

15. ДБН В.2.6-98:2009. Бетонні та залізобетонні конструкції. – К. : Мінрегіонбуд України, 2011. – 71 с.

16. Шерешевский И.А. Конструирование промышленных зданий и сооружений. / И.А. Шерешевский. – М. : Изд-во "Архитектура-С", 2005. – 168 с.

17. Посацький С.Л. Опір матеріалів / С.Л. Посацький. – Львів : Вид-во Львівського ун-та, 1973. – 403 с.

18. ДСТУ Б.В.1.2-3:2006. Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Прогни і переміщення. – К. : Вид-во Мінбуд України, 2006. – 14 с.

19. Рекомендации по обследованию зданий и сооружений, поврежденных пожаром. – М. : Изд-во "Стройиздат", 1987. – 75 с.

Гулида Э.Н., Коваль А.М. Огнестойкость железобетонных конструкцій скатных кровель одноэтажных зданий цехов деревообрабатывающих предприятий

Разработана методология установления класса огнестойкости железобетонных стропильных ферм для скатных кровель одноэтажных зданий цехов деревообрабатывающих предприятий на основе результатов теоретических исследований. Рекомендованы зависимости для определения температуры в зоне размещения ферм при пожаре, а также температуры на внешних поверхностях железобетонных стропильных ферм в зависимости от температуры среды. Кроме этого, установлена критическая температура в сечениях железобетонных стропильных ферм в зависимости от времени продолжительности пожара. Общая относительная погрешность теоретических расчетов по отношению к результатам экспериментальных исследований по классам огнестойкости с учетом признака потери несущей способности, как показали многочисленные результаты исследований, не превышает 5... 8 %.

Ключевые слова: пожар, температура, стропильная ферма, несущая способность, класс огнестойкости.

Hulida Ye.M., Koval O.M. Fire resistance of concrete construction pitched roof single-storey buildings workshops wood-processing enterprises

A methodology to establish the fire resistance class concrete trusses for pitched roof single-storey buildings woodworking shopsing enterprises on the basis of theoretical studies. Recommended for dependence to determine the temperature in the zone of the farms in the fire, as well as the temperature on the outer surfaces of concrete trusses depending on the ambient temperature. Moreover, the critical temperature is set to the same sections metal-concrete -truss according to the time duration of the fire. The total relative error of the theoretical calculations with respect to the results of experimental studies on the fire resistance classes based on characteristic loss of bearing capacity, as shown by numerous research results does not exceed 5... 8 %.

Key words: fire, temperature, truss, bearing capacity, fire resistance class.

УДК 667.621.6+678.74+67.08

Доц. Б.О. Дзіняк, д-р техн. наук;
інж. О.Б. Федотова – НУ "Львівська політехніка"

ОДЕРЖАННЯ МАЛЕЇНІЗОВАНИХ НАФТОПОЛІМЕРНИХ СМОЛ ТА ЇХ ВИКОРИСТАННЯ У КОМПОЗИЦІЯХ З ЕПОКСИДНОЮ СМОЛОЮ

Одержано коолігомери (нафтополімерні смоли) з ненасичених вуглеводнів фракції С₉ рідких побічних продуктів піролізу дизельного палива виробництва етилену, розглянуто їх модифікування малеїновим ангідридом та використання малеїнізованих нафтополімерних смол у композиціях з епоксидною смолою для протикорозійних захисних покриттів різних поверхонь. Встановлено основні закономірності ініційованої пероксидами коолігомеризації ненасичених вуглеводнів фракції С₉ рідких продуктів піролізу дизельного палива та модифікування одержаної нафтополімерної смоли малеїновим ангід-

ридом. З'ясовано характер впливу основних чинників (температури, тривалості реакції, концентрації ініціатора і модифікуючої добавки) на вихід і фізико-хімічні характеристики одержаних коолігомерів. Встановлено, що епоксидіанова смола ЕД-20 та малеїнізована нафтополімерна смола взаємодіють між собою з утворенням зшитих структур. Максимальний вихід гелі-фракції досягається при вмісті малеїнізованої нафтополімерної смоли у епоксинафтополімерній композиції в межах 65-80 % мас. Показано, що термічна стійкість епоксинафтополімерної композиції корелює з вмістом у ній зшитої структури. Вибрано оптимальні технологічні параметри процесів коолігомеризації ненасичених вуглеводнів фракції С₉, модифікування нафтополімерної смоли малеїновим ангідридом та одержання епоксинафтополімерних композицій.

Ключові слова: рідкі продукти піролізу, фракція С₉, вуглеводні, пероксид, коолігомеризація, модифікування, нафтополімерна смола, епоксидна смола, малеїновий ангідрид, епоксинафтополімерна композиція.

Постановка проблеми. Одним із напрямів кваліфікованого використання рідких побічних продуктів піролізу нафтових фракцій, що дає змогу покращити техніко-економічні показники етиленових виробництв та знизити собівартість етилену, є коолігомеризація суміші ненасичених вуглеводнів, які містяться в рідких побічних продуктах піролізу (РПП), з одержанням коолігомерів, відомих як нафтополімерні смоли (НПС), які мають цінні експлуатаційні характеристики і використовуються як заміники продуктів природного походження (олії, каніфолі, альбуміну тощо) у різних галузях промисловості [1-3]. Враховуючи світові тенденції щодо зростання ціни на вуглеводневу сировину та обсяги рідких продуктів піролізу (25-30 % на сировину), її ефективне використання шляхом глибшої та безвідходної перероблення є особливо актуальним [4].

Одним із промислових методів одержання НПС є ініційована органічними пероксидами коолігомеризація ненасичених вуглеводнів, які містяться у фракціях РПП [5]. Так, у промисловості для одержання НПС широко використовується гідрпероксид кумолу [6]. Але при його використанні для одержання НПС із задовільним виходом необхідною є значна тривалість реакції, підвищена концентрація ініціатора або його дозована подача. Це пов'язано із тим, що гідрпероксид кумолу, забезпечуючи ефективну олігомеризацію стиролу, водночас, недостатньо ефективним є стосовно інших ненасичених вуглеводнів фракції С₉, передусім індену [7]. Тому актуальним є пошук ефективних ініціаторів процесу, які забезпечують одержання НПС із високим виходом та покращують техніко-економічні показники виробництва НПС. Як показано в працях [7, 8], на вихід НПС істотно впливає температура реакції. Тому використання термостабільних ініціаторів забезпечує одержання НПС із вищим виходом, ніж використання ініціаторів низької та середньої термічної стійкості.

Основним недоліком одержаних НПС є відсутність у їх складі, окрім ненасичених подвійних зв'язків, функціональних груп, що обмежує їх застосування у різноманітних композиційних матеріалах. Одним із найпоширеніших є введення до складу НПС функціональних груп шляхом їх модифікування. Як модифікуючі добавки найчастіше використовують ангідриди ненасичених дикарбонових кислот, зокрема малеїновий ангідрид (МА) [9].

Метою роботи є одержання малеїнізованих нафтополімерних смол на основі вуглеводневої фракції С₉ рідких продуктів піролізу дизельного палива та створення епоксинафтополімерних композицій для протикорозійних захисних покриттів.

Виклад основного матеріалу дослідження. Як сировину для одержання НПС використано фракцію C₉ (422-473 К) РПП дизельного палива, яка мала такі характеристики: густина 903 кг/м³; бромне число 125 г Вг₂/100 г; молекулярна маса 111; колір 5 мг I₂/100 см³; вміст ненасичених сполук 53,2 % мас., зокрема алілбензолу 1,8; вінілтолуолів 5,2; стиrolу 17,7; метилстиrolів 0,4; дициклопентадієну 15,9; індену 2,8; димерів циклопентадієну та метилциклопентадієну 9,4.

Коолігомеризацію ненасичених вуглеводнів фракції C₉ здійснено у термостатових ампулах, виготовлених із нержавіючої сталі, об'ємом 100 см³ у середовищі аргону в присутності ініціатора. Перебіг реакції контролювали за зміною бромного числа та густини коолігомеризату. Після завершення реакції вуглеводні, які не прореагували, вилучено дистиляцією коолігомеризату у два етапи: спочатку при атмосферному тиску до температури 463 К проведено атмосферну дистиляцію, відтак, при залишковому тиску 3 гПа до температури 473 К – вакуумну дистиляцію. Після дистиляції в кубі одержано нафтополімерну смолу, яку проаналізовано за такими показниками: температура розм'якшення, бромне число, колір, молекулярна маса, розчинність в уайт-спіриті. Атмосферний та вакуумний дистиляти проаналізовано на хроматографі фірми Carle Erba 4100-01 nHP тип 3390A; детектор ДП; сталеві капілярні колонки типу OV-1 з нерухою фазою сквалан (довжина колонки 100 м, діаметр 0,25 мм; газ-носії азот; температура колонки 323-398 К, температура випарника 493 К; об'єм проби 0,2 мкл. Вихід коолігомеру розраховано за відношенням маси одержаного коолігомеру до маси фракції C₉, яку коолігомеризовано.

За результатами проведених досліджень коолігомеризації ненасичених вуглеводнів фракції C₉ РПП дизельного палива, з використанням як ініціатора органічних пероксидів виробництва фірми "Akzo Nobel", вивчено вплив основних чинників (температури, тривалості коолігомеризації, природи і концентрації ініціатора) на вихід і основні фізико-хімічні показники НПС та вибрано оптимальні умови процесу [10]: температура реакції 473К; тривалість 6 год; концентрація пероксиду трет-бутилу 1 % мас. За оптимальних умов забезпечується вихід НПС у межах 43-48 % мас.

Модифікування нафтополімерної смоли, одержаної ініційованою пероксидом трет-бутилу олігомеризацією фракції C₉ рідких продуктів піролізу дизельного палива, малеїновим ангідридом проведено за температури 423-473 К впродовж 2-10 год. Перебіг реакції контролювали за залишковим вмістом вільного малеїнового ангідриду та числом омилення НПС. Крім цього, для малеїнізованої НПС визначено бромне число, температуру розм'якшення, молекулярну масу та колір.

Через те, що реакція малеїнізації супроводжується значним зменшенням кількості реакційноздатних >C=C< зв'язків, однією з вимог до вихідних нафтополімерних смол є їх підвищена ненасиченість. Так, внаслідок проведених досліджень встановлено, що бромне число малеїнізованої НПС у 1,5-3 рази менше, ніж у вихідної нафтополімерної смоли. З огляду на те, що під час малеїнізації помітно (на 20-50 К) зростає температура розм'якшення нафтополімерної смоли, для модифікації доцільно використовувати НПС зі зниженою температурою розм'якшення.

За результатами досліджень встановлено (табл. 1), що зі збільшенням концентрації МА і тривалості модифікації підвищується число омилення і тем-

пература розм'якшення нафтополімерної смоли за умови одночасного зменшення бромного числа НПС. Збільшення температури і тривалості модифікації сприяє також зменшенню кількості малеїнового ангідриду, що не прореагував. За температури 473 К, яка є близькою до температури кипіння малеїнового ангідриду, кількість вільного МА практично дорівнює нулю. Підвищення температури та тривалості модифікації супроводжується погіршенням кольору малеїнізованої НПС.

Табл. 1. Залежність показників малеїнізованої НПС від умов реакції при T=453 К

Конц. МА, % мас.	Тривалість, год	Вміст вільного МА, % мас.	Температура розм'якшення НПС, К	Число омилення НПС, мг КОН/г	Бромне число НПС, г Вг ₂ /100 г
5	2	0,5	361	38	43,1
	6	0,2	364	44	40,4
	10	0,1	367	49	38,2
10	2	1,2	374	70	37,7
	6	0,5	376	73	33,3
	10	0,2	379	75	30,5
15	2	2,4	380	130	29,6
	6	1,0	383	135	25,0
	10	0,5	385	139	21,4
20	2	3,4	386	160	21,0
	6	1,8	388	168	18,3
	10	1,0	389	175	17,2

У результаті проведених досліджень встановлено оптимальні умови модифікування НПС: температура 453 К, тривалість 6 год. Одержані значення числа омилення малеїнізованих НПС вказують, що за вибраних умов втрати малеїнового ангідриду мінімальні.

Проведено дослідження процесу одержання композицій для протикорозійних покриттів на основі одержаних малеїнізованих НПС та промислової епоксидної смоли ЕД-20. Використано малеїнізовані нафтополімерні смоли НПС-5, НПС-10, НПС-15, одержані модифікуванням НПС впродовж 6 год за температури 453 К малеїновим ангідридом (5, 10 і 15 % мас., відповідно) та, для порівняння, немодифіковану НПС, характеристики яких наведено в табл. 2.

Табл. 2. Характеристики нафтополімерних смол

№ з/п	Найменування показників	НПС	НПС-5	НПС-10	НПС-15
1	Вміст МА, % мас.	0	5	10	15
2	Молекулярна маса	670	700	730	810
3	Бромне число, мг Вг ₂ /100 г	66	40,4	33,3	25,0
4	Колір, мг I ₂ /100 см ³	15	30	40	40
5	Число омилення, мг КОН/г	0	44	73	135
6	Температура розм'якшення, К	348	364	376	383

Епоксинафтополімерні композиції зроблено сплавом компонентів за температури 403 К. Для одержання плівок композиції нанесено на фторопластові форми. Зразки тверднули впродовж 3 год при 453 К. Процес взаємодії між епоксидною та нафтополімерною смолами вивчено методами ІЧ-спектроскопії, диференціально-термічного (ДТА) і термогравіметричного аналізу (ТГА), визна-

ченням гель-фракції, що дало змогу встановити оптимальні співвідношення між компонентами та оптимальні режими процесу. Інфрачервоні спектри вихідних смол та їх композицій вивчено на спектрофотометрі "Specord-M80". ДТА і ТГА проведено на дериватографі Q-1500D системи "F. Paulik – J. Paulik – L. Erdey" в динамічному режимі та атмосфері повітря зі швидкістю нагрівання 0,6 К/хв. Вміст гель-фракції визначено екстрагуванням бензолом в апараті Сокслета.

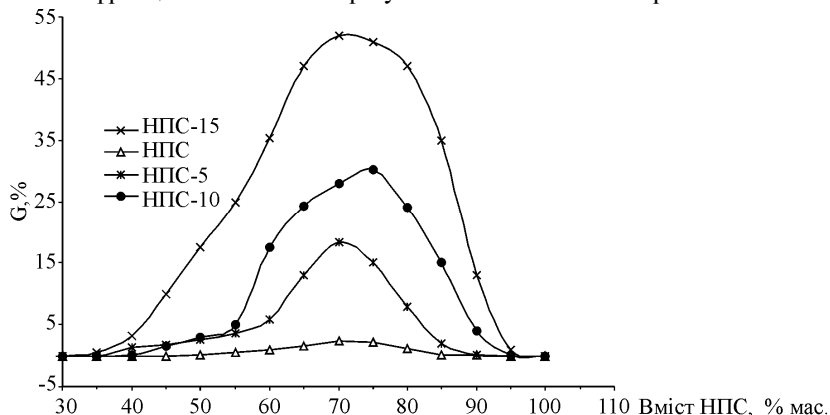


Рис. Залежність виходу гель-фракції від вмісту нафтополімерної смоли

Встановлено (рис.), що малеїнізована НПС і епоксидна смола ЕД-20 за температур 423-453 К реагують між собою з утворенням продукту з лінійною і зшитою структурою. Вихід гель-фракції в композиціях із малеїнізованими НПС залежить від співвідношення епоксидної та нафтополімерної смол і є максимальним при вмісті НПС 65-80 % мас. У досить широкому діапазоні концентрацій НПС (від 0 до 35 % мас.) тривимірна структура взагалі не утворюється, про що свідчить відсутність гель-фракції в зразках після їх твердіння. Визначальним фактором зшивання полімерних композицій є вміст ангідридних груп у нафтополімерній смоли.

Встановлено, що вихід гель-фракції залежить від концентрації НПС, ступеня малеїнізації смоли, температури та тривалості процесу, а за абсолютної величини обмежується наявністю у НПС нереакційноздатної насиченої фракції. Додаткове внесення в епоксиафтополімерну композицію невеликих кількостей третинного аміну (2 % мас.) пришвидшує процеси її структурування (до 0,5 год) і збільшує вихід гель-фракції (на 10-15 % мас.).

Немодифікована НПС, у структурі якої відсутні функціональні групи, що здатні взаємодіяти з епоксидними або гідроксильними групами епоксидної смоли, у досліджуваних умовах практично не взаємодіє з епоксидною смолою, що підтверджується відсутністю гель-фракції для такої композиції.

За результатами досліджень ІЧ-спектрів вихідних епоксидної і малеїнізованої нафтополімерної смол та їх композицій запропоновано схему взаємодії між епоксидною смолою та малеїнізованою НПС. Аналогічно з реакцією взаємодії епоксидних смол з ангідридами дикарбонових кислот, на першій стадії ангідридні групи НПС реагують з гідроксильними групами епоксидної смоли з

утворенням карбоксильних груп, які взаємодіють з епоксидними групами епоксидної смоли з утворенням гідроксильних груп, які взаємодіють з ангідридними групами НПС. Така багатостадійна взаємодія приводить до утворення просторово-зшитих структур, які містять епоксидні та нафтополімерні фрагменти.

Термічний аналіз епоксидної та малеїнізованої нафтополімерної смол, попередньо перемішаних до однорідної маси при 383 К, показує, що на кривих ДТА сумішей проявляються два чіткі екзотермічні піки, які можуть бути віднесені до процесів термоокиснювальної деструкції кожної із складових. Перший пік, очевидно, характеризує окиснення НПС, другий – епоксидної смоли. Це припущення підтверджується наявністю на кривих ДТА окремих компонентів одинарних екзотермічних ефектів у відповідних температурних ділянках. Із збільшенням концентрації того чи іншого компонента тепловий ефект, пов'язаний з ним, також зростає. Однак для епоксиафтополімерних композицій температура початку деструкції є вищою, ніж у кожного компонента, взятого окремо. Це свідчать про хімічну взаємодію компонентів і утворення в композиціях нових термічно стійких структур.

Для епоксиафтополімерних композицій, термооброблених при 453 К впродовж 3 год, при оптимальному співвідношенні компонентів на кривій ДТА спостерігається одинарний екзотермічний ефект в області 573...653 К, який, очевидно, зумовлений реакціями термоокиснювальної деструкції тривимірних структур. У разі надлишку одного з компонентів спостерігається тепловий ефект в області 513...573 К, який, ймовірно, спричинений окисненням неструктурованої низькомолекулярної фракції. Температура початку деструкції для термооброблених епоксиафтополімерних композицій істотно вища за температуру початку деструкції композиції, одержаної лише змішуванням компонентів при 403 К (табл. 3).

Табл. 3. Залежність температури початку деструкції епоксиафтополімерної композиції (К) від вмісту НПС

№ з/п	Режим приготування	Вміст НПС, % мас.				
		0	45	60	75	100
1.	Змішування при 403 К	466	513	513	504	443
2.	Термооброблення при 453 К	–	550	548	523	–

При цьому найменші втрати маси й відповідно найкращу термічну стабільність має композиція з максимальним вмістом тривимірної структури. Для всіх термооброблених композицій, на відміну від сплавлених при 403 К, відсутній характерний для процесу плавлення ендотермічний пік, що підтверджує утворення в них зшитої структури внаслідок термооброблення.

Висновки. Встановлено закономірності ініційованої пероксидами коолігомеризації суміші ненасичених вуглеводнів фракції C₉ рідких продуктів піролізу дизельного палива з одержанням нафтополімерних смол та їх модифікування малеїновим ангідридом. З'ясовано характер впливу основних чинників (температури, тривалості реакції, концентрації ініціатора і модифікуючої добавки) на вихід і показники нафтополімерної смоли. Вибрано оптимальні умови процесу одержання НПС та їх модифікування малеїновим ангідридом. Встановлено, що

епоксидіанова та малеїнізована нафтополімерна смола взаємодіють між собою з утворенням зшитих структур. Максимальний вихід гель-фракції досягається при вмісті малеїнізованої НПС 65-80 % мас. Термічна стійкість епоксинафтополімерної композиції корелює з вмістом у ній зшитої структури.

Література

1. Zohuriaan-Mehr M.J. Petroleum Resins: An Overview / M.J. Zohuriaan-Mehr, H. Omidian // J. M.S. Rev. Macromol. Chem. Phys. – 2000. – Vol. 40 (1). – Pp. 23-49.
2. Думский Ю.В. Нефтеполимерные смолы – заменители растительных масел в лакокрасочной промышленности / Ю.В. Думский, А.Е. Мозгалева, В.А. Алферов и др. // Нефтепереработка и нефтехимия. – 2003. – № 11. – С. 36-38.
3. Думский Ю.В. Нефтеполимерные смолы и новые возможности их использования / Ю.В. Думский, Г.Ф. Черединова, С.Ю. Думский и др. // Лакокрасочные материалы и их применение. – 2007. – № 10. – С. 8-12.
4. Ахметов С.А. Технология глубокой переработки нефти и газа / С.А. Ахметов. – Уфа : Изд-во "Гилем", 2002. – 672 с.
5. Lesnyak V.P. Radical copolymerization of the C₉ hydrocarbon fraction of liquid pyrolysis products with maleic anhydride / V.P. Lesnyak, D.I. Shiman, L.V. Gaponik and others // Russian Journal of Applied Chemistry. – 2007. – Vol. 80, № 5. – Pp. 822-827.
6. Шампаров А.Г. Производство нефтеполимерных смол в ОАО "Завод "Сланцы" / А.Г. Шампаров, В.В. Ермаков // Нефтепереработка и нефтехимия. – 2002. – № 10. – С. 27-30.
7. Думский Ю.В. Химия и технология нефтеполимерных смол / Ю.В. Думский, Б.И. Но, Г.М. Бутов. – М. : Изд-во "Химия", 1999. – 312 с.
8. Мокрий С.М. Порівняльна оцінка методів одержання нафтополімерних смол / С.М. Мокрий, Б.О. Дзіняк, І.С. Никулишин та ін. // Доповіді НАН України. – 1997. – № 5. – С. 153-156.
9. Ермилова Т.А. Маленизированные нефтеполимерные смолы и лакокрасочные материалы на их основе : автореф. дисс. на соискание учен. степени канд. хим. наук: спец. 05.17.09 – "Технология лаков, красок и покрытий" / Т.А. Ермилова. – М., 1991. – 24 с.
10. Дзіняк Б.О. Наукові основи і технологія коолігомерів з побічних продуктів піролізу вуглеводнів : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня д-ра техн. наук: спец. 05.17.04 – "Технологія продуктів органічного синтезу" / Б.О. Дзіняк. – Львів, 2013. – 40 с.

Дзіняк Б.О., Федотова О.Б. Получение маленизированных нефтеполимерных смол и их использование в композициях из эпоксидной смолы

Получены сополимеры (нефтеполимерные смолы) из ненасыщенных углеводородов фракции С₉ жидких побочных продуктов пиролиза дизельного топлива производства этилена, рассмотрено их модифицирование малеиновым ангидридом и использование маленизированных нефтеполимерных смол в композициях с эпоксидной смолой для антикоррозионных защитных покрытий различных поверхностей. Установлены основные закономерности инициированной пероксидами коолигомеризации ненасыщенных углеводородов фракции С₉ жидких продуктов пиролиза дизельного топлива и модифицирования полученной нефтеполимерной смолы малеиновым ангидридом. Выяснен характер влияния основных факторов (температуры, продолжительности реакции, концентрации инициатора и модифицирующей добавки) на выход и физико-химические характеристики полученных сополимеров. Установлено, что эпоксидианова смола ЭД-20 и маленизированная нефтеполимерная смола взаимодействуют между собой с образованием зшитых структур. Максимальный выход гель-фракции достигается при содержании маленизированной нефтеполимерной смолы в эпоксинефтеполимерной композиции в пределах 65-80 % масс. Показано, что термическая устойчивость эпоксинефтеполимерной композиции коррелирует с содержанием в ней зшитой структуры. Выбраны оптимальные технологические параметры процессов коолигомеризации ненасыщенных углеводородов фракции С₉, модифицирования нефтеполимерной смолы малеиновым ангидридом и получения эпоксинефтеполимерных композиций.

Ключевые слова: жидкие продукты пиролиза, фракция С₉, углеводороды, пероксид, сополимеризация, модификация, нефтеполимерная смола, эпоксидная смола, малеиновый ангидрид, эпоксинефтеполимерная композиция.

Dzinyak B.O., Fedotova O.B. The Production of Maleinized Hydrocarbon Resins and Their Application in Epoxy Resin Containing Composites

The paper is dedicated to the production of cooligomers (hydrocarbon resins) from unsaturated hydrocarbons of C₉ fraction of diesel fuel pyrolysis (ethylene production) liquid products, their modification with maleic anhydride, as well as the application of the maleinized hydrocarbon resins in epoxy resin containing composites for protective corrosion-resistant coatings for various surfaces. Principal regularities of peroxide-initiated cooligomerization of unsaturated hydrocarbons of C₉ fraction of diesel fuel pyrolysis liquid products, as well as regularities of the obtained hydrocarbon resin modification with maleic anhydride, have been ascertained. The nature of the effect of the main factors (temperature, reaction duration, concentration of an initiator and the modifying agent) on the yield and the physicochemical properties of the obtained cooligomers has been found out. Epoxy-diane resin ED-20 and the maleinized hydrocarbon resin are defined to interact with each other resulting in cross-linked structures formation. The maximum yield of gel fraction is achieved when the maleinized hydrocarbon resin content in the epoxy-hydrocarbon composite ranges from 65 to 80 % by wt. Thermal stability of the epoxy-hydrocarbon composite is shown to correlate well with the cross-linked structures content in it. The optimum technological parameters of the C₉ fraction unsaturated hydrocarbons cooligomerization, the hydrocarbon resin modification with maleic anhydride and the epoxy-hydrocarbon composites production have been chosen.

Key words: liquid pyrolysis products, C₉ fraction, hydrocarbons, peroxide, cooligomerization, modification, hydrocarbon resin, epoxy resin, maleic anhydride, epoxy-hydrocarbon composite.

УДК 536.24:533

Проф. Н.М. Фіалко¹, чл.-кор. НАН України, д-р техн. наук; вєд. науч. сотр. В.Г. Прокопов¹, д-р техн. наук, ст. науч. сотр.; вєд. науч. сотр. Ю.В. Шеренковський¹, канд. техн. наук; ст. науч. сотр. С.А. Алешко¹, канд. техн. наук; науч. сотр. Н.П. Полозенко¹; доц. Л.С. Бутовський², канд. техн. наук; ст. науч. сотр. М.З. Абдулін¹, канд. техн. наук; аспир. А.В. Клиш¹; мл. науч. сотр. В.С. Новицкий¹; мл. науч. сотр. А.А. Евтушенко¹

ЗАКОНОМЕРНОСТИ СМЕСЕОБРАЗОВАНИЯ В ЭШЕЛОНИРОВАННЫХ РЕШЕТКАХ ПЛОСКИХ СТАБИЛИЗАТОРОВ ПЛАМЕНИ

Приведены результаты математического моделирования процессов смесеобразования топлива и окислителя в микрофакельных горелочных устройствах с эшелонированным расположением стабилизаторов пламени. Для лестнично-эшелонированной решетки, состоящей из трех стабилизаторов, рассмотрены особенности полей концентраций метана в исследуемом горелочном устройстве, проанализирована их обусловленность структурой течения горючей смеси и освещена специфика данной структуры. Особое внимание уделено сравнительному анализу картины смесеобразования в зонах, которые отвечают стабилизаторам, различным образом смещенным вниз по потоку.

Ключевые слова: смесеобразование; эшелонированная решетка стабилизаторов пламени; микрофакельное горелочное устройство; математическое моделирование; поля концентраций; структуры течения; зоны обратных токов.

Введение. Рациональная организация смесеобразования в микрофакельных горелочных устройствах является, как известно, необходимым условием

¹ Институт технической теплофизики НАН Украины, г. Киев;

² Национальный технический университет Украины "КПИ", г. Киев