

ВИКОРИСТАННЯ ІНДЕН-КУМАРОНОВОЇ СМОЛИ ДЛЯ ОДЕРЖАННЯ МОДИФІКОВАНИХ БІТУМІВ, ЕМУЛЬСІЙ ТА ТОНКОШАРОВИХ ЕМУЛЬСІЙНО-МІНЕРАЛЬНИХ ДОРОЖНІХ ПОКРИТТІВ

© *С.В. Пиш'єв¹, д.т.н., С.Й. Солодкий², д.т.н., Ю.Б. Грищенко³, Ю.В. Сідун⁴

НУ «Львівська політехніка», 79013, Львів, пл. Св. Юра, 8-й корпус, к. 302

¹Пиш'єв Сергій Вікторович докт. техн. наук, доцент кафедри ХТНГ, e-mail: gajva@polynet.lviv.ua

²Солодкий Сергій Йосифович докт. техн. наук, зав. Кафедри автомобільних шляхів;
mail:solodkyu@polynet.lviv.ua

³Грищенко Юрій Борисович, аспірант кафедри ХТНГ, к. 302

⁴Сідун Юрій Володимирович, аспірант кафедри автомобільних шляхів

Знайдено оптимальні умови одержання з коксохімічної сировини інден-кумаронової смоли (ІКС) із заданою температурою розм'якшення. Доведено доцільність використання ІКС для модифікування нафтових бітумів. Одержані модифіковані бітуми можна використовувати для виробництва бітумних емульсій, що застосовуються при влаштуванні тонкошарових емульсійно-мінеральних дорожніх покриттів.

Ключові слова: бітум, інден-кумаронова смола, бітумні емульсії, тонкошарові покриття, емульсійно-мінеральні суміші.

Вступ

На підприємствах коксохімічної галузі підчас перегонки одного з компонентів летких продуктів коксування, «сирого» бензолу, утворюється важкий залишок – інден-кумаронова фракція (ІКФ), яку часто називають «важким бензолом». Як відомо [1], вона служить сировиною для одержання інден-кумаронової смоли (ІКС).

Однією з можливих галузей застосування ІКС є будівництво та ремонт автомобільних шляхів. Загальновідомо, що основним матеріалом при влаштуванні дорожніх покриттів залишається асфальтобетон, роль в'язучої складової в якому виконує бітум. Але вітчизняні бітуми не відрізняються високою якістю. До того ж навіть високоякісні бітуми в силу своїх природних властивостей не здатні створювати умови для довготривалої роботи дорожніх покриттів під дією сучасних великих транспортних навантажень та несприятливих погодних факторів. Тому для забезпечення потрібної якості та довговічності необхідне радикальне поліпшення фізико-механічних характеристик цих матеріалів шляхом комплексної модифікації адгезійними, полімерними та структуруючими добавками [2].

Для одержання бітумів, модифікованих полімерами (БМП), використовують ряд імпортованих додатків, а саме «Elvaloy 4170» виробництва хімічної корпорації «DuPont», що є кополімером етилену з бутілакрилатом та гліцидилметакрилатом [3], термоеластопласти типу стирол-бутадієн-стирол СБС «Kraton D» компанії «Kraton Polimers», синтетичні латекси серії «Butonal NS» компанії «BASF» [4, 5] тощо. Проте частка використання модифікованих бітумів у дорожньому будівництві становить лише 1-5 %, що пояснюється високою вартістю модифікаторів.

Аналіз літератури доводить, що ІКС, яка є кополімером індену, кумарону, стиролу та їх похідних, характеризується високими адгезійними й емульгуючими властивостями [6], тому можна припустити, що ця сполука буде успішно застосовуватися як модифікатор бітумів та бітумних емульсій.

Модифіковані бітуми на основі ІКС можуть використовуватися як в гарячих асфальтобетонних, так і в бітумно-емульсійних та емульсійно-мінеральних технологіях. Відомо, що однією з прогресивних емульсійно-мінеральних технологій, яка дозволяє вирішити проблеми захисту верхніх шарів конструкцій дорожніх покриттів і відновлення їх транспортно-експлуатаційних властивостей, є влаштування тонкошарових покриттів (ТП) з литих емульсійно-мінеральних сумішей (ЛЕМС). ЛЕМС – це суміш, яку виготовляють шляхом змішування щебеню розміром до 15 мм або щебеневого відсіву, бітумної або бітумної модифікованої емульсії, води, мінерального наповнювача та регулятора швидкості розпаду за температури навколишнього середовища не нижче від +5 °С. Основним завдан-

* Автор для кореспонденції

ням влаштування ТП з ЛЕМС є продовження терміну служби існуючих покриттів за рахунок герметизації волосяних тріщин і невеликих вибоїв, суттєвого підвищення шорсткості та зчепних властивостей, покращення рівності покриття, попередження тріщиноутворення, захисту від водонасичення, а також відновлення зношеного верхнього шару [7]. ТП з ЛЕМС можуть складатись з одного або двох шарів та влаштовуються на існуючих асфальтобетонних і цементобетонних покриттях, або щебеневих основах.

Необхідно зауважити, що використання бітумних емульсій та ЛЕМС у порівнянні з технологіями гарячого асфальтобетону забезпечує наступні переваги: зменшується шкідливість впливу на навколишнє середовище; знижується енергоємність виробничого процесу завдяки відсутності потреби у висушуванні, нагріванні кам'яних матеріалів і бітуму, підтриманні високої температури при перемішуванні; підвищується продуктивність та знижується трудомісткість; суміщаються операції готування та вкладання ЛЕМС в одній машині під час її руху по дорозі; подовжується будівельний сезон за рахунок можливості виконання робіт при середньодобовій температурі повітря понад +5 °С; відкривається можливість виконання робіт при вологому покритті [8].

Попередні дослідження [9, 10] показали можливість використання ІКС для модифікування бітумів, що дає змогу суттєво покращувати експлуатаційні характеристики бітумів – у першу чергу, адгезійні.

Відомо [11], що є ряд сортів промислових ІКС, які відрізняються між собою температурами розм'якшення

(t_p). Цілком логічним є використання при модифікації бітумів смол з високими t_p , що дозволяє зменшити кількість модифікатора для досягнення необхідної температури розм'якшення БМП.

Як свідчать літературні дані [1], існує достатньо багато методик одержання ІКС у присутності кислотних катализаторів. Також у роботах [11-14] ґрунтовно описано методики одержання ІКС за радикальними механізмом у присутності різноманітних ініціаторів. Проте у літературі відсутні чіткі рекомендації стосовно умов одержання ІКС з високою (130-140 °С) температурою розм'якшення залежно від характеристик сировини.

Тому завданням досліджень, що описані у даній статті, було:

- встановлення оптимальних умов отримання інденкумаронової смоли з t_p понад 130 °С з інденкумаронової фракції, що одержується на одному з вітчизняних коксохімічних підприємств, та її синтез у цих умовах;

- створення на основі інденкумаронової смоли БМП, бітумних емульсій та ЛЕМС.

1. Експериментальна частина Вихідні матеріали

Спираючись на попередні дослідження [10], у якості сировини використовувалася фракція, що википає у межах 140-190 °С, одержана з ІКФ, яка була відібрана на ПАТ «Ясинівський коксохімічний завод»; катализатор – TiCl_4 . Характеристики сировини наведено у табл. 1.

Таблиця 1

Характеристики інденкумаронової фракції

Показник якості	Значення	Методика
Фракційний склад, °С:		
-температура початку перегонки	139	
-10 % відганяється при температурі	140	
-20 % відганяється при температурі	140	
-30 % відганяється при температурі	141	
-40 % відганяється при температурі	142	
-50 % відганяється при температурі	146	
-60 % відганяється при температурі	150	
-70 % відганяється при температурі	155	
-80 % відганяється при температурі	160	
-90 % відганяється при температурі	168	
-95 % відганяється при температурі	180	
-температура кінця перегонки	205	ГОСТ 2177-82
Бромне число, г Br_2 /100 г продукту	74,12	
Масовий вміст ненасичених речовин, %*	63,47	ГОСТ 8997-89

*Середня молекулярна маса ненасичених речовин, що містяться у аналізованій фракції, прийнято рівною 137.

Використання більш вузької фракції дає змогу збільшити вміст ненасичених сполук у сировині полімери-

зації, що, в свою чергу, дозволяє одержувати ІКС з вищою температурою розм'якшення [10].

Для одержання БМП використовувався окиснений нафтовий дорожній бітум БНД 60/90, детальна характеристика якого надана у роботі [9]. Бітум відповідав вимогам нормативних документів, за виключенням залишкової пенетрації.

Методики проведення експериментів

Одержання ІКС

ІКС одержували згідно наступної методики. Сировину піддавали попередній обробці, яка полягає в осушенні і видаленні піридинових основ за допомогою 72 %-ї сульфатної кислоти, що в свою чергу дозволяє зменшити витрату каталізатора та збільшити вихід і температуру розм'якшення ІКС. Підготовану сировину вмішували в реактор, фіксували умови процесу (тривалість і температуру, кількість каталізатора) та при перемішуванні проводили полімеризацію. Одержаний полімеризат промивали водою до нейтральної реакції. Непрореаговану сировину відганяли від ІКС вакуумною дистиляцією.

Одержання БМП

БМП готували у наступній послідовності: відбирали необхідну кількість бітуму, розігрівали його до фіксованої температури, після чого додавали модифікатор і вмикали перемішування ($Re = 1200$). Модифікацію проводили протягом однієї години. Перемішування бітуму та модифікаторів здійснювали за температур, наведених у [9]. Кількість полімеру визначали експериментально, виходячи з необхідності одержання БМП з температурою розм'якшення близько 52-54 °C (згідно ДСТУ Б В.2.7-135:2007 для бітумів, модифікованих полімерами, марки БМП 60/90-52 вона повинна становити не менше від 52 °C).

Визначення адгезійних властивостей за низьких температур

Важливою характеристикою бітумних матеріалів є низькотемпературні властивості. Особливу увагу приділяють зчепленню бітумів з мінеральними матеріалами (адгезійні властивості), яке може змінюватись при пониженні температури доквілля. Існує ряд методик визначення адгезійних властивостей при багаторазовому заморожуванні-розморожуванні бітумів, проте вони є складними і трудомісткими. Тому нами було розроблено відносно просту методику, що дозволяє одержати відтворювальні результати, які характеризують залежність адгезійних властивостей БМП від температури доквілля.

Суть даної методики полягає у визначенні адгезійних властивостей бітумів методом зчеплення зі склом (ДСТУ Б В.2.7-81-98) після ряду циклів заморожування-розморожування. Заморожування проводили при -15 °C, розморожування – при +25 °C протягом 12 годин. Експериментальним шляхом було встановлено, на якій

стадії розморожування потрібно проводити визначення адгезійних властивостей. Для найбільш істотного впливу низьких температур на адгезійні властивості досліджуваних зразків, зчеплення зі склом проводили одразу після виїмання проб з холодильної установки. Схема досліджень була наступною:

- приготування 8-ми зразків (по два зразки на одне визначення адгезійних властивостей);
- визначення адгезійних властивостей вихідних зразків;
- визначення адгезійних властивостей після одного циклу заморожування-розморожування;
- визначення адгезійних властивостей після чотирьох циклів заморожування-розморожування;
- визначення адгезійних властивостей після чотирьох циклів заморожування-розморожування і чотирьох днів витримки при -15 °C.

Значення низькотемпературної адгезії визначали за наступною формулою, %:

$$A_{-15} = \frac{1}{2} \left(\frac{A_1 + A_2 + A_3 + A_4}{3} + A_4 \right), \quad (1)$$

де A_{-15} – адгезія низькотемпературна (зчеплення зі склом при -15 °C), %; A_1 – вихідне зчеплення зі склом, %; A_2 – зчеплення зі склом після одного циклу, %; A_3 – зчеплення зі склом після чотирьох циклів, %; A_4 – зчеплення зі склом після чотирьох циклів і чотирьох днів витримки, %.

Аналіз сировини та БМП

Фракційний склад сировини та одержання її окремих фракцій здійснювали перегонкою на апараті АРНС – 3 згідно [15]; температуру розм'якшення ІКС визначали за методом «кільце і куля» [16]. Вихід полімеризату визначали за результатами зважування сировини та ІКС. Бромне число визначали за стандартною методикою [17].

Одержання та випробування бітумних емульсій та ЛЕМС

Виготовлення бітумних емульсій та встановлення їх фізико-технічних показників проводилось відповідно до ДСТУ Б В.2.7-129:2013 [18]. Процес виготовлення бітумних емульсій відбувався у такій послідовності:

- приготування «водної фази»;
- приготування «бітумної фази»;
- змішування двох фаз за допомогою лабораторної бітумно-емульсійної установки SEP-0,3R данської компанії «Денімотех».

Водну та бітумну фази вмішували в спеціальні ємності в бітумно-емульсійній установці, після чого їх розігрівали до необхідної температури (водна фаза – 70 °C, бітумна – 140 °C) та за допомогою змішування фаз в колоїдному млині отримували готову бітумну емульсію.

Розрахунок кількості компонентів в бітумній емульсії відповідно до її рецепту виконували за допомогою комп'ютерної програми, яка додається до лабораторної бітумно-емульсійної установки.

Приготування та випробування ЛЕМС здійснювали згідно з ТУ У В.2.7-45.2-00018112-208-2002 [19] та технічним бюлетенем ISSA (International Slurry Surfacing Association) [20].

2. Результати досліджень та їх обговорення

У попередній роботі наведено результати впливу чинників на процес одержання ІКС іонізаційною коольгомеризацією за присутності $TiCl_4$. Ці дослідження виконувалися методом зміни одного з чинників процесу при інших фіксованих і дозволяли встановити тенденцію впливу чинників на процес та область оптималь-

них їх значень, проте не давали змоги точно визначити оптимальні умови, за яких потрібно проводити процес, щоб забезпечити високі вихід смоли і її температуру розм'якшення. Тому нижче наведено результати розроблення експериментально-статистичної математичної моделі (ЕСМ) на основі експериментальних даних, що надані у табл. 2. При описі ЕСМ використовували такі позначення функцій відклику та основних чинників керування процесом: Y_1 – температура розм'якшення за KiK , °C; Y_2 – вихід смоли, % за масою; X_1 – концентрація каталізатора, % за масою; X_2 – температура, °C; X_3 – тривалість, хв.

Для функцій відклику розробляли різні типи залежностей від чинників процесу та вибрали ті, які проявили найкращу відповідність експериментальним даним (нелінійні квадратичні):

$$Y_1 = 69,56467 + 3,20788 \cdot X_1^2 - 0,00851 \cdot X_2^2 - 0,00042 \cdot X_3^2 - 0,34622 \cdot X_1 \cdot X_2 + 0,01167 \cdot X_1 \cdot X_3 - 0,00011 \cdot X_2 \cdot X_3 + 11,14530 \cdot X_1 + 1,02535 \cdot X_2 + 0,10877 \cdot X_3 \quad (2),$$

$$Y_2 = -23,6817 - 8,0209 \cdot X_1^2 - 0,0050 \cdot X_2^2 - 0,00001 \cdot X_3^2 + 0,1164 \cdot X_1 \cdot X_2 + 0,0480 \cdot X_1 \cdot X_3 - 0,00001 \cdot X_2 \cdot X_3 + 35,8373 \cdot X_1 + 0,4396 \cdot X_2 - 0,0763 \cdot X_3 \quad (3).$$

Таблиця 2

Експериментальні дані, розрахункові значення функцій відклику та відносні похибки

№	X_1 , %	X_2 , °C	X_3 , хв.	Y_1 , °C	$Y_1^{пер}$, °C	Y_2 , %	$Y_2^{пер}$, %	Відносні похибки	
								ε_1	ε_2
1	1	20	40	93	94,41	13,6	12,45	0,0152	0,0846
2	3	20	40	135	133,25	29,27	28,045	0,013	0,0419
3	1	60	40	96	98,20	18,37	18,308	0,023	0,0034
4	3	60	40	110	104,39	45,5	43,511	0,051	0,0437
5	1	20	120	93	97,23	9,41	9,2912	0,0455	0,0126
6	3	20	120	144	138,97	32,08	32,868	0,0349	0,0246
7	1	60	120	97	101,57	12,62	15,279	0,0471	0,2107
8	3	60	120	114	110,66	45,34	48,464	0,0293	0,0689
9	2	40	120	120	113,87	39,3	36,456	0,0511	0,0724
10	2	40	180	115	113,51	38	36,875	0,013	0,0296
11	2	40	60	110	111,00	32,12	35,82	0,0091	0,1152
12	1	40	80	115	102,58	17,2	15,872	0,108	0,0772
13	3	40	80	120	126,55	41,96	40,262	0,0545	0,0405
14	2	20	80	110	114,44	24,7	28,701	0,0404	0,162
15	2	60	80	100	102,18	43,16	39,428	0,0218	0,0865
16	3	20	5	126	128,94	26,23	25,813	0,0233	0,0159
17	3	20	20	138	130,92	29,45	26,779	0,0513	0,0907
18	3	20	80	136	136,83	29,71	30,504	0,0061	0,0267
19	3	40	5	114	118,40	31,85	35,51	0,0386	0,1149
20	3	40	20	120	120,43	34,97	36,488	0,0036	0,0434
21	3	40	40	124	122,83	39,2	37,77	0,0094	0,0365
22	3	40	120	120	128,82	43,11	42,657	0,0735	0,0105
Середні відносні похибки апроксимації (ε)								0,0347	0,0642

Для оцінки адекватності отриманих рівнянь регресії, підставляючи у них задані значення чинників експерименту (X_1 - X_3), знаходили очікувані (регресійні) значення функцій відклику ($Y_{ij}^{рег}$), які наведено у табл. 2.

Оцінку адекватності моделей проводили за наступними параметрами: середніми відносними похибками апроксимації (ε_i) та критерієм Фішера (F_i).

Показник середньої відносної похибки апроксимації розраховували за формулою:

$$\varepsilon_i = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n \left| \frac{Y_{ij} - Y_{ij}^{рег}}{Y_{ij}} \right|, \quad (4)$$

де n – обсяг вибірки (кількість експериментів), Y_{ij} – спостережувані значення показників, отримані в експерименті, $Y_{ij}^{рег}$ – значення функцій відклику, обчислені за рівняннями регресії, i – номер функції відклику, j – номер досліджу.

Для перевірки адекватності багатофакторної регресійної моделі використовували F_i – критерій Фішера, який розраховували за формулою:

$$F = \frac{S_{рег}^2}{S_{зап}^2}, \quad (5)$$

де $S_{рег}^2$ – дисперсія експериментальних функцій відклику відносно їх середнього значення; $S_{зап}^2$ – залишкова дисперсія функцій відклику.

$$S_{рег}^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{j=1}^n (Y_{ij} - \bar{Y}_i)^2, \quad (6)$$

де \bar{Y}_i – середнє експериментальне значення функції відклику.

$$S_{зап}^2 = \frac{1}{n-m_i} \sum_{j=1}^n (Y_{ij}^{рег} - Y_{ij})^2, \quad (7)$$

де m_i – число коефіцієнтів у рівнянні регресії.

Згідно такої схеми розрахунку критерій Фішера повинен бути більшим від табличного при рівні значимості α та числах ступенів свободи $(n-1)$ і $(n-m_i)$. У цьому випадку він показує, у скільки разів змінюється розсіювання результатів відносно лінії отриманого рівняння регресії у порівнянні з розсіюванням відносно середнього значення [21].

Середні відносні похибки апроксимації є меншими від 10 % ($\varepsilon_1 = 0,0347$ (3,47%), $\varepsilon_2 = 0,0642$ (6,42%)). Тому згідно [22] можна стверджувати про високу відповідність експериментальним даним.

Розрахункові значення критерію Фішера дорівнюють: $F_1 = 4,73$; $F_2 = 13,57$. Згідно з таблицею значень критерію Фішера [23] при рівні значимості $\alpha = 0,05$ вони становлять: $F_{1kr} = F_{2kr} = F(0,05; 21; 12) = 2,5$, тобто є меншими від розрахункових. Це також підтверджує адекватність моделі.

Всі вище наведені дані свідчать про адекватність ЕСМ процесу одержання ІКС, статистичну значимість результатів та наявність зв'язку між функціями відклику та вибраними чинниками керування процесом.

На основі рівнянь регресії (2), (3) методом рівномірного пошуку значень функцій відклику знаходили оптимальні умови процесу, які б забезпечували максимальний вихід ІКС при $t_p \geq 130$ °C. В знайдених таким чином оптимальних умовах процесу (температура – 37 °C, тривалість – 40 хв., концентрація каталізатора – 3,3 %), було одержано ІКС. Характеристики цієї смоли та їх порівняння з прогнозованими на основі експериментально-статистичної моделі наведено у табл. 3.

Таблиця 3

Прогнозовані і експериментальні значення характеристик ІКС, одержаної в оптимальних умовах

Показник	Значення	
	Експериментальне	Прогнозоване згідно рівнянь (2), (3)
Вихід смоли, Y_2 , % за масою	33,3	33,7
Температура розм'якшення, °C	135	130

Як свідчать дані табл. 3, прогнозований на основі ЕСМ вихід смоли є близькими до практичних результатів.

На основі ІКС, одержаної в оптимальних умовах, та бітуму марки БНД 60/90 приготовано БМП, див. табл. 4.

Таблиця 4

Властивості БМП на основі ІКС, одержаної в оптимальних умовах

Вміст бітуму, % за масою	Вміст ІКС, % за масою	Температура розм'якшення БМП за КіК, °C	Зчеплення зі склом, %	Адгезія низько-температурна, %
93,3	6,7	52	100	97
100	-	49	32	27

Як видно з одержаних результатів, використання ІКС з метою одержання БМП дає змогу суттєво покращити адгезійні властивості бітума (в т.ч. за низьких температур) та збільшити температуру його розм'якшення. За визначеними показниками модифікований бітум відповідає марці БМП 60/90-52.

Наступним етапом досліджень було виготовлення бітумних емульсій з БНД 60/90 та БМП 60/90-52 на основі ІКС. Виготовлені рецепти бітумних емульсій наведені в табл. 5.

Таблиця 5

Рецепти бітумних емульсій

Компоненти емульсії	№ рецепту і марка бітуму, % за масою	
	1. БНД 60/90	2. БМП 60/90-52
Бітум	62	62
Емульгатор Redicote E-11	1,1	1,1
Соляна кислота	до рівня pH 2,5 у водній фазі	до рівня pH 2,5 у водній фазі
Вода питна	до 100	до 100

Встановлено що бітумні емульсії відповідають ДСТУ Б В.2.7-129:2013 [18], рецепт №1 відноситься до марки ЕКП-60 (катіонна немодифікована повільнороз-

падна емульсія), а рецепт №2 до ЕКПМ -60 (катіонна модифікована повільнорозпадна емульсія), див. табл. 6.

Таблиця 6

Фізико-технічні показники бітумних емульсій

Назва показника	Вимоги		Рецепти, №	
	ЕКП-60	ЕКПМ-60	1	2
1. Зовнішній вигляд	Однорідна темно-коричнева рідина		Відповідає	
2. Показник концентрації водневих іонів, pH	1,5-6,5		3,1	2,6
3. Однорідність (залишок на ситі № 014), %, не більше	0,25	0,3	0,06	0,09
4. Вміст залишкового в'язучого, %	58-62		61	61
5. Умовна в'язкість, за температури 20 °C на апараті з діаметром отвору витоку 4 мм, с	5-25		10	9
6. Стійкість при зберіганні: залишок на ситі № 014, %, не більше:				
- після 7 діб	0,3	0,4	0,12	0,13
- після 30 діб	0,4	0,5	0,21	0,23
7. Зчеплюваність залишкового в'язучого з поверхнею щебеню, балів, не менше	5,0		5,0	5,0
8. Змішуваність із сумішами зернових складів	пористого	так	так	так
	щільного	так	так	так

На основі виготовлених бітумних емульсій та гранітного відсіву фракції 0-4 мм ВАТ «Томашгородський щебеневий завод», а також з використанням портланд-цементу ПЦ ІІ/А-ІІІ-400, води питної та регулюючої добавки (10 % розчину емульгатора Redicote E-11) були запроєктовані оптимальні склади ЛЕМС за критерієм розпаду (час розпаду не менше 180 с), див. табл. 7.

Далі визначили швидкість набору когезійної міцності суміші складів № 1 та № 2. Встановили, що ЛЕМС

на основі ЕКПМ-60 демонструє швидший набір когезійної міцності (рух транспортних засобів можливий через 1 год. після влаштування ТП), ніж на ЕКП-60 (відкриття руху можливе за 5 год.). Це говорить про те, що використання БМП 60/90-52 на основі ІКС в технології ЛЕМС дає можливість пришвидшити відкриття руху транспортних засобів по влаштованому ТП.

Таблиця 7

Оптимальні склади ЛЕМС за критерієм розпаду

Склад №	Вміст компонентів ЛЕМС, г					Час розпаду, с
	Гранітний відсів	Портландцемент	Вода	Регулююча добавка	Бітумна емульсія	
На немодифікованій емульсії ЕКП-60						
1.	100	1,25	10	2,0	14	206
На модифікованій емульсії ЕКПМ-60						
2.	100	1,25	10	2,25	14	180

Висновки

1. За допомогою ЕСМ знайдено оптимальні умови процесу одержання ІКС, що забезпечують її максимальний вихід та температуру розм'якшення не менше 130 °С (температура – 37 °С, тривалість – 40 хв., концентрація каталізатора – 3,3 % за масою).

2. Одержана ІКС може використовуватися як модифікатор нафтових бітумів. Одержані модифіковані бітуми і бітумні емульсії на їх основі відповідають вимогам нормативних документів.

3. Модифіковані ІКС бітумні емульсії доцільно використовувати у технології ЛЕМС при влаштуванні ТП, оскільки це суттєво збільшує швидкість набору когезійної міцності.

Бібліографічний список

1. Соколов В.З. Инден-кумароновые смолы / В.З.Соколов. – М.: Металургия, 1978. – 216 с.
2. Кіпчинський С.В. Проблеми якості бітумів та напрямки поліпшення їх властивостей / С.В.Кіпчинський // Дорожня галузь України. – 2010. – № 2. – С. 53-57.
3. Аюпов Д.А. Исследование особенностей взаимодействия битумов с полимерами / Д.А.Аюпов, Л.И.Потанова, А.В.Мурафа, В.Х.Фахрутдинова, Ю.Н.Хакимуллин, В.Г.Хозин // Строительные материалы. – 2011. – № 1 (15). – С. 140-146.
4. Золотарьов В.О. Вплив вмісту полімеру типу СБС на реологічні показники асфальтополімербетонів / В.О.Золотарьов, А.С.Липченко // Автошляховик України. – 2008. – № 5. – С. 29-35.
5. Mohammad Al-Ameri Modification of residualbitumen from orhovytka oil by butonal polymeric latexes / Mohammad Al-Ameri, Oleh Grynyslyn and Yuriy Khlibyshyn //CHEMISTRY & CHEMICAL TECHNOLOGY. – 2013. – Vol. 7. – №. 3. – P. 323-326.
6. Пушкарьов Ю.Н. Изучение свойств битумно-эластомерных композиций и покрытий на их основе / Ю.Н.Пушкарьов, Б.В.Куніщенко // Труды одесского политехнического университета. – 2005. – № 1 (23). – С. 152.
7. Вирожежський В.К. Моніторинг ділянок тонкошарових покриттів з емульсійно-мінеральних сумішей одягу / В.К.Вирожежський, М.Т.Міценко, О.В.Кушнір, В.М.Капукова // Автошляховик України. – 2009. – № 1. – С. 41-43.
8. ВБН В.2.3-218-175-2002 «Влаштування тонкошарових покриттів з литих емульсійно-мінеральних та холодних асфальтобетонних сумішей» – К.:Укравтодор. 2002.
9. Гриценко Ю.Б. Вплив природи полімеру на властивості модифікованих бітумів / С.В.Пили'єв, Ю.Б.Гриценко, Ю.Я.Хлібичин, Г.М.Стран, Т.Коваль // Восточно-европейский журнал передовых технологий. – 2014. – № 2 (64). – С. 4-10.
10. Пили'єв С.В. Одержання інден-кумаронових смол для модифікації нафтових дорожніх бітумів / С.В.Пили'єв, І.Є.Николішин, Ю.Б.Гриценко, З.Я.Гнатів // Углехимический журнал. – 2014. – № 5. – С. 41-48.
11. А.с. 806691 СССР. Способ получения полимерной смолы / Л.Я.Коляндер, В.И. Шустиков, В.С.Андреева, Н.И.Ковалева [и др.]. – Отубл. БИ. – 1981. – Бюлл. № 7.
12. Коляндер Л.Я. Об организации производства инден-кумароновых смол методом радикальной полимеризации / Л.Я.Коляндер, В.С.Андреева, Н.И.Ковалева [и др.]. // Кокс и химия. – 1984. – № 6. – С. 29-34.
13. Коляндер Л.Я. Исследование процесса получения термопластичных смол из коксохимического сырья методом радикальной полимеризации / Л.Я.Коляндер, В.С.Андреева, Н.И.Ковалева // Химическая технология. – 1982. – № 3. – С. 14-17.
14. Коляндер Л.Я. Совершенствование процесса получения инден-кумароновых смол / Л.Я. Коляндер, В.С. Андреева, Н.И. Ковалева // Кокс и химия. – 1980. – № 9. – С. 31-33.
15. Рыбак Б.М. Анализ нефти и нефтепродуктов / Б.М.Рыбак – М.: ГосНТИ Нефтяной и горно-топливной литературы, 1962. – 347 с.
16. Битумы нефтяные. Метод определения температуры размягчения по кольцу и шару: ГОСТ 11506-73: 2008 – ГОСТ 11506-65: 2008. – [Чинний від 1974-07-01]. – М.: Министерство нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности, 2008. – 7 с.

17. Одабаиян Г.В. Лабораторный практикум по химии и технологии органического и нефтехимического синтеза / Г.В.Одабаиян, В.Ф.Швец. – М.: Химия, 1992. – 240 с.

18. ДСТУ Б В.2.7-129:2013. «Емульсії бітумні дорожні. Технічні умови.» – К.: Мінрегіон України., 2014.

19. ТУ У В.2.7-45.2-00018112-208-2002. «Суміші литі емульсійно-мінеральні та холодні асфальтобетонні». – К.:Укравтодор, 2002.

20. ISSA Technical Bulletin A105 (Revised) May 2003, Recommended Performance Guidelines for Emulsified

Asphalt Slurry Seal, International Slurry Surfacing Association, Annapolis, MD.

21. Кафаров В.В. Методы кибернетики в химии и химической технологии / В.В.Кафаров. – М.: Химия, 1971. – 495 с.

22. Єріна А.М. Статистичне моделювання та прогнозування / А.М.Єріна. – К.: КНЕУ, 2001. – 170 с.

23. Большев Л.Н. Таблицы математической статистики / Л.Н.Большев, Н.В.Смирнов. – М.: Наука, 1983. – 415 с.

Рукопис надійшов до редакції 12.01.2015.

THE USING OF INDENE-COUMARONE RESINS FOR PRODUCING OF MODIFIED BITUMEN, EMULSIONS AND THIN LAYER EMULSION-MINERAL ROAD PAVEMENTS

© Pysh'yev S.V., Doctor of Technical Sciences, Solodkyy S.Y., Doctor of Technical Sciences, Grytsenko Yu.B., Sidun Yu.V. (NU «Lviv Polytechnic»)

Optimal conditions has been found for producing of indene-coumarone resin (ICR) with a given softening point based on coking-chemical raw materials. The expediency of using ICR for the modification of oil bitumen has been proved. The resulting modified bitumen can be used for producing of bitumen emulsions, which are suitable for thin layer emulsion-mineral road pavements.

Keywords: indene-coumarone resin, bitumen emulsion, thin layer road pavement, emulsion-mineral mixture.

Уважаемые читатели!

Обращаем Ваше внимание, что в результате компьютерного сбоя при формировании оригинал-макета в статье «Прогноз теплоты сгорания углей» (авторы: Балаева Я.С., Мирошниченко Д.В., Кафтан Ю.С., Тютюнников Ю.Б.), опубликованной в Углехимическом журнале № 5 за 2014 г., допущена ошибка (стр. 7).

Уравнения 5-10 должны иметь следующий вид:

$$Q_{\text{I}}^{\text{daf}} = 36,403 + 5,1673 \cdot \Delta R_0 - 14,0086 \cdot (\Delta R_0)^2 \quad (5),$$

$$Q_{\text{I}}^{\text{daf}} = 33,752 + 8,3237 \cdot \Delta R_0 - 9,9422 \cdot (\Delta R_0)^2 \quad (6),$$

$$Q_{\text{L}}^{\text{daf}} = 37,968 + 0,2324 \cdot \Delta R_0 - 8,0578 \cdot (\Delta R_0)^2 \quad (7),$$

$$Q_{\text{I}}^{\text{daf}} = 36,544 - 1,2184 \cdot (\Delta R_0); \quad (8),$$

$$Q_{\text{I}}^{\text{daf}} = 35,433 + 0,2348 \cdot (\Delta R_0) \quad (9),$$

$$Q_{\text{L}}^{\text{daf}} = 37,116 - 5,2469 \cdot \Delta R_0 - 8,0578 \cdot (\Delta R_0)^2 \quad (10)$$

Приносим извинения за причиненные неудобства.

