

ВПЛИВ ОРГАНІЧНОЇ ДОБАВКИ “PERMA-PATCH CONCENTRATE” НА РЕОЛОГІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ В’ЯЖУЧИХ ТА ФІЗИКО-МЕХАНІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ХОЛОДНИХ ОРГАНО-МІНЕРАЛЬНИХ СУМІШЕЙ НА ЇХ ОСНОВІ

Волошина І.В.

Кириченко Л.Ф.

Вирожемський В.К.

Державний дорожній науково-дослідний інститут імені М.П. Шульгіна

Сьогодні в Україні при вирішенні питань щодо ремонту та утримання автомобільних доріг все більше уваги приділяється необхідності застосування оптимальних технологій.

На сьогоднішній день великої актуальності набуває вирішення питання щодо забезпечення якісного ямкового ремонту. Особливу увагу приділяють новітнім матеріалам та технологіям, які б забезпечували можливість їх застосування в складних погодних умовах (при досить низьких (до мінус 20° С) температурах або підвищеній вологості) з забезпеченням оперативного відкриття руху транспорту в місцях ремонту.

Одним із напрямків реалізації цього питання виробничими підрозділами дорожньої галузі є використання холодних органо-мінеральних сумішей.

Основним показником якості холодних органо-мінеральних сумішей та найбільш вагомою їх перевагою є здатність залишатись тривалий час після приготування рухливими, а при зберіганні в штабелях та транспортуванні не злежуватись. Це досягається використанням розріджених або рідких бітумів з набагато меншою в’язкістю, ніж тих, що застосовуються в гарячих асфальтобетонах.

Для додаткового збільшення терміну зберігання рухливого стану холодної суміші, забезпечення її необхідного ущільнення та підвищення когезійної міцності, а також покращення зчеплення в’язучого з мінеральною частиною використовують спеціальні модифікуючі добавки.

В ДерждорНДІ було проведено дослідження холодних органо-мінеральних сумішей, модифікованих органічною добавкою “Perma-Patch Concentrate” виробництва McAsphalt Industries Limited (Канада) (далі холодні суміші), яка дозволяє їх використання в технології ямкового ремонту протягом цілого року.

Основним завданням технології приготування холодної органо-мінеральної суміші є забезпечення рівномірного розподілення всіх компонентів у суміші та процесу структуроутворення, який залежить насамперед від обволікання поверхні кам’яних матеріалів бітумом. Оптимальна кількість в’язучого в холодній суміші взаємопов’язана з в’язкістю бітуму, що в значній мірі впливає на процес структуроутворення.

В’язкість – один з головних показників органічних в’язучих, що використовуються для виробництва холодних сумішей, який забезпечує їх ефективну роботу в дорожньому покритті.

Органічні в’язучі – це структуровані системи, для яких величина в’язкості (η) залежить від напруги зсуву (τ) (рис. 1).

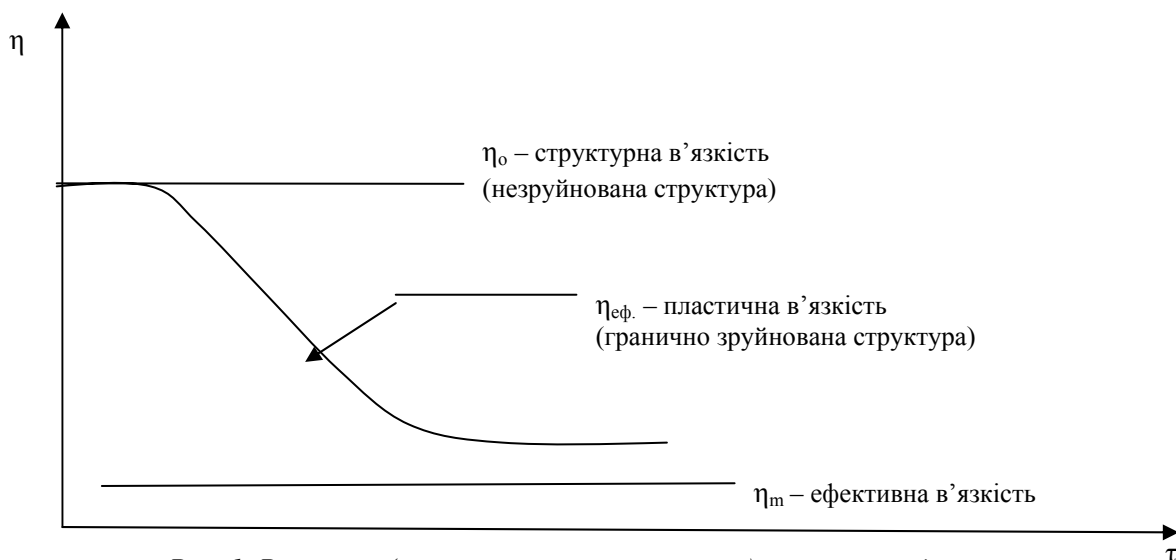


Рис. 1. Реограма (реологічна характеристика) органічних в'язучих

З графіка (рис. 1) видно, що при руйнуванні структурних зв'язків вплив напруги зсуву на показник в'язкості зменшується (крива $\eta_{\text{еф.}}$). З часом, який залежить від хімічного (групового) складу в'язучого, напруга зсуву досягає свого критичного значення. Структура повністю зруйнована і подальше збільшення напруги зсуву не впливає на в'язкість в'язучого (лінія $\eta_{\text{м}}$).

Для встановлення ефективності застосування в'язучих, модифікованих органічною добавкою "Perma-Patch Concentrate" (далі добавка Р-РС), при приготуванні холодних сумішей насамперед необхідно визначити їх в'язкість. Існує два основних показники в'язкості рідких структурованих систем (в'язучих): динамічна (або абсолютна) в'язкість та кінематична.

Динамічна в'язкість – це відношення сили, необхідної для зсуву шару рідини на одиницю відстані, до одиниці площі цього шару, а кінематична в'язкість визначається за відношенням:

$$\text{Кінематична в'язкість} = \frac{\text{Динамічна в'язкість}}{\text{Густина в'язучого}}$$

Визначення динамічної в'язкості отриманих розріджених модифікованих в'язучих проводили за допомогою реометра DV-III ULTRA виробництва компанії BROKFIELD. За допомогою цього приладу вимірювались реологічні характеристики структурованих систем. За даними вимірювань отримані реограми, які дозволяють визначити максимальне значення напруги зсуву та провести порівняльний аналіз отриманих значень ефективної в'язкості модифікованих в'язучих. Також встановлено вплив сировини та технології приготування вихідних бітумів різних НПЗ на в'язкість розрідженого в'язучого.

В'язкість дорожніх бітумів марок БНД 60/90 та БНД 90/130 достатньо висока, тому при проведенні експериментальних досліджень для її зниження в бітум вводилось дизпаливо (ДП), що вміщувало необхідну кількість добавки Р-РС.

Проведення комплексу лабораторних досліджень (більше 40 зразків вихідних бітумів різних виробників) та застосування сучасного обладнання дало змогу оцінити залежність отриманої в'язкості розрідженого в'язучого від пенетрації вихідного бітуму різних нафтопереробних заводів (рис. 2).

Аналіз результатів випробувань дозволив встановити причини отримання широкого спектру показників в'язкості приготовлених розріджених в'язучих.

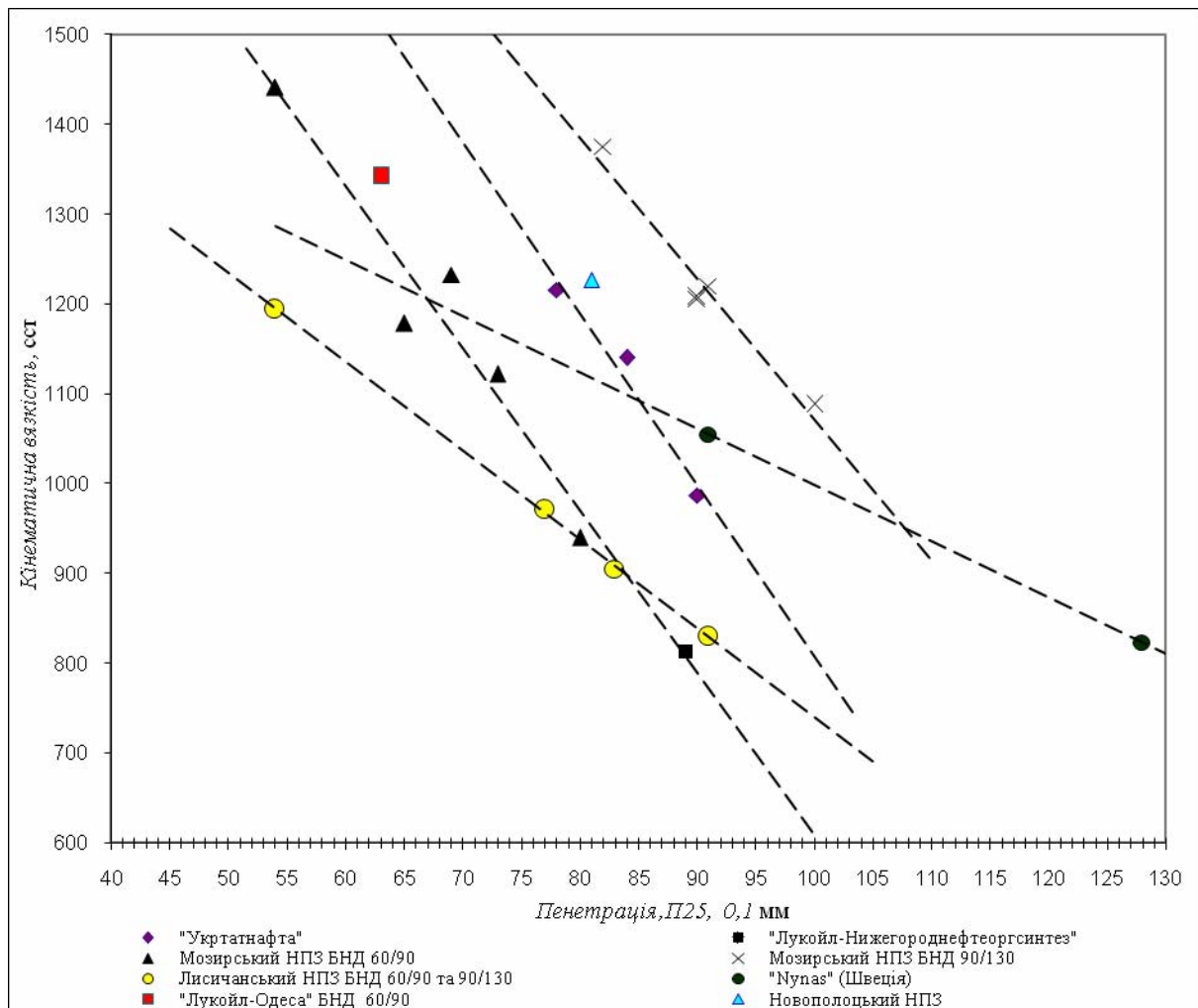


Рис. 2. Залежність кінематичної в'язкості розріджених в'язучих від пенетрації вихідних бітумів виготовлених на різних НПЗ

Непрогнозовано значним виявився вплив хімічного складу та технології приготування бітумів різних марок на різних заводах на кінцеву в'язкість розріджених в'язучих при однакових показниках пенетрації вихідних бітумів та однаковому вмісті модифікуючої суміші (ДП + Р-РС). Це обумовило необхідність проведення більш детальних досліджень щодо регулювання вмісту дизельного палива для отримання прогнозованого значення в'язкості.

Динаміка зміни в'язкості в'язучих при різному вмісті ДП представлено на рис. 3.

Практичний досвід застосування холодних сумішей показав, що розріджені бітуми з кінематичною в'язкістю менше 600 сантистоксів утворюють на поверхні мінерального матеріалу настільки тонкі плівки в'язучого, що не забезпечується необхідна клеюча здатність суміші та відповідна когезійна міцність укладеного шару покриття. При в'язкості більше ніж 800 сантистоксів існує небезпека зниження рухливості суміші та спостерігається схильність до злежування. Отже, для забезпечення необхідних показників якості холодної суміші розріджений бітум повинен мати кінематичну в'язкість 600–800 сСт.

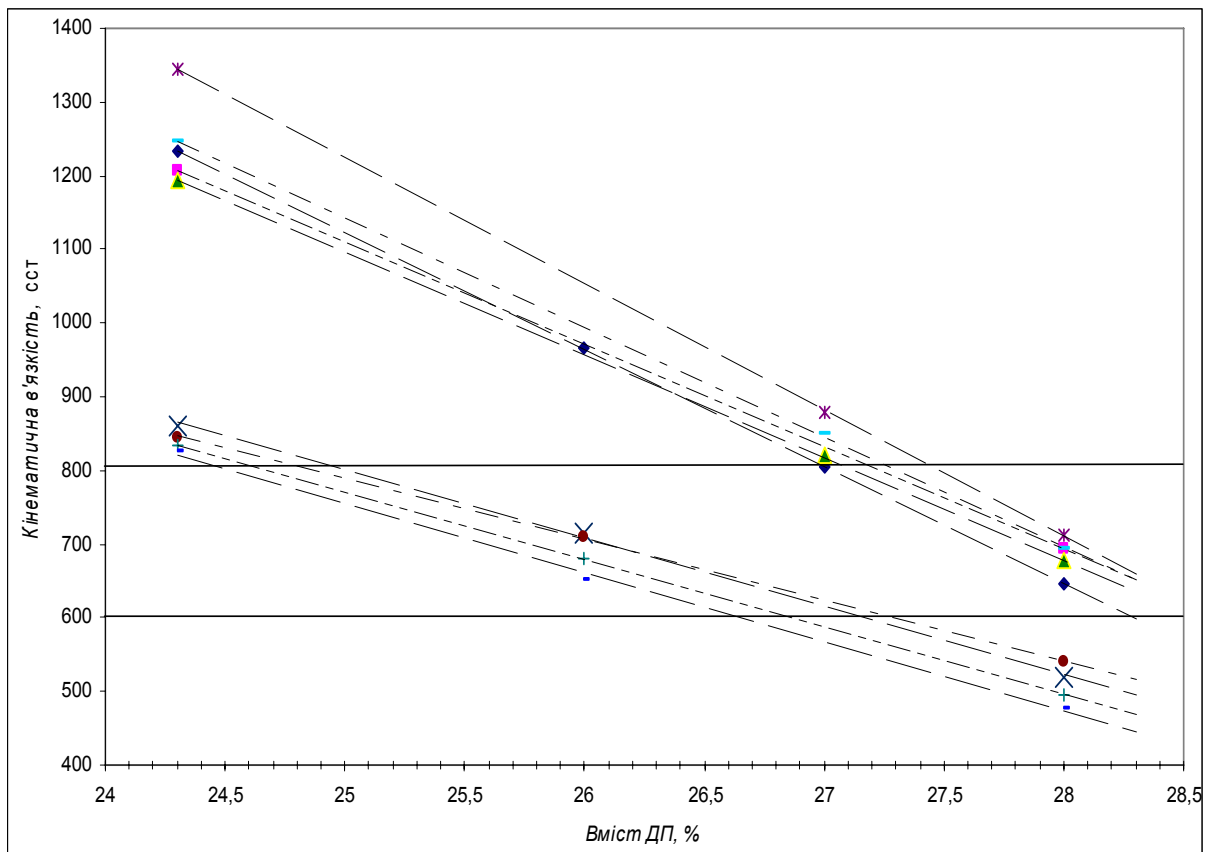


Рис. 3. Залежність кінематичної в'язкості розріджених в'язучих від вмісту ДП з 2,75 % добавки Р-РС

Практичний досвід застосування холодних сумішей показав, що розріджені бітуми з кінематичною в'язкістю менше 600 сантистоксів утворюють на поверхні мінерального матеріалу настільки тонкі плівки в'язучого, що не забезпечується необхідна клеюча здатність суміші та відповідна когезійна міцність укладеного шару покриття. При в'язкості більше ніж 800 сантистоксів існує небезпека зниження рухливості суміші та спостерігається схильність до злежування. Отже, для забезпечення необхідних показників якості холодної суміші розріджений бітум повинен мати кінематичну в'язкість 600–800 сст.

Визначити кінематичну в'язкість органічних в'язучих у виробничих умовах практично неможливо, тому в'язкість рідких органічних в'язучих на виробництві характеризують за показником – умовна в'язкість, яку визначають відповідно до ГОСТ 11503 - 74 «Битумы нефтяные. Метод определения условной вязкости».

Були проведені дослідження, які дозволили встановити залежність між кінематичною та умовною в'язкістю (рис. 4) та створити математичну модель для контролю визначених нормативних вимог на виробництві

$$\eta = (0,14 + 0,021C_{ум.}) \cdot 10^3,$$

де $C_{ум.}$ – умовна в'язкість згідно з ГОСТ 11503.

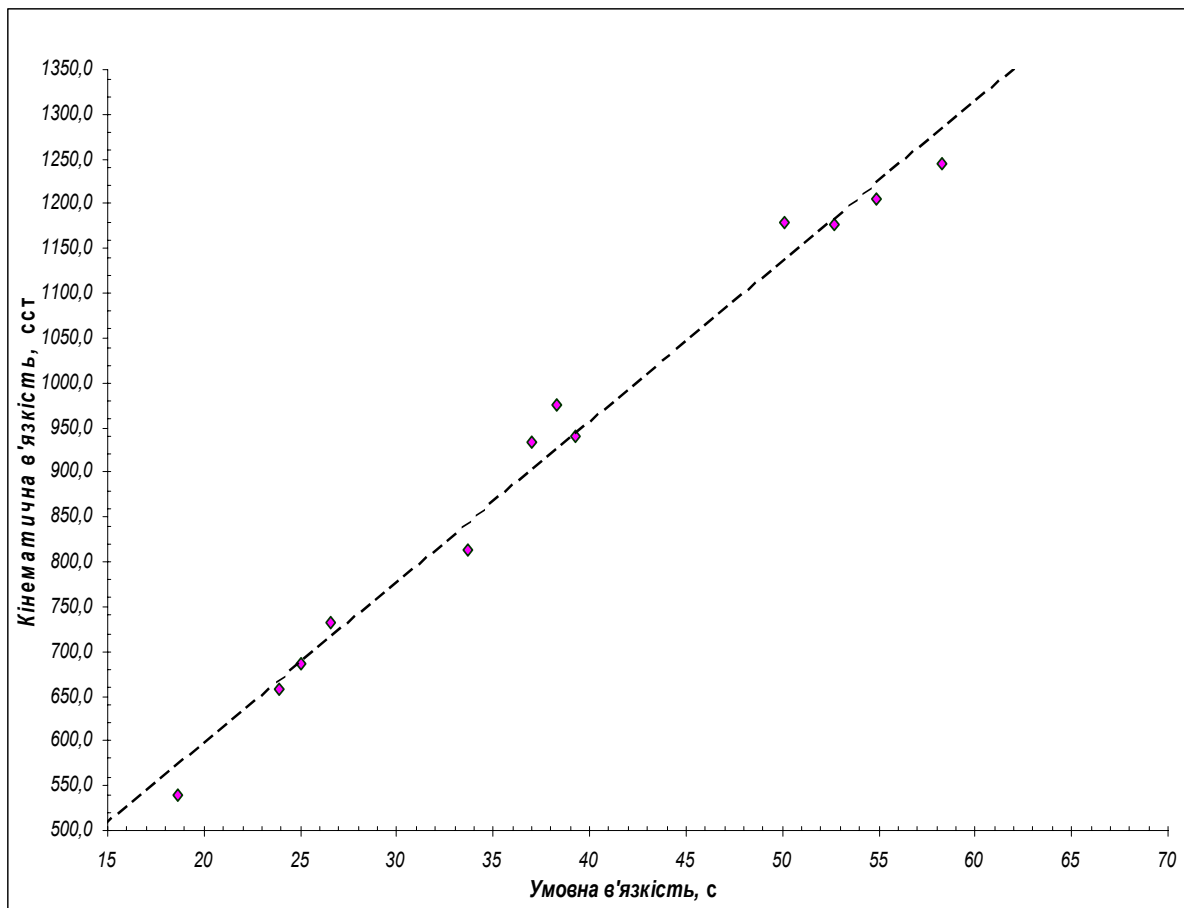


Рис. 4. Залежність між кінематичною та умовною в'язкістю

Умовна в'язкість розріджених органічних в'язучих прямопропорційна відповідним значенням кінематичної в'язкості та майже не залежить від виробника бітуму. Отриманий результат має велике значення, бо дозволяє повсюдно й дуже просто визначати показники кінематичної в'язкості і тим самим забезпечити необхідну якість холодної суміші.

Оптимально підібране співвідношення складових суміші (мінеральна частина : органічне в'язуче) забезпечує ефективне впровадження та подальше широке застосування холодних органо-мінеральних сумішей.

Однією із важливих ознак якості холодних органо-мінеральних сумішей є здатність зберігати або відновлювати необхідні фізико-механічні характеристики при застосуванні їх після тривалого зберігання.

Умовним показником, що характеризує здатність до відновлення рухомості холодної суміші, є показник злежуваності.

При приготуванні холодних органо-мінеральних сумішей в якості мінеральної частини використовували гранітний щебінь, що відповідає вимогам ГОСТ 8267. Вміст органічного в'язучого з добавкою Р-РС в цих сумішах склав 5 % за масою. Співвідношення різних фракцій мінеральної частини дослідних зразків холодних сумішей наведено в табл. 1.

Таблиця 1 – Гранулометричний склад мінеральної частини холодних органо-мінеральних сумішей

Номер зразка	Кількість часток, % по масі, менші за даний розмір, мм							
	10	5	2,5	1,25	0,63	0,315	0,14	0,071
1	54	30	16	–	–	–	–	–
2	–	53,2	30	5	4	2,9	2,9	2
3	100	71	12,8	3,6	2,6	2,1	2,9	4,8

Здатність суміші відновлювати рухливий стан оцінювалась через 4, 24, 48 годин та 14 місяців.

Проведення випробувань зразків 1 та 2 на злежуваність після 4 годин зберігання у формі виявилось неможливим через неспроможність цих сумішей після ущільнення зберігати надану форму. Холодна суміш, до якої увійшов мінеральний матеріал зі збільшеним вмістом дрібних фракцій (зразок 3 табл. 1), була більш щільною. Однак за результатами проведених випробувань також отримали показник злежуваності, що склав 0 ударів.

Всі зразки перевірялись на злежуваність і після 24 та 48 годин зберігання у формі. Показник злежуваності цих сумішей склав нуль ударів, бо після зняття форми зразок самочинно руйнувався.

Здатність холодної суміші, модифікованої Р-РС, відновлювати після тривалого зберігання рухливий стан так само перевірили за показником злежуваності. Зразок суміші, гранулометричний склад якої задовольняв вимогам табл. 1 (зразок 2), зберігався в поліетиленовому пакеті протягом 14 місяців. Показник злежуваності цієї суміші склав 2 удари.

Крім загальноприйнятих, відповідно до ДСТУ Б В.2.7-119, показників, таких як злежуваність та зчеплення в'язучого з мінеральним матеріалом, були визначені такі необхідні технологічні показники як працездатність (тобто рухливість) суміші при низьких температурах та клеюча здатність (когезійна міцність) після укладання та ущільнення. Відомо, що клеюча здатність органо-мінеральної суміші забезпечується оптимальною в'язкістю в'язучого, яка визначає товщину плівки на поверхні щебеню.

Проведені дослідження показали, що всі отримані зразки холодних сумішей після зберігання при мінус 10°C протягом 10 годин працездатні.

Щодо визначення клеючої здатності (когезійної міцності) холодних органо-мінеральних сумішей існує багато доступних напівемпіричних методик.

Нами в дослідженнях використовувався метод органолептичної (візуальної) оцінки після кип'ятіння її у дистильованій воді відповідно до ДСТУ Б В.2.7-89 (п. 24) та ГОСТ 12801.

Клеюча здатність буде незадовільною, якщо після проведення експерименту суміш стає тьмяною та розсипчастою (рис. 5).

Якщо після проведення випробувань плівка повністю зберігається на поверхні щебеню, а візуально суміш після випробування залишається ідентичною вихідній, клеюча здатність буде забезпечена (рис. 6).



Рис. 5. Незадовільна клеюча здатність холодної органо-мінеральної суміші



Рис. 6. Задовільна клеюча здатність холодної органо-мінеральної суміші

Вміст органічного в'язучого з добавкою Р-РС в випробуваних холодних сумішах склав 5 % за масою. Проте в'язкість в'язучого для приготування першої суміші склала 570 сст, а для другої – 695 сст.

Висновки

1. Проведені дослідження показали, що суміш холодна органо-мінеральна, яка модифікована органічною добавкою “Perma-Patch Concentrate”, не злежується, має підвищену когезійну міцність і високий коефіцієнт водостійкості, зберігає рухливість при низьких температурах, що гарантує достатню довговічність місць ремонту з її застосуванням.
2. За результатами випробувань встановлено, що добавка Р-РС забезпечує 100 %-ку адгезію з поверхнею кам'яних матеріалів, працездатність суміші при низьких температурах та протидіє злежуваності.
3. Важливою перевагою є можливість застосування даної холодної суміші для ремонту в складних погодних умовах (при температурах до мінус 20° С або підвищеній вологості) з забезпеченням оперативного відкриття руху транспорту в місцях ремонту.
4. Встановлено, що для отримання необхідної клеючої здатності та довговічності холодних сумішей, модифікованих добавкою Р-РС, розріджений бітум повинен мати кінематичну в'язкість 600–800 сст, а його вміст складати 4,5–5 % від маси суміші.
5. Значним виявився вплив хімічного складу та особливостей технології приготування бітумів різних НПЗ на кінцеву в'язкість розріджених в'язучих при однакових показниках penetрації вихідних бітумів і однаковому вмісті дизпалива та добавки Р-РС. Особливо велика різниця в'язкості отриманих в'язучих спостерігається між бітумами виробництва Лисичанського НПЗ та бітумами інших виробників. Саме тому важливо при розрідженні бітуму враховувати його виробника.
6. На основі багаточисельних вимірювань в'язкості розріджених в'язучих встановлена кореляційна залежність між умовною в'язкістю та кінематичною.

Література

В.І. Братчун, В.О. Золотарев, М.К. Пактер, В.Л. Беспалов Фізико-хімічна механіка будівельних матеріалів. Під редакцією д. т. н. В.І. Братчуна Макіївка – Харків: Донбаська національна академія будівництва і архітектури, 2006.