016 Настанова з влаштування жорсткого дорожнього одягу. Київ. - ДП "УкрНДНЦ".- 2017. – 29 с.
5. Рекомендації по стандартизації влаштування верхніх шарів дорожнього одягу об'єктів транспортного будівництва

- (PCBDO 01). - Дрезден, 2001. – 71 с.
6. ACPA – American Concrete Pavement Association (2010) “Review of Caltrans Concrete Pavement and Unsealed Pavement Performance”.
 7. D.S. BROWN CO., (2016) “Preformed Polychloroprene Compression Joint Seal Standard Specification”.
 8. EVANS, L. (2013) “Arizona SPS-2 PCC Joint Seal Performance”. Applied Research Associates, Inc.
 9. TB010-2018 Wikipave.org // Technical Bulletin Concrete Pavement Joint Sealing/Filling. – ACPA. - 25 p.
 10. www.dsbrown.com Delastic® Preformed Pavement Seals
 11. FHWA – Federal Highway Administration (1990) “Performance of Jointed Concrete Pavements” Volume Evaluation of Concrete Pavement Performance and Design Features, FHWA-RD-89-136.
 12. FHWA – Federal Highway Administration (1990) “Resealing of Concrete Pavement Joints”. Pavement Rehabilitation Manual.
 13. SCOFIELD, L. (2013) “Joint Sealant Life Confirmed”. Concrete Surfaces Magazine, June 2013.

REFERENCES

1. Gameliak I.P. Pro efektyvnistj vykorystannja vysokomicnogho cementobetonu dlja budivnyctva zhorstkykh pokryttiv // Avtomob. dorohy i dorozhnje bud – vo, # 85, 2012. – S. 45 - 54.
2. Gameliak I.P., Koreckyj A.S. Koreckyj S.S., Pro neobkhdnistj budivnyctva v Ukrajinі avtomobilnykh dorigh z cementobetonnykh pokryttjam// Avtoshljakhovyk Ukrajinі, 5/201, Naukovo-tekhnichnyj zbirnyk, 2013 – S. 24 – 26.
3. GBN V.2.3-37641918-557:2016 Avtomobilni dorohy. Dorozhnij odjagh zhorstkyj. Proektuvannja. - K.: Ukravtodor, 1997. – 218 с.
4. DSTU-N B V.2.3-36:2016 Nastanova z vlashtuvannja zhorstkogho dorozhnjogho odjaghu. Kyjiv. - DP "UkrNDNC".- 2017. – 29 s.
5. Rekomendaciji po standartyzaciji vlashtuvannja verkhnikh shariv dorozhnjogho odjaghu ob'ektiv transportnogho budivnyctva (RSVDO 01). - Drezden, 2001. – 71 s.
6. ACPA – American Concrete Pavement Association (2010) “Review of Caltrans Concrete Pavement and Unsealed Pavement Performance”.
7. D.S. BROWN CO., (2016) “Preformed Polychloroprene Compression Joint Seal Standard Specification”.
8. EVANS, L. (2013) “Arizona SPS-2 PCC Joint Seal Performance”. Applied Research Associates, Inc.
9. TB010-2018 Wikipave.org // Technical Bulletin Concrete Pavement Joint Sealing/Filling. – ACPA. - 25 p.
10. www.dsbrown.com Delastic® Preformed Pavement Seals
11. FHWA – Federal Highway Administration (1990) “Performance of Jointed Concrete Pavements” Volume Evaluation of Concrete Pavement Performance and Design Features, FHWA-RD-89-136.
12. FHWA – Federal Highway Administration (1990) “Resealing of Concrete Pavement Joints”. Pavement Rehabilitation Manual.
13. SCOFIELD, L. (2013) “Joint Sealant Life Confirmed”. Concrete Surfaces Magazine, June 2013.

Гамеляк Ігор Павлович – д. техн. наук, професор, завідувач кафедри «Аеропорти», e-mail: gir65n@gmail.com, ORCID: 0000-0001-9246-7561.

Дмитриченко Андрій Миколайович – к. техн. наук, доцент кафедри транспортного права та логістики, e-mail: andrew_d@ukr.net, ORCID: 0000-0001-6144-7533.

Попелиш Іван Іванович – к. техн. наук, доцент кафедри аеропорти, e-mail: i_i_p@ukr.net, ORCID: 0000-0003-1485-2717.

**I. Gameliak
A. Dmytrychenko
I. Popelysh**

USE PREFORMED COMPRESSION JOINT SEALIN CEMENT-CONCRETE ROAD AND AIRFIELD PAVEMENT

National Transport University

Increased requirements for reliability, performance and durability of pavement caused by the increase in vehicle carrying capacity and traffic on the roads. As the domestic and world experience shows, the increasing requirements of the movement are best matched by cement concrete pavements. Stable transport transport performance, high durability give them advantages over pavements built using organic binders.

During construction and reconstruction, longitudinal and transverse joints for various purposes are arranged in cement concrete pavements of roads and airfields to prevent deformation and destruction of coating pavements (cracking, chipping of corners and edges of slabs, peeling of the concrete surface layer, the appearance of potholes and sinks, vertical displacement of slabs and their warpage destruction of butt joints and joint fillers). The destruction of pavements, as a rule, takes place in cases where the stresses and deformations arising in the plates exceed the permissible values, as well as in case of failure of the sealing of joints and cracks.

Restoring the sealing of expansion joints and cracks are important stages of work to extend the operational life of pavements. A large role on the efficiency of the sealant in the joints and its service life is provided by the deformability of the sealing materials. When choosing a type of sealant, the possible maximum negative and positive air temperatures of the region where the pavements are used are taken into account. Currently, unique sealing materials using polymer

compositions have been created. These materials have high technical and operational characteristics and a guaranteed service life of at least 5 years.

The sealing or filling of transverse and longitudinal joints in cement concrete pavements is an important factor in ensuring long-term performance of the coating. The experience of using different types of joint sealing materials shows that their proper installation can provide important protective equipment that improves the performance of joints and pavements. In recent years, in foreign practice, the technology of pressing elastic whole or porous rubber profiles into the seam is very often used for sealing joints. In this case, it is possible to carry out work even in wet weather and at low temperatures. Special machines have been developed for the installation of profiles. The article discusses the sealing of transverse and longitudinal seams of cement concrete pavements of roads and airfields with sealing materials, including ready-made seals, the need to use them and study the effect of sealing materials on the design of joints and operational performance of cement concrete coatings in general.

Key words: Cement-concrete pavement, sealing materials, ready sealing seals, roads, airfields

Gameliak Igor Pavlovich – D.Sc., professor, Head of department «Airports» of National Transport University.

Dmytrychenko Andriy Mykolayovych – Ph.D., associate professor of department transport law and logistic of National Transport University.

Popelysh Ivan Ivanovich – Ph.D., associate professor of airports department of National Transport University.

**И. П. Гамеляк
А. Н. Дмитриченко
И. И. Попельш**

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГОТОВЫХ УПЛОТНИТЕЛЕЙ ШВОВ В ЦЕМЕНТОБЕТОННЫХ ПОКРЫТИЯХ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ И АЭРОДРОМОВ

Повышение требований к надежности, работоспособности и прочности дорожных одежд вызвано ростом грузоподъемности транспортных средств и интенсивности движения на дорогах. Возрастающим требованиям движения, как показывает отечественный и мировой опыт, в наибольшей степени соответствуют цементобетонные покрытия. Стабильные транспортно-эксплуатационные показатели, высокая долговечность дают им преимущества перед покрытиями, построенными с применением органических вяжущих.

В цементобетонных покрытиях автомобильных дорог и аэродромов в процессе строительства и реконструкции устраиваются продольные и поперечные швы различного назначения предотвращающие деформации и разрушения покрытий (образование трещин, сколы углов и краев плит, шелушение поверхностного слоя бетона, появление выбоин и раковин, вертикальные смещения плит и их коробление, разрушение стыковых соединений и заполнителей швов). Разрушение покрытий, как правило, имеет место в случаях, когда напряжения и деформации, возникающие в плитах, превышают допустимые значения, а также при нарушении герметизации швов и трещин.

Восстановление герметизации деформационных швов и трещин - важные этапы работ по продлению эксплуатационного ресурса покрытий. Большую роль на эффективность работы герметика в швах и его срок службы оказывает деформативность герметизирующих материалов. При выборе типа герметика учитывают возможные максимальные отрицательные и положительные температуры воздуха региона, где эксплуатируются покрытия. В настоящее время созданы уникальные герметизирующие материалы с использованием полимерных композиций. Эти материалы имеют высокие технико-эксплуатационные характеристики и гарантированный срок службы не менее 5 лет.

Уплотнение или заполнение поперечных и продольных швов в цементобетонных покрытиях является важным фактором для обеспечения долгосрочных эксплуатационных качеств покрытия. Опыт использования различных вариантов герметизирующих материалов для швов показывает, что их правильная установка может обеспечить важные средства защиты, которые улучшают характеристики швов и покрытий. В последние годы в зарубежной практике очень часто используется для герметизации швов технология запрессовывания в шов эластичных цельных или пористых резиновых профилей. В этом случае возможно проведение работ даже в сырую погоду и при низких температурах. Для установки профилей разработаны специальные машины. В статье рассматриваются вопросы герметизации поперечных и продольных швов цементобетонных покрытий автомобильных дорог и аэродромов герметизирующими материалами, в том числе готовыми уплотнителями, необходимость их использования и исследования влияния герметизирующих материалов на конструкцию швов и эксплуатационные показатели цементобетонных покрытий в целом.

Ключевые слова: цементобетонные покрытия, герметизирующие материалы, готовые уплотнители швов, автомобильные дороги, аэродромы

Гамеляк Игорь Павлович – д.т.н., профессор, заведующий кафедрой «Аэропорты» Национального транспортного университета.

Дмитриченко Андрей Николаевич – к.т.н., доцент кафедры транспортного права и логистики Национального транспортного университета.

Попельш Иван Иванович – к.т.н., доцент кафедры аэропортов Национального транспортного университета.