

Ю. В. Присяжний¹, Гурі Ісайя Борбейонг, С. В. Пиш'єв, Д. В. Корж

Національний університет "Львівська політехніка",

кафедра хімічної технології переробки нафти та газу

¹yurii.v.prysiashnyi@lpnu.ua

ВПЛИВ ТЕМПЕРАТУРИ НА ПРОЦЕС ОДЕРЖАННЯ КУМАРОН-ІНДЕН-КАРБАЗОЛЬНОГО МОДИФІКАТОРА ДОРОЖНІХ НАФТОВИХ БІТУМІВ

<https://doi.org/10.23939/ctas2022.01.049>

Отримано вузьку кумарон-інденову фракцію із рідких продуктів коксування вугілля. На її основі та у присутності карбазолу методом йонної полімеризації синтезовано новий вид коолігомерів – кумарон-інден-карбазолові смоли (КІКС), які запропоновано використовувати як адгезійний модифікатор дорожніх нафтових бітумів. Вивчено вплив температури на процес синтезу КІКС, її якість та характеристики модифікованих нею бітумів.

Ключові слова: модифіковані бітуми; модифікатор; кумарон-інденова смола; кумарон; інден; карбазол.

Вступ

Дорожній нафтовий бітум – це органічний в'язучий матеріал, який використовується для будівництва автошляхів і у асфальтових покриттях виконує подвійну функцію: по-перше, утримує разом частинки мінерального наповнювача, по-друге, гідроізолює їх. Тому дорожній бітум повинен відповідати певним вимогам, а саме [1–4]:

- висока міцність і еластичність (незалежно від температури);
- широкий інтервал пластичності;
- висока адгезія до використовуваних мінеральних матеріалів;
- стійкість до впливу води і старіння.

Вищеперелічені вимоги повинні бути незмінними протягом тривалої експлуатації дорожнього покриття у різних умовах. Тоді це унеможливує появу на ньому різних деформацій (напливів, зсувів, хвиль, тріщин тощо), а також забезпечує тривалу водо- і морозостійкість. В основу цих вимог покладено певні числові значення багатьох фізико-хімічних і експлуатаційних характеристик бітуму, зокрема: в'язкості, температури розм'якшення, дуктильності, пенетрації, температури крихкості, адгезії тощо. Вони, своєю чергою, залежать від хімічного складу бітуму, методу його виробництва, сировини, з якої його отримано.

Нині можна виокремити два основні напрями одержання бітумів з необхідними властивостями:

- підбір сировини і технології отримання;
- модифікування дорожнього бітуму.

Перший метод дешевший, проте доступний лише за наявності безмежної варіативності типів сировини, а це в умовах сучасних режимів роботи нафтопереробних підприємств, коли вони постійно змінюють джерела сировинних ресурсів, практично неможливо.

Тому нині, як правило, промислові виробники дорожніх нафтових бітумів використовують другий, дорожчий, спосіб – модифікують готовий товарний бітум різними додатками і цим забезпечують його необхідну якість. Основним завданням досліджень у цьому напрямі одержання якісних дорожніх бітумів є отримання якомога дешевших і, бажано, багатофункціональних додатків (модифікаторів) до бітумів.

На кафедрі хімічної технології переробки нафти та газу Національного університету "Львівська політехніка" здійснюються дослідження ефективного використання рідких продуктів коксування вугілля з метою отримання з них модифікаторів дорожніх бітумів [7–10].

Мета досліджень

Вивчити вплив температури на процес одержання і якість кумарон-інден-карбазольної смоли (КІКС) як потенційного модифікатора дорожніх нафтових бітумів, які отримують із кумарон-інденвмісних продуктів коксування вугілля.

Матеріали та методи досліджень

Сировиною для одержання кумарон-інден-карбазольної смоли була вузька кумарон-інден-нова фракція (ВКІФ) із температурними межами википання 140–200 °С. Її виділили методом атмосферної перегонки із широкої кумарон-інден-ної фракції (“важкого бензолу”), надалі – ШКІФ. Температурні межі википання ШКІФ – 120–200 °С. Походження ШКІФ – ПАТ “ЮЖКОКС” (м. Кам’янське, Україна).

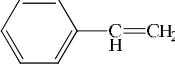
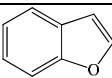
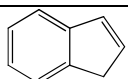
Температурні межі відбору ВКІФ зумовлені температурами кипіння необхідних для синтезу кумарон-інден-ових смол реакційно-здатних компонентів сировини, а саме: $t_{\text{кип.кумарону}} = 170,9$ °С; $t_{\text{кип.індену}} = 182,8$ °С; $t_{\text{кип.стиролу}} = 145$ °С. Вміст цих речовин у ВКІФ наведено в табл. 1.

Другим компонентом сировини (модифікувальним агентом), крім вузької кумарон-інден-ної

фракції, який використовували для одержання кумарон-інден-карбазольної смоли, був карбазол [5].

Таблиця 1

Вміст реакційноздатних компонентів у ВКІФ

Компонент	Структурна формула	Вміст, % мас.
Стирол		3,86
Кумарон		2,69
Інден		27,24

Каталізатором процесу одержання КІКС був тетрахлорид титану (TiCl_4) – безбарвна (іноді з жовтуватим або зеленувато-жовтим відтінком) прозора рідина, густиною $1,70 \text{ г/см}^3$.

Як матеріал модифікування використано окиснений нафтовий дорожній бітум марки БНД 70/100, взятий на ПАТ “Укртатнафта” (м. Кремчук, Україна). Його характеристики наведено в табл. 2.

Таблиця 2

Експлуатаційні характеристики бітуму марки БНД 70/100

Показник	Розмірність	Значення	Норма для марки БНД 70/100 згідно із [6]
Глибина проникності голки (пенетрація) за температури 25 °С	0,1 мм	71	Від 71 до 100 включно
Температура розм'якшеності	°С	46	Від 45 до 51 включно
Розтяжність (дуктильність) за температури 25 °С	см	91	≥ 60
Зчеплюваність із поверхнею скла	%	39	≥ 18
Зчеплюваність із поверхнею щебеню	бали	2,5	Не нормується ¹

¹ Визначали для вихідного бітуму, оскільки цей показник нормується для бітумів, модифікованих різними добавками.

Для визначення зчеплюваності вихідного і модифікованого бітуму із кам'яним матеріалом використовували щебінь гранітний щільний із природного каменю вивержених гірських порід (фр. 5–20 мм, фр. 20–40 мм), відібраний на ТОВ “Мокрянський кам'яний кар'єр № 3” (м. Запоріжжя, Україна).

Синтез КІКС здійснювали методом йонної коолігомеризації за таким алгоритмом дій:

– осушення сировини (ВКІФ) і видалення з неї піридинових основ внаслідок змішування з 72 % сульфатною кислотою;

– завантаження сировинної суміші (ВКІФ + карбазол) у реактор;

– вмикання перемішування та фіксація сталої кількості обертів мішалки;

– нагрівання реакційного середовища до заданої температури (із урахуванням екзоефекту процесу), додавання визначеної кількості каталізатора, фіксація початку процесу;

– після закінчення часу синтезу промивання отриманого полімеризату водою до нейтральної реакції;

– відділення непрореагованої сировини від кумарон-інден-карбазольної смоли (КІКС) методом вакуумної дистиляції;

– за результатами зважування сировини, карбазолу та КІКС визначення виходу останньої.

З огляду на мету експериментальних досліджень кожний наступний зразок КІКС синтезували, збільшуючи температуру процесу. Всі інші умови й чинники цього процесу були фіксованими, їх вибрано на основі [7–10] і наведено в табл. 3.

Таблиця 3

Значення умов і чинників процесу синтезу КІКС

Кількість карбазолу, % мас. на смолоутворювальні компоненти/ВКІФ	20,0/6,8
Кількість каталізатора, % мас. на сировину (ВКІФ + карбазол)	2,5
Тривалість, хв	40,0
Верхня температурна межа відганання* непрореагованої сировини від полімеризату, °C	150

* Відганання здійснювали під вакуумом; надлишковий тиск становив 25 мм рт. ст.

Модифікування бітуму кумарон-інден-карбазольною смолою здійснювали так: необхідну кількість бітуму нагрівали, перемішуючи, до температури модифікування, після цього додавали певну кількість модифікатора та витримували впродовж необхідного часу. На основі визначення якісних показників отриманого продукту робили висновок про його відповідність вимогам нормативних документів у галузі бітумних дорожніх будівельних матеріалів.

Визначення термопластичних та адгезійних фізико-технологічних показників вихідних та модифікованих зразків бітуму здійснювали згідно із методиками, наведеними у відповідних нормативних документах, а саме: глибина проникності голки (пенетрація) за температури 25 °C – [11]; температура розм'якшеності – [12]; розтяжність (дуктильність) за температури 25 °C – [13]; зчеплюваність із поверхнею скла – [14]; зчеплюваність із поверхнею щебеню – [15].

Для якісного та кількісного аналізу вузької кумарон-інденової фракції використовували проявну газоадсорбційну хроматографію (хро-

матограф – “Хроматек-кристал 5000.2”; чутливий пристрій – детектор іонізації у полум'ї). Розділення компонентів здійснювалося на капілярній колонії завдовжки 50 м з нанесеною рідкою фазою Пона (парафіни, олефіни, нафтени, ароматика). Газ-носії – гелій. Програмування температури – від 40 до 180 °C (прилад відкалібровано для аналізу бензинів). Похибка – 0,01 % об. Хроматограми аналізували за допомогою програмного забезпечення “Хроматек-аналітик 1.5” і “Хроматек-gasoline”.

Результати досліджень та їх обговорення

У табл. 4 наведено вихід і базову термопластичну характеристику (температуру розм'якшення) отриманих зразків КІКС.

Таблиця 4

Вплив температури на вихід і температуру розм'якшення смоли

Показник	Значення
КІКС1 (температура синтезу – кімн. (18–22 °C))	
Вихід смоли, % мас. на сировину ¹	24,55
Температура розм'якшення за кільцем і кулею, °C	95
КІКС2 (температура синтезу – 40 °C)	
Вихід смоли, % мас. на сировину ¹	28,25
Температура розм'якшення за кільцем і кулею, °C	86
КІКС3 (температура синтезу – 70 °C)	
Вихід смоли, % мас. на сировину*	34,15
Температура розм'якшення за кільцем і кулею, °C	73
КІКС4 ² (температура синтезу – 100 °C)	
Вихід смоли, % мас. на сировину*	36,70
Температура розм'якшення за кільцем і кулею, °C	68
КІКС5 (температура синтезу – 110 °C)	
Вихід смоли, % мас. на сировину*	37,80
Температура розм'якшення за кільцем і кулею, °C	65
КІКС6 (температура синтезу – 130 °C)	
Вихід смоли, % мас. на сировину*	38,00
Температура розм'якшення за кільцем і кулею, °C	66

* Вихід смоли визначали на попередньо оброблену сировину (осушення і видалення піридинових основ за допомогою 72 % сульфатної кислоти) + карбазол.

Як видно із табл. 4, зі збільшенням температури синтезу КІКС збільшується її вихід і знижується температура розм'якшення. Ця тенденція аналогічна до впливу температури на вихід і якість немодифікованих КІС [16–18]. Проте, імовірно, внаслідок використання модифікатора (карбазолу) ці закономірності для КІКС мають дещо інші причини, ніж для КІС, зокрема:

– підвищення температури збільшує швидкість реакцій олігомеризації. За рахунок цього зростає вихід продукту;

– незалежно від повноти участі карбазолу в реакціях смолоутворення, у зв'язаному чи вільному стані він повністю переходить у продукти олігомеризації, тому що умови відганяння непрореагованої сировини від полімеризату не забезпечують його відділення від суміші, оскільки $t_{\text{кип. карбазолу}} = 355\text{ }^{\circ}\text{C}$, а за $t_{\text{відгонки}} = 150\text{ }^{\circ}\text{C}$ і $P_{\text{надл. відгонки}} = 25\text{ мм рт. ст.}$ (табл. 3) кінцева температура перегонки в перерахунку на атмосферний тиск становить $260\text{--}265\text{ }^{\circ}\text{C}$, тобто менше

від $t_{\text{кип. карбазолу}}$. За рахунок цього можна припустити, що внаслідок присутності карбазолу із підвищенням температури процесу до складу олігомерів залучаються нові компоненти сировини (не тільки інден, кумарон чи стирол); у результаті вихід КІКС також збільшується;

– внаслідок перших двох причин збільшується кількість центрів коолігомеризації, тому утворюються коолігомери меншої молекулярної маси, що є причиною зниження температури розм'якшення смоли із підвищенням температури її синтезу.

З позиції оптимального співвідношення кількості смоли та її якості процес одержання КІКС необхідно вести за температури $\geq 100\text{ }^{\circ}\text{C}$. Проте, з огляду на мінімальні енергетичні витрати за максимально позитивного ефекту, оптимальною температурою доцільно вважати саме $100\text{ }^{\circ}\text{C}$.

У табл. 5, 6 подано результати модифікування зразками КІКС1–КІКС6 окисненого дорожнього нафтового бітуму, характеристики якого наведено у табл. 2.

Таблиця 5

Вплив температури синтезу на адгезійні властивості смоли

Показник якості модифікованого бітуму	Вміст смоли у модифікованому бітумі ¹ , % мас.					Нормативні значення для бітумів, модифікованих адгезійними додатками, згідно з [19]
	0,0 ²	0,5	1,0	2,0	3,0	
КІКС1 (температура синтезу – кімнатна (18–22 °C))						Зчеплюваність з поверхнього скла – 75,0 % Зчеплюваність з поверхнього щебеню – 5,0 балів
Зчеплюваність модифікованого бітуму з поверхнею скла, %	39	37	39	41	43	
Зчеплюваність модифікованого бітуму з поверхнею щебеню, бал.	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	
КІКС2 (температура синтезу – 40 °C)						
Зчеплюваність модифікованого бітуму з поверхнею скла, %	39	44	47	51	54	
Зчеплюваність модифікованого бітуму з поверхнею щебеню, бал.	2,5	2,5	2,5	3,0	3,0	
КІКС3 (температура синтезу – 70 °C)						
Зчеплюваність модифікованого бітуму з поверхнею скла, %	39	50	57	62	66	
Зчеплюваність модифікованого бітуму з поверхнею щебеню, бал.	2,5	3,0	3,5	3,5	3,5	
КІКС4 (температура синтезу – 100 °C)						
Зчеплюваність модифікованого бітуму з поверхнею скла, %	39	54	77	89	100	
Зчеплюваність модифікованого бітуму з поверхнею щебеню, бал.	2,5	3,5	4,0	4,5	5,0	
КІКС5 (температура синтезу – 110 °C)						
Зчеплюваність модифікованого бітуму з поверхнею скла, %	39	57	75	87	100	
Зчеплюваність модифікованого бітуму з поверхнею щебеню, бал.	2,5	3,5	4,0	4,5	5,0	
КІКС6 (температура синтезу – 130 °C)						
Зчеплюваність модифікованого бітуму з поверхнею скла, %	39	54	78	90	100	
Зчеплюваність модифікованого бітуму з поверхнею щебеню, бал.	2,5	3,5	4,0	4,5	5,0	

¹ Умови змішування смоли з бітумом: температура – $190\text{ }^{\circ}\text{C}$; тривалість – 60 хв; кількість обертів мішалки за хв – 1000.

² Чистий немодифікований бітум (характеристики наведено в табл. 2).

Як видно з результатів, наведених у табл. 5, істотного покращення зчеплюваності модифікованого бітуму з поверхнею щебеню і скла вдається досягти у випадку синтезу кумарон-інден-карбазольної смоли за температур понад 100 °С (КІКС4–КІКС6), коли, імовірно, карбазол повністю хімічно перетворюється й утворюються олігомери порівняно невеликої молекулярної маси, які добре розчиняються у бітумі та/або взаємодіють із ним. Це свідчить про визначаль-

ний вплив карбазолу саме на адгезійні властивості КІКС. Смоли, синтезовані за температур менше ніж 100 °С (КІКС1–КІКС3), практично не впливають на зчеплюваність бітуму із мінеральним матеріалом і склом (табл. 6). Для забезпечення вимог відповідного нормативного документа [19] (відносно зчеплюваності модифікованого бітуму з поверхнею скла і мінеральних матеріалів) вміст КІКС у бітумі повинен становити $\geq 1,0$ % мас. (табл. 5).

Таблиця 6

Вплив температури синтезу на термопластичні властивості модифікованого бітуму

<div>Показник якості модифікованого бітуму</div> <div>Вміст смоли у модифікованому бітумі¹, % мас.</div>	0,0 ²	0,5	1,0	2,0	3,0	Нормативні значення для бітумів, модифікованих адгезійними добавками згідно з [6]
КІКС1 (температура синтезу – кімнатна (18–22 °С))						Температура розм'якшення за кільцем і кулею – 45–51 °С Пенетрація за температури 25 °С – 71–100 м·10 ⁻⁴ (0,1 мм) Дуктильність за температури 25 °С – ≥60 м·10 ⁻² (см)
Температура розм'якшення за кільцем і кулею, °С	46	47	48	50	51	
Пенетрація за температури 25 °С, м·10 ⁻⁴ (0,1 мм)	71	69	68	61	52	
Дуктильність за температури 25 °С, м·10 ⁻² (см)	91	87	84	77	65	
КІКС2 (температура синтезу – 40 °С)						
Температура розм'якшення за кільцем і кулею, °С	46	46	47	48	49	
Пенетрація за температури 25 °С, м·10 ⁻⁴ (0,1 мм)	71	71	69	62	54	
Дуктильність за температури 25 °С, м·10 ⁻² (см)	91	88	85	79	68	
КІКС3 (температура синтезу – 70 °С)						
Температура розм'якшення за кільцем і кулею, °С	46	46	47	47	49	
Пенетрація за температури 25 °С, м·10 ⁻⁴ (0,1 мм)	71	71	69	64	57	
Дуктильність за температури 25 °С, м·10 ⁻² (см)	91	90	86	80	71	
КІКС4 (температура синтезу – 100 °С)						
Температура розм'якшення за кільцем і кулею, °С	46	46	46	48	49	
Пенетрація за температури 25 °С, м·10 ⁻⁴ (0,1 мм)	71	71	70	65	59	
Дуктильність за температури 25 °С, м·10 ⁻² (см)	91	89	87	82	75	
КІКС5 (температура синтезу – 110 °С)						
Температура розм'якшення за кільцем і кулею, °С	46	46	46	48	48	
Пенетрація за температури 25 °С, м·10 ⁻⁴ (0,1 мм)	71	71	69	68	67	
Дуктильність за температури 25 °С, м·10 ⁻² (см)	91	91	90	88	84	
КІКС6 (температура синтезу – 130 °С)						
Температура розм'якшення за кільцем і кулею, °С	46	46	46	48	48	
Пенетрація за температури 25 °С, м·10 ⁻⁴ (0,1 мм)	71	71	70	67	67	
Дуктильність за температури 25 °С, м·10 ⁻² (см)	91	91	90	87	85	

¹ Умови змішування смоли з бітумом: температура – 190 °С; тривалість – 60 хв; кількість обертів мішалки за хв – 1000.

² Чистий немодифікований бітум (характеристики наведено в табл. 2).

Дані табл. 6 свідчать як про позитивний, так і про негативний вплив модифікування дорожнього бітуму кумарон-інден-карбазольною

смолою на термопластичні властивості бітуму. Так, всі зразки КІКС підвищують температуру розм'якшення та погіршують дуктильність і

пенетрацію модифікованого бітуму щодо вихідного. Проте, незалежно від кількості смоли в бітумі, числові значення його термопластичних характеристик практично у всіх випадках задовольняють вимоги нормативного документа [6], яким необхідно користуватись у разі модифікування бітумів адгезійними додатками (табл. 6).

Висновки

З позиції оптимального співвідношення кількості смоли та її якості процес одержання КІКС необхідно здійснювати за температури ≥ 100 °С. Проте, з огляду на мінімальні енергетичні витрати за максимально позитивного ефекту, оптимальною температурою доцільно вважати саме температуру, близьку до 100 °С.

Модифікування дорожнього нафтового бітуму кумарон-інден-карбазольною смолою як позитивно, так і негативно впливає на його термопластичні властивості. Проте, незалежно від кількості смоли в бітумі, числові значення його термопластичних характеристик задовольняють вимоги нормативного документа [6], яким слід користуватись у випадку модифікування бітумів адгезійними додатками.

Найпозитивніший вплив модифікування дорожнього нафтового бітуму КІКС спостерігається щодо його адгезійних властивостей. Істотного покращення зчеплюваності модифікованого бітуму з поверхнею щебеню і скла вдається досягти у випадку синтезу кумарон-інден-карбазольної смоли за температур понад 100 °С. При цьому для забезпечення вимог відповідного нормативного документа [19] щодо зчеплюваності модифікованого бітуму з поверхнею скла і мінеральних матеріалів вміст КІКС у бітумі повинен становити $\geq 1,0$ % мас.

На основі отриманих і проаналізованих результатів експериментальних досліджень можна зробити висновок, що синтез кумарон-інден-карбазольних смол необхідно здійснювати в температурному інтервалі близько 100 °С.

References

1. Bashkatov, N. N. (2018). Koagulyatsionnyye i neorganicheskiye polikondensatsionnyye vyazhushchiye: ucheb. posob. dlya studentov vuza, obuchayushchikhsya po napravleniyu podgotovki 08.03. 01 "Stroitel'stvo".

2. Pokonova, Yu. V. (2005). Neftyanyye bitumy. Skt. Pet.: Sankt-Peterburgskaya izdatel'skaya kompaniya.

3. Gureyev, A. A., Chernysheva, Ye. A., Kononov, A. A., & Kozhevnikova, Yu. V. (2007). *Proizvodstvo neftyanykh bitumov*. Moscow: Neft' i gaz.

4. Gun, R. B. (1973). Neftyanyye bitumy. Moscow: Khimiya.

5. Karbazol. Pasport bezpechnosti. Rezhim dostupu: <https://www.carlroth.com/medias/SDB-9752-RU-RU.pdf?context=bWFzdGVyfHNIY3VyaXR5RGF0YXNoZWV0c3wyNjk0MDd8YXBwbGljYXRpb24vcGRmfHNiY3VyaXR5RGF0YXNoZWV0cy9oZDEvaGRhLzg5NzIxMDQzMjY0NDYucGRmfGRkZTgxODk5ZWUxMDYzMDNkMjg3ZTgzYWRmNjFiNzRmN2RmY2I4MjFiYW12MDRjZWJhYWJiNDUwODRmOTczMjc>.

6. DSTU 4044:2019 (2015). Bitumens petroleum. Specifications [Valid from 01.05.2020].

7. Pyshyev, S., Gunka, V., Grytsenko, Y., & Bratychak, M. (2016). Polymer modified bitumen. *Chemistry & Chemical Technology*, 10, (4)(s), 631–636. <https://doi.org/10.23939/chcht10.04si.631>.

8. Pyshyev, S., Prisyazhnyi, Y., Sidun, I., Shved, M., Borbeyiyong, G. I., & Korsh, D. (2020). Obtaining of Resins Based on Model Mixtures with Indene, Coumarone and Styrene and their Usage as Bitumen Modifiers. *Petroleum & Coal*, 62(2).

9. Pyshyev, S.; Prisyazhnyi, Yu.; Borbeyiyong, G. I.; Chervinskyy, T.; Kulazyński, M.; Grytsenko, Yu. (2021). Effect of raw material composition on the properties of road asphalt modifier obtained from liquid coal coking products. *Przem. Chem.*, 100(7), 680. <https://doi.org/10.15199/62.2021.7.9>

10. Pyshyev, S., Grytsenko, Y., Danyliv, N., Bilushak, H., & Pyshyeva, R. (2015). Production of indene-coumarone resins as bitumen modifiers. *Petroleum & Coal*, 57(4).

11. DSTU EN 1426:2018 (2019). *Bitumen and Bituminous Binders. Determination of the Depth of Permeability of the Needle (Penetration)*. EN 1426:2015, IDT [Valid from 01.06.2019].

12. DSTU EN 1427:2018 (2019). *Bitumen and Bituminous Binders. Determination of the Softening Point by Ring and Ball Method*. EN 1427:2015, IDT [Valid from 01.06.2019].

13. DSTU 8825:2019 (2020). *Bitumen and Bituminous Binders. Elongation method* [Valid from 01.01.2020].

14. DSTU B V.2.7-81-98 *Bitumens petroleum road viscous. The method of determining the adhesion to the surface of glass and stone materials. Specifications* [Valid from 01.03.1999].

15. DSTU 8787:2018 *Bitumen and bituminous binders. Method for determining adhesion to crushed stone* [Valid from 01.06.2019].

16. Sokolov, V. Z. (1978). *Inden-kumaronovyye smoly*. Moskow: Metalurgiya.
17. Litvinenko, M. S.; Nosalevich, M. S. (1962) *Khimicheskiye produkty koksovaniya dlya proizvodstva polimernykh materialov*. Khar'kov: Metallurgizdat.
18. Mülhaupt, R. (1997). *Book Review: Hydrocarbon Resins*. By R. Mildenberg, M. Zander and G. Collin.
19. SOU 45.2-00018112-067:2011. *Road bitumen, modified with adhesive additives. Specifications* [Valid from 01.09.2011].

Yu. V. Prysiashnyi, Guri Isaiah Borbeyiyong, S. V. Pyshyev, D. V. Korzh

Lviv Polytechnic National University

Department of Chemical technology of Oil and Gas Processing

INFLUENCE OF TEMPERATURE ON THE PROCESS OF OBTAINING COUMARONE-INDENE-CARBAZOLE MODIFIER OF ROAD OIL BITUMENS

A narrow coumarone-indene fraction was obtained from liquid coal coking products. Based on this fraction and carbazole's presence, coumarone-indene-carbazole resin (CICR), a new type of kooligomers, was synthesized by ionic polymerization, which is proposed to be used as an adhesive modifier of road oil bitumens. The influence of temperature on the process of CICR synthesis, its quality, and characteristics of bitumen modified by it were studied.

Key words: modified bitumens; modifier; coumarone-indene resin; coumarone; indene; carbazole.