



CHAPTER 8 / РОЗДІЛ 8

IMPROVING THE QUALITY OF CATIONIC BITUMEN EMULSIONS WITH AQUEOUS LATEX ADDITIVES

8.1. Матеріали та методи прийняті для дослідження

Способи введення полімеру до складу катіонних бітумних емульсій розглянуто в роботах [1-3, 11, 12]. Для дослідження швидкості розпаду бітумних емульсій і утримуючої здатності в'язучого, виділеного з емульсії використовували гранітний щебінь кубовидної форми фракції 5-10 мм Гайворонського спецкар'єру.

Фізико-механічні властивості щебеню наведені в таблиці 1.

Таблиця 1 – Фізико-механічні властивості щебеню фракції 5-10 мм

Найменування показників	Значення
Насипна щільність сухого щебеню, кг/м ³	1440
Вміст пилюватих і глинистих часток, % за масою	0,65
Вміст зерен пластинчастої (лещадної) і голчастої форми, %	8,5
Марка щебеню за міцністю	1400

Для оцінки зчеплення (адгезії) емульсії до поверхні щебеню використовували гранітний щебінь фракції 20-40 мм Кременчуцького кар'єроуправління «Кварц»

Фізико-механічні властивості щебеню фракції 20-40 мм наведені в таблиці 2.

Пісок марки ВС-050-1 для скляної промисловості використовували для визначення швидкості та індексу розпаду бітумних емульсій. Гранулометричний та хімічний склад, фізико-механічні властивості кварцового піску наведені в таблицях 3-5.

Для виготовлення бітумних катіонних дорожніх емульсій використовувався нафтовий дорожній бітум марки 70/100, виготовлений на Кременчуцькому НПЗ. Фізико-механічні властивості нафтового дорожнього



бітуму представлені в таблиці 6. Безпосередньо перед виготовленням емульсій в бітум, що розігрівався до 115 °С додавали 2 % гасу.

Таблиця 2 – Фізико-механічні властивості щебеню фракції 20-40 мм

Найменування показників	Значення
Насипна щільність сухого щебеню, кг/м ³	1320
Вміст пилюватих і глинистих часток, % за масою	0,8
Вміст зерен пластинчастої (лещадної) і голчастої форми, %	26
Марка щебеню за міцністю	1200

Таблиця 3 – Фізико-механічні властивості кварцового піску

Найменування показників	Значення
Насипна щільність, кг/м ³	1500
Істинна щільність, кг/м ³	3300
Вміст пилюватих і глинистих часток, % за масою	0,36
Модуль крупності	0,93

Таблиця 4 – Хімічний склад кварцового піску

Вміст, %			
SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	H ₂ O
99,4	0,15	0,045	3,4

Таблиця 5 – Гранулометричний склад кварцового піску для визначення індексу розпаду

Прохід через сито, %	Розмір сит			
	0,315	0,14	0,07	<0,071
	100	10,29	0,06	0

На даний час на ринку дорожніх матеріалів в Україні присутня велика кількість закордонних поверхнево-активних речовин різних класів з приблизно однаковим емульгуючими властивостями. Самими поширеними серед них є катіоноактивні емульгатори, що виготовляються французькою фірмою СЕСА та шведською фірмою Akzo Nobel. Фізико-хімічні характеристики даних емульгаторів показані у таблиці 7.



Таблиця 6 – Фізико-механічні властивості бітуму нафтового дорожнього

Найменування показників	Показники властивостей для		Метод випробувань
	вихідного бітуму	для вихідного бітуму розрідженого 2 % гасу	
Глибина проникнення голки, мм·10 ⁻¹ : при температурі 25 °С при температурі 0 °С	73 21	112 22	ДСТУ EN 1426 (EN 1426, IDT)
Температура розм'якшення за кільцем і кулею, °С	48	46	ДСТУ EN 1427 (EN 1427, IDT)
Розтяжність (дуктильність), при температурі 25 °С, см	Більше 100	Більше 100	ДСТУ 8825
Показник зчеплення з поверхнею зерен гранітного щебеню, %	15	12	ДСТУ Б В.2.7.-81
Зміна характеристик після прогріву -зміна маси після прогрівання, %, не більше	0,2	0,4	ДСТУ EN 12607-2 (EN 12607-2, IDT)
-залишкова penetрація, %, не менше	98	80	ДСТУ EN 1426 (EN 1426, IDT)
-зміна температури розм'якшення, °С, не більше	5	5	ДСТУ EN 1426 (EN 1426, IDT)
Індекс penetрації	-0,4	-0,12	ДСТУ 4044 [4]

Для досягнення рекомендованого виробниками показника рН використовували соляну кислоту згідно до ДСТУ 2904 щільністю 1,63 г/см³ та концентрацією 32 %.

Для модифікації емульсій бітумних дорожніх катіонних використовували водний катіонний латекс Бутонал NS 198. Фізико-хімічні властивості водного катіонного латексу Бутонал NS 198 класу термоеластопластів представлені в таблиці 8.



Таблиця 7 – Фізико-хімічні характеристики емульгаторів (за даними виробників)

Показники	Емульгатори		
	Dinoram SL	Polygram L80	Redicot Rm007
Стан при 20 °С	рідкий	рідкий	рідкий
Колір	жовтий	коричневий	від жовтого до червоного
Щільність при 20 °С, кг/м ³	900	930	-
Температура, °С:			
- застигання	-8	4	<5
- спалаху	204	>100	>100
В'язкість при температурі 20 °С, мПа·с	320	571	440
Лужність	4,30-4,65 мл HCl/г	6,31 мл HClO ₄ /г	125-135 мг HCl/г
Рекомендована концентрація, %	0,15-0,22	0,4-1	0,17-0,6
Рекомендований діапазон рН	2-4	1,8-4	1,5-3,5

Таблиця 8 – Фізико-хімічні властивості водного латексу класу термоеластоластів Бутонал NS 198 (за даними виробника)

Назва властивостей	Значення
Зовнішній вигляд	Водна дисперсія білого кольору
Хімічний склад	Дисперсія стирол-бутадиєн-стиролу
Вміст твердої речовини, %	64
Показник рН	4,2-5,2
Щільність, г/см ³	0,95
Рекомендований вміст у складі бітуму, %	2-8

Склад катіонних бітумних емульсій прийнятих для дослідження наведено у таблицях 9-11.

Таблиця 9 – Склад емульсії на основі емульгатора Dinoram SL

Бітум, %	60
Вода, %	38,5
Емульгатор, %	0,3
Соляна кислота, %	0,2
Хлорид кальцію, %	0,1



Таблиця 10 – Склад емульсії на основі емульгатора Redicot Rm007

Бітум, %	60
Вода, %	39,4
Емульгатор, %	0,3
Соляна кислота, %	0,2
Хлорид кальцію, %	0,1

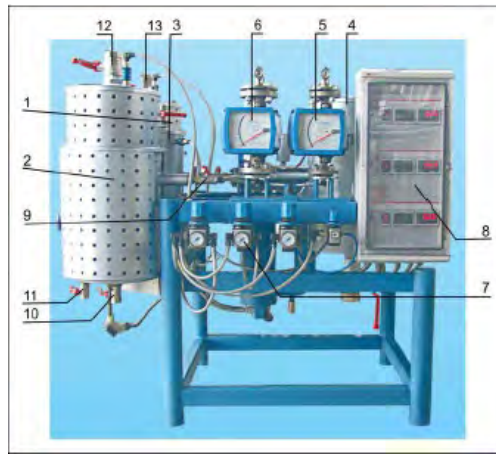
Таблиця 11– Склад емульсій на основі емульгатора Polygram L80

Концентрація, %	№ емульсії		
	1	2	3
Бітум	64	65	64
Вода	35,4	34,2	34,7
Емульгатор	0,3	0,4	0,7
Соляна кислота	0,2	0,3	0,5
Хлорид кальцію	0,1	0,1	0,1

Для проведення експериментальних досліджень окрім стандартних методів дослідження використовували ряд спеціальних методів і приладів.

Для досліджень органічних в'язучих використовували стандартні методи, такі як метод визначення глибини проникнення голки [5], метод визначення умовної в'язкості, метод визначення розтяжності [7], метод визначення температури розм'якшення по кільцю і кулі [6], визначення показника зчеплення з поверхнею зерен гранітного щебеню, зміна характеристик після прогрівання [8], фізико-технічні властивості бітумних емульсій за [10] і ін.

Бітумні дорожні катіонні емульсії були виготовлені на лабораторній установці (рисунок 1) конструкції заводу «Укрбудмаш». Процес змішування на лабораторній установці виконувався поетапно. На першому етапі відбувалось змішування бітуму з розріджувачем, потім бітумна фаза під тиском 1,5 МПа проходила через інжектор, змішуючись з купажем, після чого поступала в гідродинамічний змішувач.



1-ємність для бітуму з підігрівом, 2- ємність для купажу з підігрівом, 3- ємність для розріджувача, 4- збірник емульсії, 5-ротамет розріджувача, 6-ротаметр купажу, 7-регулятори тиску, 8-пульт керування, 9-інжекційний змішувач, 10-кран для зливу купажу, 11-кран для зливу бітуму, 12-кран для зливу купажу, 13-кран для зливу бітуму

Рисунок 1 – Загальний вид лабораторної установки для підбору складу дорожніх бітумних емульсій

Оцінку зчеплення бітуму з поверхнею мінеральної підкладки визначали по ДСТУ 9169:2021 «Бітуми нафтові дорожні в'язкі. Метод визначення показника зчеплення з поверхнею скла і кам'яних матеріалів». Суть методу полягає у витісненні водою з поверхні скляної пластини заздалегідь нанесеної на неї плівки бітуму. Мірою зчеплення служить виражена у відсотках, по відношенню до максимальної, площа пластини, покритої бітумом після термостатування у воді при температурі 85 °С. Показник зчеплення для кожної пластини розраховували (A_i), %, по формулі (1):

$$A_i = \frac{X_6}{X_n} \cdot 100 \quad (1)$$

де X_6 – кількість квадратів, які покриті бітумом, після випробування, шт;

X_n – кількість квадратів, які покриті бітумом, до випробування, шт.

Визначення утримуючої здатності в'язучого, виділеного з вихідних бітумних дорожніх катіонних емульсій і модифікованих водним катіонним латексом «Бутонал NS 198» емульсій визначали за методом «Віаліта » (рисунок 2) діапазоні температур від плюс 25 °С до мінус 25 °С.



Рисунок 2 – Прилад Віаліта

Перед проведенням випробування металеві пластини ретельно мили і знежирювали ацетоном. Загальний вигляд пластин наведено на рисунок 3.



Рисунок 3 – Фото пластин для «Віаліта»

Чистий гранітний щебінь фракції 5-10 мм висушували при температурі 100 ± 5 °C протягом 2 годин. Висушений щебінь охолоджували в ексікаторі не менше 1 години.

По поверхні пластини рівномірно розподіляли бітумну емульсію в кількості 80 г. Після чого на пластині з в'язучим рівномірно розподіляли 100 щебінок.

Пластину з втопленим в бітум щебенем залишали на добу. Для забезпечення заданої температури пластину з наклеєним щебенем поміщали в кліматичну камеру і витримували 1 годину. Після цього пластину з наклеєним щебенем поміщали на направляючі стрижні приладу щебенем вниз та завдавали удар металевою кулею масою 500 г в центр пластини. Мірою утримуючої здатності служить виражена у відсотках, по відношенню до початкової, кількість



щєбінок, що залишилися після випробування. Якщо після удару на пластині залишилося менше 90 % від числа наклеєного щєбеня, то вважається, що бітумна емульсія не витримала випробування.

«Бутонал NS 198» додавали до емульсії у необхідній кількості шляхом поступового введення. Після цього перемішували протягом 15 хвилин вручну після цього 15 хвилин за допомогою магнітної мішалки ММ-5 зі швидкістю обертання 400-6000 об/хвил (рисунок 4).



Рисунок 4 – Магнітна мішалка ММ-5

Індекс розпаду (I_p) емульсії у відсотках з точністю до 0,1 % розраховували за формулою (2):

$$I_p = \frac{m_3 - m_2}{m_2 - m_1} \cdot 100 \quad (2)$$

де m_1 – маса чашки зі шпателем, г;

m_2 – маса чашки зі шпателем та емульсією, г;

m_3 – маса чашки зі шпателем, емульсією та піском, г.

В Україні бітумні емульсії виробляються та використовуються згідно ДСТУ Б В.2.7-129.



Емульсії повинні відповідати вимогам цього стандарту та виготовляться за технологічним регламентом, що затверджений у встановленому порядку.

Фізико-технічні показники емульсії повинні відповідати значенням, що наведені в таблиці 12.

Таблиця 12 – Фізико-технічні показники бітумних емульсій згідно ДСТУ Б В.2.7-129

Назва показника	Значення для марок						
	ЕК-Ш, ЕКМ-Ш	ЕК-С, ЕКМ-С	ЕК-П, ЕКМ-П	ЕА-Ш, ЕАМ-Ш	ЕА-С, ЕАМ-С	ЕА-П, ЕАМ-П	
Зовнішній вигляд	Однорідна темно-коричнева рідина						
Показник концентрації водневих іонів, рН	1,5-6,5			8,0-12,0			
Однорідність (залишок на ситі № 014), %, не більше	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	
Вміст бітуму з емульгатором, %	45-70	50-70	50-70	50-70	50-70	50-70	
Умовна в'язкість, с, не більше:							
- за температури 20 °С на апараті з діаметром отвору витоку 3 мм	65	65	65	65	65	65	
- за температури 25 °С на апараті з діаметром отвору витоку 4 мм	20	20	20	20	20	20	
Стійкість при зберіганні: залишок на ситі № 014, %, не більше:							
- після 7 д	0,6	0,6	0,6	0,8	0,8	0,8	
- після 14 д	0,8	0,8	0,8	1,2	1,2	1,2	
Зчеплюваність в'язучого, виділеного з емульсії, з поверхнею щебеню, %, не менше	90	90	90	75	75	75	
Зміцунувальність із сумішами зернових складів	пористого	ні	так	так	ні	так	так
	щільного	ні	ні	так	ні	ні	так
Індекс розпаду, %	80-220	221-260	більше 260	-	-	-	

Залишкове в'язуче, отримане з немодифікованої емульсії, повинно відповідати вимогам ДСТУ 4044 за показниками: глибина проникності голки (пенетрація) за температури 25 °С, температура розм'якшеності за кільцем і



кулею, розтяжність (дуктильність) за температури 25 °С, розтяжність (дуктильність) за температури 0 °С; залишкове в'язуче, отримане з модифікованої емульсії, повинно відповідати вимогам за вищевказаними показниками і показником "еластичність".

Для приготування емульсій використовують такі матеріали:

- бітуми нафтові дороясні в'язкі;
- бітуми модифіковані;
- вода;
- емульгатори катіоноактивні або аніоноактивні – згідно з відповідними діючими нормативними документами;
- кислоти (для катіонних емульсій); соляна, оцтова, ортофосфорна;
- луги (для аніонних емульсій): їдкий натр, калію;
- латекси (катіонні – для емульсій катіонних модифікованих, аніонні – для емульсій аніонних модифікованих) – згідно з відповідними діючими нормативними документами;
- адгезійні добавки – згідно з відповідними діючими нормативними документами.

8.2. Технології виготовлення бітумних та модифікованих бітумних емульсій

Для виробництва дорожніх бітумних емульсій в промислових умовах найчастіше використовують диспергуючі методи. Для цього застосовують мішалки, колоїдні млини або спеціальні гомогенізатори.

Емульгування за допомогою турбінних або пропелерних мішалок здійснюється за допомогою механічного змішування компонентів. Змішувачі з пропелерними мішалками застосовують для приготування емульсій з малою або середньою в'язкістю, а змішувачі з турбінними мішалками – для емульсій з великою в'язкістю. Діаметр крапель в таких емульсіях – близько 5 мкм.



У колоїдних млинах процес диспергування здійснюється при протискуванні рідини між ротором, що обертається з великою швидкістю і нерухомим статором. В результаті великої швидкості обертання і малого зазору між ротором і статором виникає велика дотична напруга, яка у поєднанні з відцентровими силами обумовлює майже миттєвий розрив рідкого струменя на краплі. Діаметр крапель в емульсіях, що отримуються за допомогою колоїдних млинів, близько 2 мкм.

У гомогенізаторах подрібнення відбувається в результаті пропускання рідини через малі отвори під великим тиском. Виникаюча висока напруга і великий градієнт швидкостей викликають розрив рідини на краплі. Гомогенізатори використовують для отримання емульсій з розмірами крапель 1 мкм і менш.

Бітумна емульсія виробляється або партіями, або в ході безперервного процесу. Виробництво партіями включає як мінімум два етапи – підготовку водної фази («мила») і сам процес виробництва емульсії. Підготовка водної фази здійснюється в резервуарі за допомогою ретельного перемішування нагрітої води, емульгатора і інших хімікатів. В процесі виробництва емульсії бітум і наперед підготовлена водна фаза дозується в змішувач. При необхідності додавання в бітум розчинника потрібна або наявність резервуару для бітуму, або дозування розчинника в трубопровід.

В установці для виробництва емульсії партіями процес виробництва емульсії охоплює лише декілька потоків матеріалів.

При безперервному процесі виробництва нагрівання води і дозування всіх матеріалів здійснюється безперервно з використанням індивідуальних дозуючих насосів для кожного матеріалу. Резервуари для партій відсутні. Натомість система водної фази повинна бути вдосконалена так, щоб забезпечити достатній час для реакції хімікатів з досягненням необхідного ступеня нейтралізації і розчинення до контакту водної фази з бітумом. Для процесу повинен бути передбачений автоматичний контроль з використанням витратомірів для



дозування всіх матеріалів за винятком кислоти, передача якої контролюється за допомогою вимірювання рН у водній фазі.

Якщо використовуються такі добавки як латекс, SBS, або адгезійна домішка, то це вимагає застосування спеціальних технічних рішень.

Багато нових технологій з'явилося в дорожньому будівництві завдяки поліпшенню бітумів добавкою невеликої кількості полімеру. Полімери – це органічні речовини, молекули яких складаються з великої кількості атомів (десятків та сотень тисяч), що можуть мати різноманітні форми і різним чином розміщуватись одна відносно одної. Завдяки своєму складу та структурі, багато полімерів мають значну міцність при високих температурах та низьку температуру переходу до крихкого стану.

Перший патент на модифікацію бітуму добавкою полімеру був виданий в 1843 р, досвідчене будівництво з його вживанням почалося в країнах Західної Європи тільки в 1930 р. На території Північної Америки в 1950 р для модифікації бітуму почали застосовувати в дорожньому будівництві неопреновий латекс (емульсію синтетичного каучуку у воді).

У 1970 роках в Західній Європі інтерес до вживання модифікованих бітумів значно зріс унаслідок нафтових криз 1973 і 1979 роках, які привели до подорожчання бітуму. Модифіковані бітуми використовували для влаштування поверхневої обробки і при приготуванні асфальтобетонних сумішей.

У США початку 1980 р під впливом європейського досвіду інтенсифікували дослідження в області технології ПБВ і об'єм будівництва покриттів з їх використанням став швидко збільшуватися. При цьому, разом з розширенням номенклатури полімерних добавок, велику роль зіграло усвідомлення того факту, що, не дивлячись на більш високу вартість ПБВ, сумарні витрати на будівництво і ремонти протягом «життєвого циклу» покриття знижуються завдяки збільшенню міжремонтних термінів служби.

Фізичні властивості полімерів визначаються послідовністю ланок ланцюга і хімічною структурою мономерів, з яких вона полягає. Полімери, молекули яких складаються з однакових мономерних ланок, називаються гомополімерами



(наприклад, полівінілхлорид). Полімери, макромолекули яких містять декілька типів мономерних ланок, називаються сополімерами. Сополімери, в яких ланки кожного типу утворюють достатньо довгі безперервні послідовності (блоки), що змінюють один одного в межах макромолекули, називаються блок-сополімерами. Властивості блок-сополімера, на відміну від властивостей сополімера з тим же співвідношенням компонентів, не є проміжними між властивостями гомополімерів. В блок-сополімері поєднуються властивості як одного, так і іншого компоненту, що робить блок-сополімери цінними матеріалами. Типовим прикладом є SBS (стирол-бутадиен-стирол), що складається з хімічно зв'язаних блоків полістиролу і полібутадієна.

Основна мета введення полімеру в бітум – пониження температурної чутливості в'язучого, тобто збільшення його жорсткості влітку і зменшення взимку. Інша мета – додання в'язучому еластичності (здатності до відновлення первинних розмірів і форми після деформації). Якщо ці цілі досягнуті, то дорожньо-будівельний матеріал на основі ПБВ володіє підвищеною стійкістю проти утворення залишкових деформацій (колії) влітку, поперечних температурних тріщин взимку і володіє підвищеною тріщиностійкістю при повторному вигині.

Полімери, що використовуються в поєднанні з бітумом, ділять на 4 групи залежно від їх механічних властивостей і поведінки при нагріванні.

1. Еластомери. Є пружними. При нагріванні до температури плавлення деградують. До еластомерів відноситься : полібутадієн, поліуретан, поліізопрен (каучук).

2. Термопласти. У нагрітому стані стають пластичними. Їх можна розігріти до переходу в рідкий стан, а після охолодження – знову нагрівати і формувати. Додаванням термопласту в бітум можна збільшити в'язкість. До них відносяться : поліетилен, полістирол, полівінілхлорид, етиленвінілацетат (EVA)

3. Термоеластоласти (термопластичні еластомери). Поєднують властивості як еластомерів, так і термопластів. Завдяки цьому знаходяться в пластичному поляганні в бітумі під час приготування і ущільнення суміші, але при



температурах експлуатації готового покриття проявляють свої пружні властивості, додаючи в'язучому еластичність. Таким, наприклад, є блок-сополімер бутадієну і стиролу (SBS).

4. Термореактивні смоли. Вони є сітчатими полімерами, які звичайно формуються і обробляються до того, як проводиться їх зшивання. Після того, як завершено зшивання, змінити форму предмету вже неможливо. Прикладом є епоксидна смола і полікарбонат.

Найбільш широко застосовують SBS, вперше використаний для модифікації бітуму співробітниками компанії SHELL в 1960 р. В цьому полімері блоки полістиролу мають велику молекулярну масу і, асоціюючи один з одним, утворюють об'єми склообразного полістиролу, з якими хімічно зв'язаний оточуючий їх еластомер – полібутадієн. Зшивання полімерних ланцюгів створює просторову сітчасту структуру.

Модифікація бітуму полімером якісно змінює властивості в'язучого, причому необхідна для цього кількість полімеру складає всього декілька відсотків (як правило, 2,5-6 %). Завдяки цьому можна добитися радикального поліпшення властивостей в'язучого при його помірному дорожчанні.

Полімери можна вводити в бітумну емульсію двома способами: додаванням полімеру у вигляді водного розчину латексу в емульсію або попереднім змішенням бітуму з полімером. У кожного з цих способів є свої переваги та недоліки.

При попередньому введенні полімеру в вихідний бітум, по-перше, виникає необхідність в додатковому устаткуванні для забезпечення ефективного змішування. Наприклад, латекс є чутливим до дії зрізуючих зусиль і може коагулювати в насосах і трубопроводах. У разі використання бітуму, модифікованого SBS, емульсія, як правило, повинна виготовлятися при температурі, що перевищує температуру кипіння води, що вимагає виробництва під тиском і охолодження до подачі в резервуар для зберігання з атмосферним тиском.



Тобто в'язуче такого типу можна використовувати не для будь-якої емульсійної установки.

Латекс вводять додаванням у водну фазу, яка у свою чергу подається у необхідній кількості в змішувач, або додаванням в готову емульсію [11].

Додавання водного латексу в готову емульсію відбувається шляхом простого змішування латексу і емульсії до отримання модифікованої бітумної емульсії з необхідним вмістом сухого полімеру.

У цього способу введення полімеру є свої особливості, які необхідно враховувати. Бітумна емульсія, приготована з певним вмістом твердих частинок, розбавляється водою, яка необхідна для утворення латексу, що призводить до зниження в'язкості готової емульсії і зміни рецептури. У зв'язку з цим необхідно для компенсації ефекту розбавлення збільшувати вміст твердих речовин в вихідній емульсії.

При додаванні латексу у водну фазу, як позитивний момент, можна відзначити можливість попереднього регулювання складу водної фази. Полімер додається чи впорскується у водну фазу, яка в свою чергу подається до змішувача. Цим забезпечується щільне змішування латексу та бітумної емульсії.

Недоліком даного способу введення латексу є необхідність в додатковому дозуючому пристрої для введення латексу у водну фазу.

Найпростіше додавати латекс в емульсійну установку переривчастої дії, в якій всі компоненти водної фази заздалегідь змішуються в окремій ємкості, а потім через дозуючий пристрій подаються в змішувач.

Основні полімери, які використовуються для модифікації емульсій: поліхлорпропен, ізобутілен-ізопрен-сополімер, стірол-бутадієн-сополімер, стірол-бутадієн-стірол-блочний полімер, стірол-ізопрен-сополімер, етилен-пропілен-дієн-сополімер.

Ці полімери мають середній чи високий ступінь полімеризації і утворюють сітчасті структури усередині бітумної емульсії. У дорожньому будівництві широке застосування знайшли термоеластоласти, які збільшують міцність і теплостійкість емульсійно-мінеральних сумішей.



Водний катіонний латекс Butonal NS 198 відноситься до класу термоеластопластів. Butonal NS 198 значно збільшує теплостійкість бітумів, при його введенні температура розм'якшення бітумів збільшується на 5-9 °С; як типовий термоеластопласт, надає бітумам значну еластичність (60-70 %), що вигідно відрізняє його від інших полімерів; покращує низькотемпературну поведінку бітумів: у 2-3 рази збільшує розтягнення в'язучих про 0 °С, на 4-7 °С знижується температура крихкості; на відміну від інших термоеластопластів, покращує зчеплення в'язучого з мінеральним матеріалом (з 3 балів до 5 балів). Модифікація бітумної емульсії Butonal NS 198 здійснюється шляхом введення 3-3,5 % латексу безпосередньо в готову емульсію або в водний розчин емульгатору (водну фазу) або зону диспергування колоїдного млина під час її приготування.

Рівномірне розподілення полімеру в емульсії в першому випадку досягається шляхом їх змішування в статоміксері або в іншій змішувальній установці, в другому завдяки суміщенню з водною фазою та проходженню через колоїдний млин при емульгуванні. Після розпаду модифікованої емульсії на поверхні мінерального матеріалу залишається полімербітумне в'язуче, по властивостям не гірше спеціально модифікованих бітумів.

8.3. Оцінка впливу полімеру на властивості катіонних бітумних емульсій

Для виконання досліджень за допомогою лабораторної установки (виробництва заводу «Укрбудмаш») були виготовлені катіонні дорожні бітумні емульсії із застосуванням катіонних емульгаторів, відповідно DINORAM SL, POLIRAM L80 (виробництва шведської фірми «Akzo Nobel») та Redicot Rm007 (виробництво французької фірми СЕСА). Фізико-хімічні властивості емульгаторів наведені в таблиці 7.

Для приготування емульсій застосовували нафтовий дорожній бітум марки БНД 70/100. Фізико-механічні характеристики бітуму наведені в таблиці 6.



Вміст бітуму в виготовлених емульсіях був від 60 до 65 %. Концентрація емульгатору в складі емульсій була 0,3 %.

Модифікацію виготовлених катіонних дорожніх бітумних емульсій водним катіонним латексом «Butonal NS 198» здійснювали шляхом змішування латексу з готовою холодною бітумною емульсією. Фізико-механічні властивості бітумних та модифікованих бітумних емульсій наведені в таблиці 13.

На рисунках 5-7 можна побачити основні фізико-механічних показники бітумних та бітумно-полімерних емульсій на різних емульгаторах.

З даних, наведених на рисунку 5 можна зробити висновок, що найбільшу в'язкість мають емульсії на основі емульгатору Dinoram SL. Модифікація емульсій водним катіонним латексом «Butonal NS 198» дещо зменшує в'язкість бітумних емульсій.

Таблиця 13 – Фізико-механічні властивості бітумних та модифікованих бітумних емульсій

Найменування показника	Емульгатор					
	Dinoram SL		Redicot Rm007		Polyram L 80	
	БЕ	МБЕ	БЕ	МБЕ	БЕ	МБЕ
Конц.емульгатору, %	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
Вміст бітуму, %	61	61	59	60	64	64
Однорідність, %	0,21	0,34	0,36	0,8	0,5	0,9
Умовна в'язкість, C_{25}^4 , с	6	5,7	5	5	6	5,3
Індекс розпаду, %	94	135	99	137	115	118
Показник зчеплення з поверхнею щебеня, %	90	97	94	98	97	98

З наведених на рисунку 6 даних видно, що емульсії бітумні модифіковані емульсії мають значно вищий показник індексу розпаду, ніж звичайні емульсії.

З рисунку 7 ми бачимо, що наявність у складі бітуму емульгаторів майже на 80 % покращує показник зчеплення зі щебенем порівняно з вихідним бітумом. Модифікація бітумних емульсій полімером збільшує цей показник ще на 3-5 %.

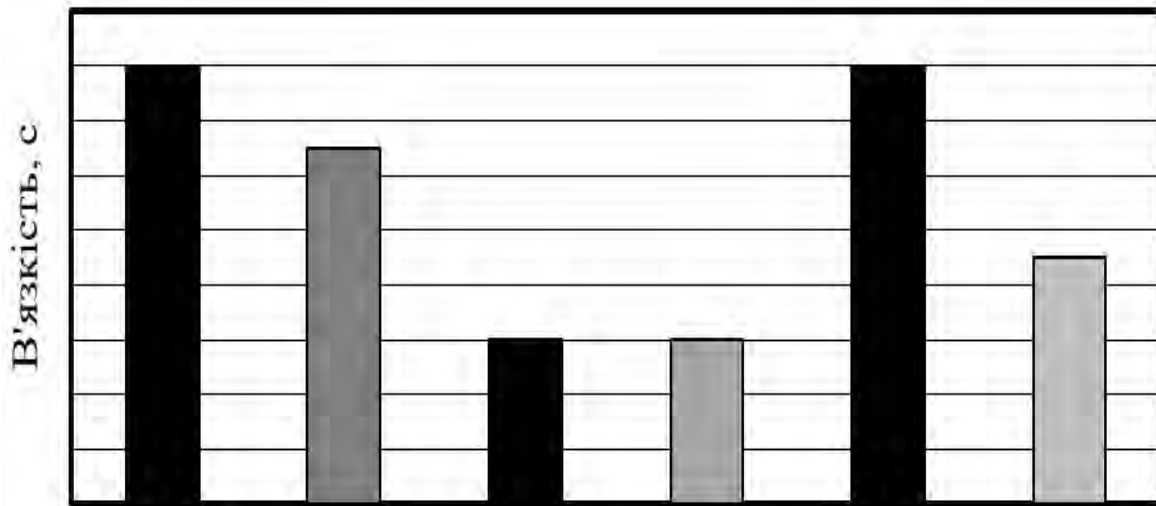


Рисунок 5 – В'язкість бітумних та бітумно-полімерних емульсій на основі різних емульгаторів

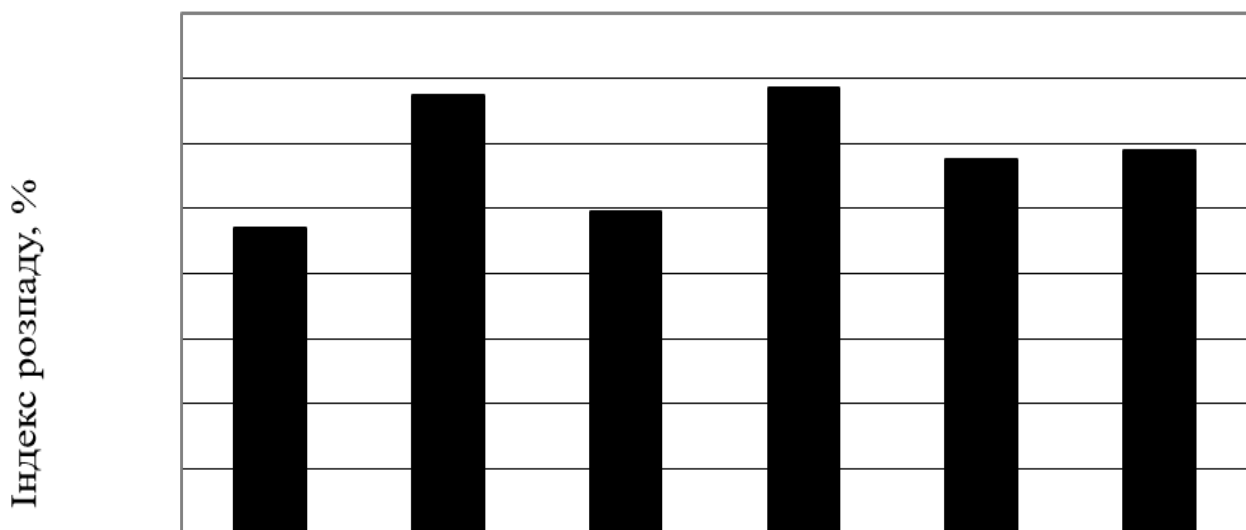


Рисунок 6 – Індекс розпаду бітумних та модифікованих бітумних емульсій

Для виконання досліджень були використані в'язучі, виділені з досліджуваних емульсій шляхом випаровування води при температурі 120 °С.

Фізико-механічні властивості залишкового в'язучого, виділеного з бітумних та бітумно-полімерних емульсій представлені на рисунках 8-11 та в таблиці 14.

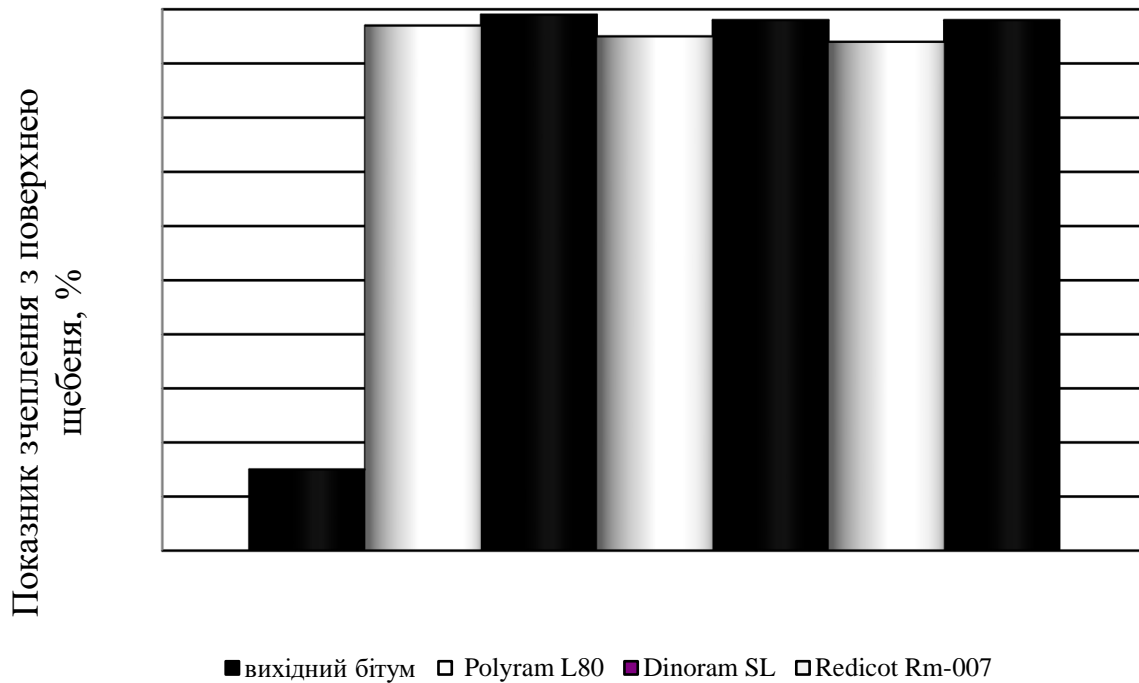


Рисунок 7 – Показник зчеплення з поверхнею щебеню (чорним коліром виділені модифіковані бітумні емульсії, світло сірим – бітумні емульсії)

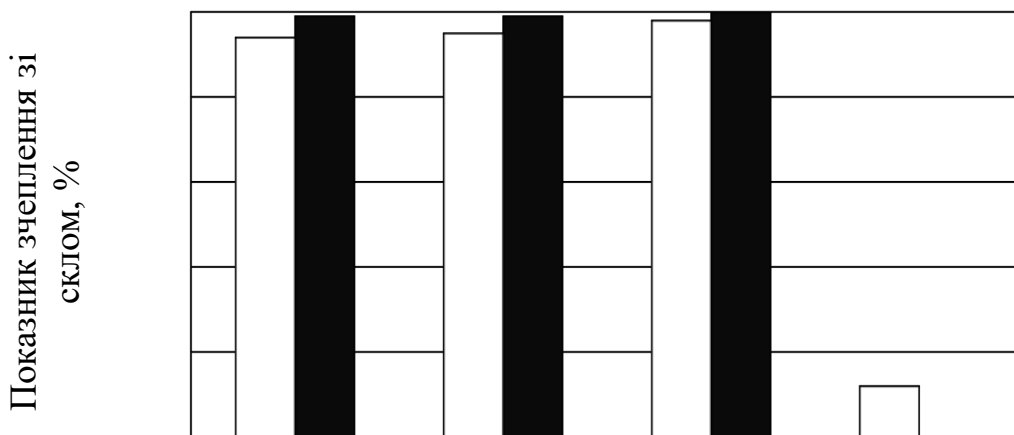


Рисунок 8 – Показник зчеплення зі склом залишкового в'язучого (світло сірий колір в'язуче виділене з бітумних емульсій, чорний колір – в'язуче виділене з модифікованих бітумних емульсій)



З рисунка 8 ми можемо побачити, що модифікація бітумної емульсії полімером приблизно на 10 % покращує показник зчеплення зі склом для всіх досліджуваних емульсій.

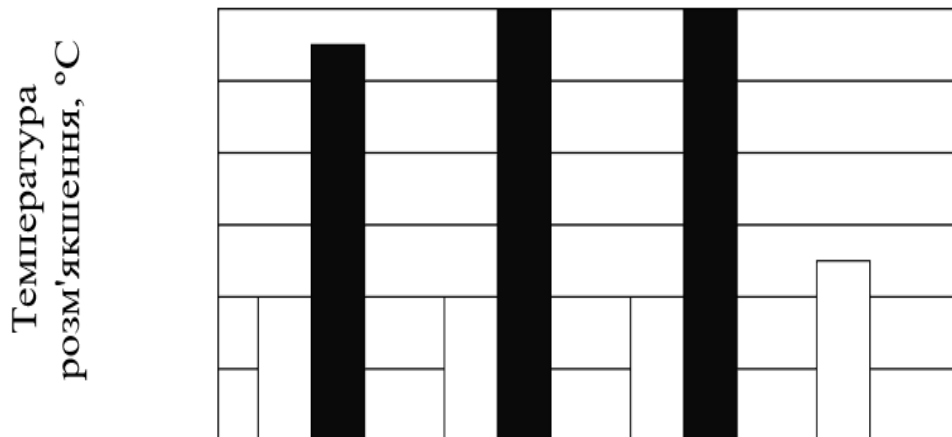


Рисунок 9 – Температура розм'якшення залишкового в'язучого (білий колір в'язуче виділене з бітумних емульсій, чорний колір – в'язуче виділене з модифікованих бітумних емульсій)

Таблиця 14 – Фізико-механічні властивості залишкового в'язучого, виділеного з бітумних та модифікованих бітумних емульсій

Назва показника властивостей	Назва емульгатору					
	DINORAM SL		REDICOT RM007		POLYRAM L80	
Концентрація емульгатору в емульсії, %	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
Пенетрація при 25 °C 0 °C	81	67	82	70	80	67
	28	27	27	27	28	29
Температура розм'якшення, °C	48	55	48	56	48	56
Показник зчеплення в'язучого, виділеного з емульсії з поверхнею скла, %	94	98	83	99,3	95	99
Зміна маси після прогріву	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,1
Зміна температури розм'якшення після прогріву, °C	7	10	6	8	9	13
Показник зчеплення з поверхнею скла після прогріву, %	79	99	80	99,4	97	99
Розтяжність при температурі 25 °C, см	71	72	98	80	69	66
Еластичність, %	-	69		76	-	70
Індекс пенетрації	-0,52	0,73	-0,49	1,08	-0,56	0,96



Представлені на рисунку 9 дані свідчать про те, що модифікація бітумної емульсії полімером підвищує температуру розм'якшення в'язучих (приблизно на 6-8 °С).

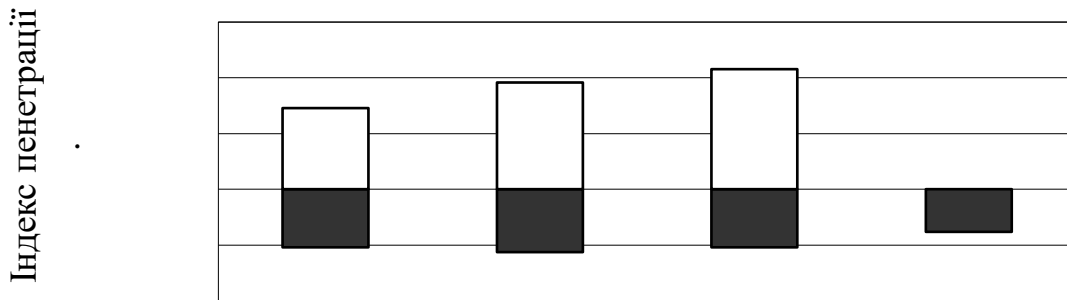


Рисунок 10 – Індекс пенетрації залишкового в'язучого (білий колір в'язуче виділене з бітумних емульсій, чорний колір – в'язуче виділене з модифікованих бітумних емульсій)

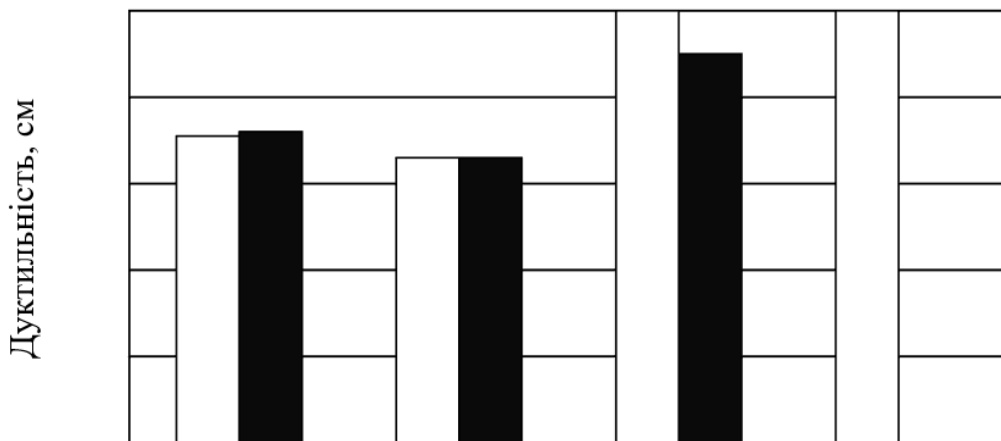


Рисунок 11 – Показник дуктильності залишкового в'язучого (білий колір в'язуче виділене з бітумних емульсій, чорний колір – в'язуче виділене з модифікованих бітумних емульсій)

В'язучі, виділені з всіх досліджених емульсій, по значенням показника дуктильності відповідають вимогам ДСТУ 4044 до бітуму марки БНД 70/100. З даних, наведених на рисунку 11 видно, що в випадку з емульгатором Dinoram SL модифікація бітуму полімером трохи підвищила показник дуктильності, а в випадку з емульгатором Redicot Rm007 погіршила цей показник .



Результати досліджень в'язучих показують, що вони мають схожі показники пенетрації, температури розм'якшення та індексу пенетрації як між собою, так і з вихідним бітумом.

Отримані результати дозволяють константувати, що модифікація емульсії полімером в кількості 3 % від маси бітуму впливає на фізико-механічні показник в'язучого, порівняно з вихідним бітумом, а саме: збільшується температура розм'якшення, зменшується пенетація, майже не змінюється дуктильність, дещо покращується показник зчеплення зі склом.

Для дослідження впливу концентрації емульгатору на фізико-механічні властивості бітумних та бітумно-полімерних емульсій були виготовлені три катіонні дорожні бітумні емульсії із застосуванням катіонного емульгатору POLIRAM L80 з різною концентрацією емульгатору до складу яких вводили 4,7 % водного катіонного латексу Butonal NS 198.

Фізико-механічні властивості бітумних та модифікованих бітумних емульсій наведені в таблиці 15. та на рисунку 12.

Таблиця 15 – Фізико-механічні властивості бітумних та модифікованих бітумних емульсій на основі емульгатору Polyram L80

Найменування показника	Експериментальні данні					
	БЕ			ПБЕ		
Концентрація емульгатору, %	0,3	0,4	0,7	0,3	0,4	0,7
Вміст бітуму, %	64	65	64	64	65	64
Однорідність, %	0,5	0,5	0,4	0,9	0,9	0,6
Умовна в'язкість, C_{25}^4 , с	6	6	5	5,3	5,3	5
Індекс розпаду, %	115	141	167	118	139	192
Зчеплення з поверхнею щебеня, %	97	95	95	98	98	98

Наведені на рисунку 12 дані свідчать про те, що індекс розпаду зростає при збільшенні концентрації емульгатору в дорожніх бітумних емульсіях. При цьому введення водного катіонного латексу «Butonal NS 198» до їх складу викликає незначне збільшення показника індексу розпаду, що пов'язане зі збільшенням вмісту поверхнево-активних речовин в емульсії, за рахунок ПАВ, що входять до складу катіонного водного латексу.

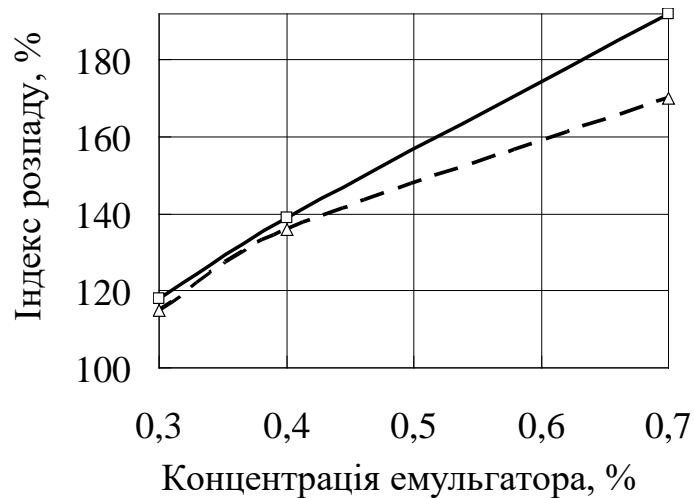


Рисунок 12 – Концентраційна залежність показника індексу розпаду емульсії (суцільна лінія - модифікована бітумна емульсія, штриховка бітумна емульсія)

Фізико-механічні властивості в'язучих, виділених з бітумних та модифікованих бітумних емульсій з різною концентрацією емульгатору Polygram L80 наведені в таблиці 16 та на рисунках 13, 14.

Порівняльний аналіз даних дозволяє констатувати, що наявність катіонних емульгаторів Polygram L80 у складі бітуму, виділеного із досліджуваних емульсій (рисунок 14), забезпечує зростання величини показника зчеплення бітумної плівки з поверхнею щебеню, визначеного за стандартною методикою. Бітумам, виділеним із емульсій з концентрацією емульгатору 0,3 % за масою, властиве зростання показника зчеплення з поверхнею гранітного щебеню на 80 %, порівняно з вихідним дорожнім бітумом, прийнятим для приготування досліджуваних бітумних та бітумно-полімерних емульсій. Додаткове введення до складу емульсії 4,7 % водного катіонного латексу «Butonal NS 198» викликає достатньо помірне зростання величини вказаного показника (на 2-3 %).

Метою даного дослідження є оцінка впливу концентрації водного катіонного латексу Butonal NS 198 на властивості катіонних дорожніх бітумних емульсій.



Таблиця 16 – Фізико-механічні властивості бітумів, виділених з емульсій

Назва показників властивостей	Тип емульсії					
	Polyram L80 БЕ			Polyram L80 ПБЕ		
Концентрація емульгатора, %	0,3	0,4	0,7	0,3	0,4	0,7
Пенетрація, мм ⁻¹ , за температури: 25 °С	80	81	82	67	65	67
	0 °С	28	27	28	29	29
Температура розм'якшення, °С	48	49	49	56	56	55
Зміна маси після прогріву, %	0,6	0,4	0,4	0,4	0,4	0,3
Зчеплюваність з поверхнею скла після прогріву, %	97	99	99	99	100	100
Розтяжність при 25 °С, см	69	69	70	66	-	-
Еластичність, %	-	-	-	70	-	-
Індекс пенетрації	-0,56	-0,24	-0,21	0,96	0,87	0,73

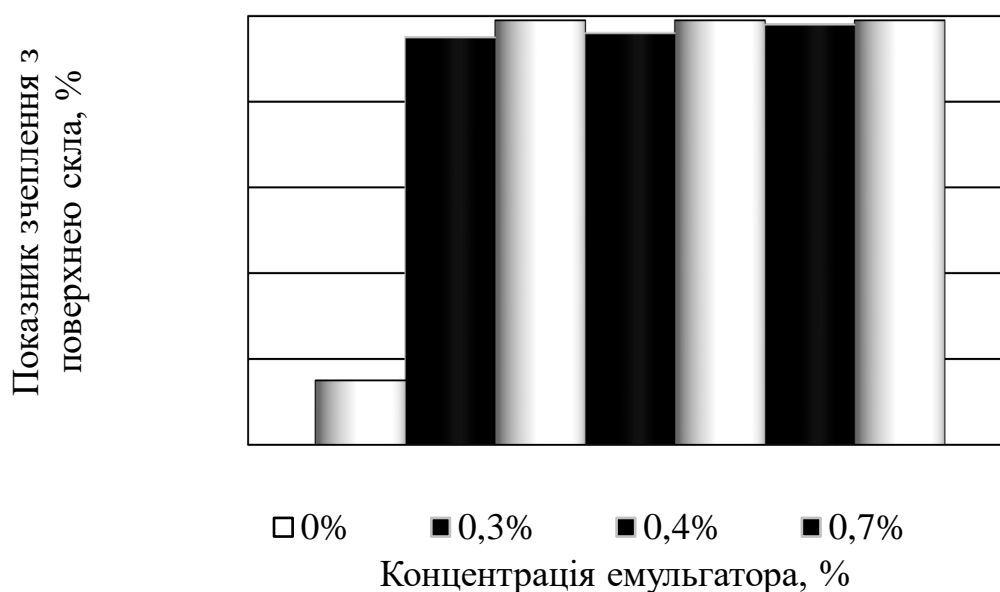


Рисунок 13 – Залежність показника зчеплення в'яжучого з поверхнею скла в залежності від концентрації емульгатору (білий колір в'яжуче виділене з бітумних емульсій, чорний колір – в'яжуче виділене з модифікованих бітумних емульсій)

Для виконання досліджень була прийнята середньорозпадна бітумна емульсія на основі емульгатора Redicot Rm007. Концентрація емульгатору в складі емульсії була 0,3 %. Для приготування емульсій використовували нафтовий дорожній бітум марки БНД 60/90. Вміст бітуму в емульсії складав 60 %. Модифікацію катіонної дорожньої бітумної емульсії здійснювали шляхом змішування латексу з готовою холодною бітумною емульсією. Концентрація латексу в емульсії складала 1,5; 3; 4,5 і 6 % від маси в'яжучого.

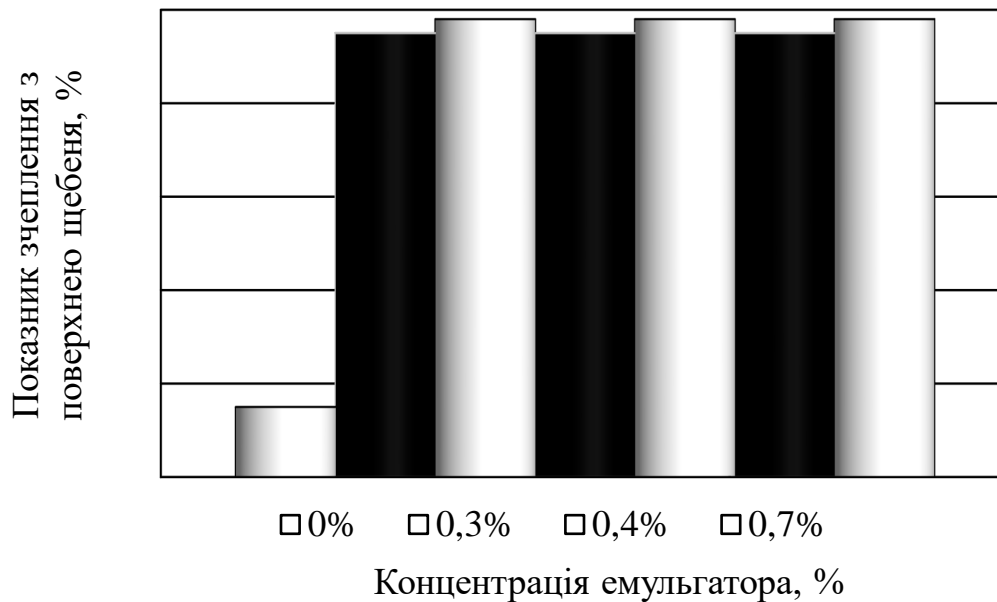


Рисунок 14 – Концентраційна залежність показника зчеплення в'язучого з поверхнею щебеню (білий колір в'язуче виділене з бітумних емульсій, чорний колір – в'язуче виділене з модифікованих бітумних емульсій)

Фізико-механічні властивості катіонних модифікованих бітумних емульсій приведені в таблиці 17.

Таблиця 17 – Фізико-механічні властивості катіонних бітумних емульсій з різною концентрацією катіонного латексу Butonal NS 198

Показники властивостей	Концентрація полімеру в емульсії, %				
	0	1,5	3	4,5	6
Умовна в'язкість, при 20 °С на приборі з діаметром отвору 3 мм, с	9	10	10	9	9
Однорідність (залишок на ситі № 0,14), %	0,4	0,5	0,5	0,5	0,5
Показник рН	2,4	2,5	2,6	2,7	2,8
Показник зчеплення зі щебенем, %	85	92	93	95	98
Індекс розпаду, %	270	275	275	278	280

Порівняльні дослідження показників фізико-механічних властивостей одержаних емульсій показали, що збільшення концентрації полімеру від 0 % до



6 % від маси бітуму практично не впливає на показники фізико-механічних властивостей емульсії.

Приведені експериментальні дані (рисунки 15 та 16) свідчать про практично однаковий рівень умовної в'язкості для всіх емульсій, а також про незначне збільшення (на 10 одиниць) індексу розпаду при збільшенні концентрації полімеру від 0 % до 6 % від маси бітуму.



Рисунок 15 – Залежність показника індексу розпаду від концентрації полімеру



Рисунок 16 – Зміна показника умовної в'язкості в залежності від збільшення концентрації полімеру



Рисунок 17 – Концентраційна залежність показника зчеплення з поверхнею щебеню

Згідно з даними наведеними на рисунку 17 збільшенням концентрації полімеру визиває незначне збільшення показник зчеплення з поверхнею щебеня.

Порівняльний аналіз даних дозволяє констатувати, що збільшення концентрації водного катіонного латексу «Butonal NS 198» у складі катіонної дорожньої бітумної емульсії з 0 до 6 % практично не впливає на її фізико-механічні властивості.

Фізико-механічні властивості в'язучих, виділених з 3 модифікованих бітумних емульсій з різною концентрацією катіонного водного латексу Butonal NS 198 наведено в таблиці 18.

Експериментальні дані, приведені в таблиці 18, свідчать про те, що при збільшенні концентрації полімеру у складі емульсій від 0 % до 6 % температура розм'якшення збільшується на 10 °С, а показник пенетрації при 25 °С зменшується на 12 одиниць. Також видно, що збільшення концентрації полімеру позитивно впливає на збільшення показника еластичності, який відсутній у бітуму, виділеному з вихідної емульсії.



Таблиця 18 – Фізико-механічні властивості в'язучих, виділених з модифікованих бітумних емульсій з різною концентрацією катіонного водного латексу Butonal NS 198

Показники властивостей	Концентрація полімеру в емульсії, %				
	0	0,5	3	4,5	6
Пенетрація, мм ⁻¹ , при 25 °С	62	57	55	53	50
0 °С	28	27	26	25	24
Температура разм'якшення, °С	52	54	57	60	62
Розтяжність при 25 °С, см	55	30	23	25	15
Еластичність, %	-	65	68	74	74
Індекс пенетрації	-0,191	0,069	0,646	1,170	1,420
Зчеплення з поверхнею скла, %	92	94	95	95	97

Оцінку міцності зчеплення щебеня з в'язучим, виділеним з досліджуваних емульсій проводили за допомогою методу Віаліта. Для дослідження використовували митий гранітний щебінь фракції 5-10 мм. Експериментальні дані щодо утримуючої здатності плівки бітуму при різних температурах приведені таблиці 19.

Таблиця 19 – Утримуюча здатність плівки бітуму при різних температурах

Температура випробування, °С	Утримуюча здатність при різних концентраціях полімера в емульсії, %				
	0 %	1,5 %	3 %	4,5 %	6 %
-5	88	94	95	97	99
-15	52	71	90	96	98
-25	30	35	57	73	92

Приведені в таблиці 19 дані свідчать про підвищення утримуючої здатності зі збільшенням концентрації полімеру від 0 до 6 % при температурі мінус 25 °С на 62 %.

Було досліджено вплив температури на еластичність залишкового в'язучого. Для виконання дослідження були прийняті температури випробування 0 °С, 10 °С, 20 °С та 30 °С (таблиця 20).



Таблиця 20 – Показника еластичності залишкового в'язучого при різних температурах випробування

Концентрація полімеру, %	Температура випробування, °С			
	0	10	20	30
1,5	42	60	70	71
3	44	61	75	83
4,5	48	70	72	80
6	52	68	70	80