

ТЕХНОЛОГІЯ ПЕРЕРОБКИ НАФТИ І ГАЗУ

УДК 665.637

В.В. Криницький, О.Б. Гринишин, М.М. Братичак
Національний університет “Львівська політехніка”,
кафедра хімічної технології переробки нафти та газу

ОДЕРЖАННЯ НАФТОПОЛІМЕРНИХ СМОЛ З КАРБОКСИЛЬНИМИ ГРУПАМИ ТА ЇХ ВИКОРИСТАННЯ ДЛЯ МОДИФІКАЦІЇ НАФТОВИХ БІТУМІВ

© Криницький В.В., Гринишин О.Б., Братичак М.М., 2007

Наведено результати експериментальних досліджень основних закономірностей процесу одержання нафтополімерних смол з карбоксильними групами на основі фракції C_9 піроконденсату піролізу. Встановлено, що створені нафтополімерні смоли можна використати для модифікації нафтових бітумів.

The work deals with the experimental results concerning main regularities of the obtaining petroleum resins with carboxy end-groups. The C_9 fraction of pyrocondensate pyrolysis was the raw material. It was established that synthesized resins may be used for bitumen modification.

Постановка проблеми. Однією з найважливіших властивостей нафтових бітумів є здатність їх утримуватися на гладкій поверхні твердих матеріалів [1]. Окиснені нафтові бітуми, одержані з гудрону, не завжди володіють достатніми адгезійними властивостями. Це призводить до інтенсивного відшарування бітумної плівки від поверхні твердих матеріалів під дією води, температурних перепадів, механічних навантажень тощо. Для покращання властивостей нафтових бітумів їх модифікують різноманітними полімерними та олігомерними продуктами [1].

Одним з напрямків покращання експлуатаційних характеристик бітумів є їхня модифікація нафтополімерними смолами. На кафедрі хімічної технології переробки нафти та газу Національного університету “Львівська політехніка” розроблено метод одержання НПС, що містять функціональні групи та створено на їх основі цілу низку полімерних композиційних матеріалів [2, 3]. На особливу увагу заслуговує нафтополімерна смола з карбоксильними групами, яка могла б бути використана для модифікації нафтових бітумів. Наявність в структурі смоли карбоксильних груп дозволить, на нашу думку, покращити адгезійні властивості модифікованих бітумів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У численних наукових публікаціях [1, 4–7] описано метод модифікації нафтових бітумів різноманітними полімерними та олігомерними продуктами. Співробітниками кафедри ХТНГ Національного університету “Львівська політехніка” досліджено процес модифікації нафтових бітумів, одержаних на нафтопереробних заводах України, нафтополімерними смолами [8, 9]. У цих роботах встановлено можливість модифікації бітумів НПС внаслідок введення НПС у сировину (гудрон) для процесу окиснення, а також введення НПС у готовий бітум. Для модифікації використовували промислову нафтополімерну смолу “Піропласт-2”. Недоліком цього модифікатора є те, що він не містить функціональних груп. Тому необхідно створити нові нафтополімерні смоли з функціональними групами, які могли б бути використані як високоефективні модифікатори нафтових бітумів.

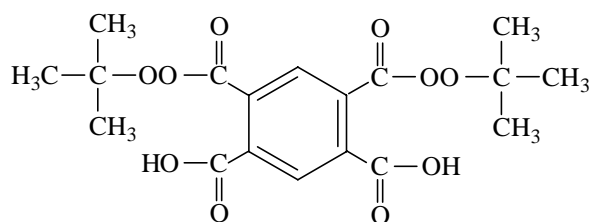
Мета роботи – розробити методику та створити нафтополімерні смоли з карбоксильними групами на основі вуглеводневої фракції C_9 піроконденсату піролізу нафтової сировини. Запро-

понувати хімізм процесу одержання смол та вивчити процес модифікації окиснених нафтових бітумів синтезованими нафтополімерними смолами з карбоксильними групами.

Обговорення результатів. Можливість отримання олігомерів з кінцевими карбоксильними групами (НПСК) вивчали ініційованою коолігомеризацією ненасичених вуглеводнів, які входять до складу фракції С₉ у присутності функціонального пероксиду. Метою роботи було вивчення впливу технологічних чинників на процес одержання НПСК.

Як вихідну С₉ фракцію використовували рідкий продукт, що одержують при піролізі дизельного палива на АТ “Лукур” (м. Калуш, Івано-Франківської обл.), при одержанні з нього етилену. Характеристика такої фракції описана в роботі [2].

Ініціатором процесу коолігомеризації фракції С₉ слугував пероксид з кінцевими карбоксильними групами (ППМ), формули:



Дослідження проводили в температурних межах 393–413 К, при кількості ініціатора ППМ в реакційній суміші 0,25–5,00 % мас. Тривалість процесу 5–50 год.

При проведенні реакції коолігомеризації за різних умов (температури, кількості ініціатора та тривалості процесу) (табл. 1; 2), одержують функціональний олігомери, які мають різні характеристики. Основними показниками, що характеризують НПСК є: молекулярна маса (M_n); бромне число (Бр.Ч.), що відповідає ненасиченості смоли; та кислотне число (К.Ч.), яке характеризує вміст карбоксильних груп у молекулі коолігомеру.

Таблиця 1

Вплив вмісту ініціатора на вихід та основні показники НПСК

| С _{ін.} % мас. | Т, К | Вихід % мас. | M _n | К.Ч. мг КОН/г | Бр.Ч. г.Вг ₂ /100г | f |
|----------------------------|------|-----------------|----------------|------------------|----------------------------------|------|
| 0,5 | 393 | 13,3 | 1390 | 34,8 | 31,5 | 0,86 |
| 1,0 | | 13,9 | 1370 | 39,5 | 28,1 | 0,97 |
| 2,5 | | 14,7 | 1320 | 51,9 | 23,8 | 1,22 |
| 5,0 | | 16,6 | 1260 | 68,2 | 17,3 | 1,53 |
| 7,5 | | 17,4 | 1180 | 84,5 | 13,2 | 1,78 |
| 0,5 | 403 | 14,7 | 1270 | 44,5 | 27,1 | 1,01 |
| 1,0 | | 15,2 | 1250 | 47,9 | 24,0 | 1,07 |
| 2,5 | | 16,5 | 1180 | 60,2 | 18,8 | 1,27 |
| 5,0 | | 18,1 | 1080 | 78,4 | 14,2 | 1,51 |
| 7,5 | | 18,8 | 1030 | 97,1 | 11,3 | 1,79 |
| 0,5 | 413 | 16,1 | 1130 | 56,0 | 21,7 | 1,13 |
| 1,0 | | 16,7 | 1100 | 62,3 | 19,0 | 1,22 |
| 2,5 | | 17,7 | 1060 | 73,4 | 16,4 | 1,39 |
| 5,0 | | 19,2 | 990 | 94,8 | 11,9 | 1,67 |
| 7,5 | | 20,2 | 920 | 111,9 | 9,2 | 1,84 |

Примітка. Тривалість синтезу – 50 год.

Дослідження впливу вмісту ініціатора на вихід і основні показники НПСК проводили за методикою роботи [2]. З табл. 1 видно, що при збільшенні вмісту ініціатора ППМ зростає вихід та

кислотне число НПСК, а молекулярна маса зменшується. Це, очевидно, є результатом утворення молекул менших розмірів, але із більшою кількістю карбоксильних груп. Про це свідчить також зростання функціональності (f) НПСК. Бромне число НПСК, що характеризує вміст ненасичених зв'язків, зменшується у разі збільшення кількості ініціатора у реакційній суміші.

З підвищенням температури процесу олігомеризації (табл. 1) вихід НПСК зростає. При тому зменшується молекулярна маса та збільшується кислотне число олігомерів i , як наслідок, підвищується функціональність НПСК. Ненасиченість НПСК з підвищенням температури зменшується, про що свідчить зменшення бромного числа НПСК.

Як показали результати досліджень (табл. 2), у разі збільшення тривалості синтезу вихід НПСК зростає, при цьому збільшується також молекулярна маса та бромне число олігомерів, а кислотне число при цьому зменшується. Як наслідок цього функційність НПСК зменшується в часі.

Проведені дослідження (табл. 1; 2) дозволили запропонувати найоптимальніші умови одержання НПСК. Ними є: температура процесу – 393 К, тривалість – 50 год., вміст ППМ – 2,5 % мас. на сировину. НПСК одержували у скляній ампулі. Після закінчення процесу смолу очищали внаслідок переосадження її петролейним етером. Синтезована з виходом 20,2 % мас. на сировину НПСК характеризувалась $M_n=1320$, Бр.Ч.=23,8 г.Br₂/100г., К.Ч.=51,9 мг.КОН/100г., та функційністю 1,22.

Таблиця 2

Вплив тривалості синтезу на вихід та основні показники НПСК

| C_{in} , % мас. | Т,К | Вихід % мас. | M_n | К.Ч. мг КОН/г | Бр.Ч. г.Br ₂ /100г | f |
|----------------------|-----|-----------------|-------|------------------|----------------------------------|------|
| 5 | 393 | 9,4 | 1030 | 127,6 | 5,7 | 2,35 |
| 10 | | 11,5 | 1100 | 118,6 | 6,6 | 2,33 |
| 20 | | 14,2 | 1150 | 104,9 | 8,1 | 2,15 |
| 30 | | 15,7 | 1210 | 88,2 | 12,1 | 1,19 |
| 40 | | 16,3 | 1230 | 75,5 | 14,5 | 1,66 |
| 50 | | 16,6 | 1260 | 68,2 | 17,3 | 1,53 |
| 5 | 403 | 10,9 | 870 | 139,2 | 3,8 | 2,17 |
| 10 | | 13,1 | 930 | 130,9 | 4,9 | 2,17 |
| 20 | | 15,3 | 990 | 118,0 | 7,0 | 2,09 |
| 30 | | 16,5 | 1060 | 104,0 | 8,6 | 1,97 |
| 40 | | 17,4 | 1070 | 90,2 | 12,2 | 1,72 |
| 50 | | 18,1 | 1080 | 78,4 | 11,9 | 1,51 |
| 5 | 413 | 12,3 | 770 | 153,8 | 2,1 | 2,12 |
| 10 | | 14,6 | 810 | 145,7 | 3,9 | 2,11 |
| 20 | | 17,0 | 890 | 132,9 | 5,8 | 2,10 |
| 30 | | 18,3 | 920 | 114,0 | 7,1 | 1,92 |
| 40 | | 18,9 | 970 | 105,3 | 8,3 | 1,82 |
| 50 | | 19,2 | 990 | 94,8 | 9,4 | 1,67 |

Примітка. $C_{in}=5,0$ % мас. на сировину

НПСК являє собою тверду речовину світло-коричневого кольору, розчинну в ароматичних розчинниках, диоксані, чотирихлористому вуглецю тощо. Вона може знайти застосування як активний компонент різноманітних полімерних композицій (захисні антикорозійні покриття, клейові композиції тощо). Крім цього НПСК можна використовувати як компонент бітумних композицій.

Аналізуючи вихід НПСК, який становить 20,2 % мас. на сировину, можна констатувати, що не всі ненасичені сполуки (стирол – (16,93 % мас.), вінілтолуоли – (9,13 % мас.), дициклопентадієн (ДЦПД) – (17,78 % мас.), інден – (3,51 % мас.), що містяться в вихідній фракції, і вміст яких досягає у такій фракції до (40,35 % мас.) (див. роботу [2]) вступають за цих умов у реакцію кополімеризації.

З метою в'яснення хімізму процесу кополімеризації ненасичених сполук, які містяться у фракції С₉, були вивчені модельні суміші. Для цього вивчали можливість полімеризації окремих мономерів у середовищі інертного розчинника. Під час досліджень вивчали поведінку стиролу та ДЦПД в середовищі ксилолу, нонану, декану. (табл. 3–5).

Таблиця 3

Вплив тривалості олігомеризації на вихід та основні показники олігомеру стиролу

| Тривалість, год. | Вихід, % мас. на суміш | Вихід на стирол, % | M _n | К.Ч. мг КОН/г | f |
|------------------|------------------------|--------------------|----------------|---------------|------|
| 5 | 15,2 | 76,0 | 1650 | 59,6 | 1,76 |
| 10 | 15,6 | 78,0 | 2100 | 46,1 | 1,73 |
| 15 | 16,0 | 80,0 | 2750 | 34,9 | 1,71 |
| 20 | 16,3 | 81,5 | 3080 | 27,8 | 1,53 |
| 25 | 16,5 | 82,5 | 3640 | 20,4 | 1,33 |
| 50 | 17,3 | 86,5 | 5560 | 11,2 | 1,11 |

Примітка. Температура реакції 403 К, кількість ініціатора 2,5 % мас. на витрату сировини. Розчинник – ксилол.

Таблиця 4

Вплив вмісту ініціатора на вихід та основні показники олігомеру стиролу

| C _{ін.} % мас. | розчинник | Вихід, % мас. на суміш | Вихід на стирол, % | M _n | К.Ч. мг КОН/г | f |
|-------------------------|-----------|------------------------|--------------------|----------------|---------------|------|
| 1 | ксилол | 14,7 | 73,5 | 2550 | 23,7 | 1,08 |
| 2,5 | | 15,2 | 78,0 | 2100 | 46,1 | 1,73 |
| 5 | | 16,8 | 84,0 | 1610 | 71,4 | 2,05 |
| 1 | нонан | 14,0 | 70,0 | 2630 | 27,4 | 1,28 |
| 2,5 | | 14,9 | 74,7 | 2170 | 49,1 | 1,90 |
| 5 | | 16,3 | 81,5 | 1660 | 75,2 | 2,23 |

* Т-ра – 403 К, тривалість – 5 год.,

Таблиця 5

Вплив кількості ініціатора на вихід та основні показники олігомеру ДЦПД

| C _{ін.} % мас. | Вихід % на сир. | Конверсія ДЦПД, % | M _n | К.Ч. мг КОН/г |
|-------------------------|-----------------|-------------------|----------------|---------------|
| 1,0 | 1,0 | не перевищує 5% | 1960 | 188,5 |
| 2,5 | 1,9 | | 1920 | 208,6 |
| 5,0 | 3,4 | | 1880 | 229,3 |
| 7,5 | 5,3 | | 1830 | 255,2 |

* ДЦПД – 20 % мас., декан – 80 % мас., Т-ра – 403 К, тривалість – 50 год.

Як видно із табл. 3 при полімеризації модельної суміші, що містять 20 % мас. стиролу та 80 % мас. розчинника ксилолу вже за 5–10 год. вихід олігомеру становить 76–78 % мас. на сировину, з функційністю 1,76. Причому збільшення тривалості реакції призводить до різкого зменшення кислотного числа. Це вказує на те, що у разі тільки стиролу не доцільно здійснювати процес більше ніж 10 год.

Під час вивчення впливу кількості ініціатора на вихід та характеристику олігомеру на основі стиролу (табл. 4) встановлено, що враховуючи характеристики НПСК, оптимальною кількістю ППМ є 2,5% мас. Всі характеристики, що характерні для фракції С₉ характерні і для стиролу, відмінністю є тільки висока конверсія стиролу та більша молекулярна маса одержаних олігомерів, отриманих на модельній суміші.

Аналогічні дослідження проводили для іншого мономера – ДЦПД, для цього було створено модельну суміш ДЦПД – 20 % мас., декан – 80 % мас. Процес ініційованої олігомеризації проведений в інтервалі температур 393–413 К впродовж 5–50 год., у присутності 1–7,5 % мас. ініціатора ПММ, дав змогу встановити (табл. 5, 6), що конверсія ДЦПД не перевищує 5 % мас. Це вказує на те, що в запропонованих умовах синтезу (393–413 К). ДЦПД проявляє низьку реакційну здатність і тому є небажаним компонентом вихідної фракції С₉. З цього можна зробити висновок, що у реакцію коолігомеризації з ненасичених сполук фракції С₉ вступають (стирол, вініл толуоли, інден, та невелика кількість ДЦПД).

Таблиця 6

Вплив тривалості синтезу на вихід та основні показники олігомеру ДЦПД

| τ, год. | Вихід % на сир. | Конверсія ДЦПД, % | M _n | К.Ч. мг КОН/г |
|---------|--------------------|----------------------|----------------|------------------|
| 5 | 1,4 | не перевищує 5 % | 1120 | 268,4 |
| 10 | 2,3 | | 1230 | 261,1 |
| 20 | 2,8 | | 1410 | 254,6 |
| 30 | 3,0 | | 1630 | 243,8 |
| 50 | 3,4 | | 1880 | 229,3 |

* ДЦПД – 20 % мас., декан – 80 % мас., Т-ра – 403 К, С_{ін} = 5,0 % мас.

Таблиця 7

Вплив кількості НПС на якісні показники будівельного бітуму з АТ “НПК-Галичина”

| Показник | Кількість НПС у композиції, % мас. | | | | | |
|--|------------------------------------|------|------|------|------|------|
| | 0 | 1 | 3 | 5 | 7 | 10 |
| НПС з карбоксильними групами | | | | | | |
| Температура розм'якшення за «кільцем та кулею», °С | 72 | 73 | 73 | 74 | 75 | 75 |
| Дуктильність при 25°С, см | 3 | 4 | 4 | 3 | 3 | 1 |
| Пенетрація при 25°С, 0,1 мм | 15 | 13 | 11 | 8 | 5 | 3 |
| Зчеплення із склом, % | 81,9 | 89,2 | 97,7 | 99,3 | 99,5 | 99,6 |
| Кислотне число, мг КОН/г | 0,8 | 3,8 | 5,4 | 6,4 | 7,1 | 9,7 |
| НПС Піропласт-2 | | | | | | |
| Температура розм'якшення за «кільцем та кулею», °С | 72 | 74 | 74 | 75 | 75 | 75 |
| Дуктильність при 25°С, см | 3 | 4 | 4 | 4 | 2 | 1 |
| Пенетрація при 25°С, 0,1 мм | 15 | 13 | 9 | 7 | 6 | 4 |
| Зчеплення із склом, % | 81,9 | 83,2 | 85,5 | 87,1 | 89,7 | 89,9 |

Синтезовані нафтополімерні смоли з карбоксильними групами використовували для модифікації нафтових бітумів. Модифікацію окиснених нафтових бітумів нафтополімерними смолами з карбоксильними групами проводили внаслідок введення НПСК у готовий бітум.

Приготування бітумно-полімерних композицій проводили внаслідок змішування компонентів на лабораторній установці, що складається з електронагрівача, металевої ємності з перемішувальним пристроєм і термометром. Для приготування бітумно-полімерних композицій попередньо зважені зразки бітуму завантажували у металеву ємність і розігрівали до 383 К, при постійному перемішуванні, при досягненні цієї температури додавали необхідну кількість НПС. Перемішували до повної гомогенізації композиції при 393 К (температура повинна бути більшою, ніж температура плавлення НПСК).

Раніше було встановлено [9], що існує пряма залежність між кислотним числом модифікованих бітумів та їх здатністю утримуватися на поверхнях. Тому введення у бітумно-полімерну композицію НПСК дозволить одержати продукт з таким набором властивостей, що за якістю перевищує звичайні бітуми, отримані внаслідок окиснення.

Для приготування бітумно-полімерних композицій використовували товарний окиснений бітум, одержаний на АТ “НПК-Галичина” (м. Дрогобич, Львівської обл.).

Для модифікації використовували нафтополімерну смолу з карбоксильними групами та для порівняння промислово нафтополімерну смолу Піропласт-2.

Встановлено (табл. 4), що здатність утримуватися на твердій гладкій поверхні у разі збільшення кількості НПС в суміші підвищується, що у випадку з використанням карбоксильмісної НПС корелюється з підвищенням кислотного числа композицій. Наявність у структурі нафтополімерної смоли карбоксильних груп дозволяє значно підвищити кислотне число композицій, а значить покращує їх адгезійні характеристики – показник “зчеплення із склом” зростає від 81,9 % до 99,6 %.

Оптимальна кількість НПС у бітумно-полімерній композиції становить 5 % мас., оскільки при вищому вмісті цього функціонального олігомеру адгезія посилюється незначно.

З результатів, наведених в табл. 7, бачимо, що серед вивчених типів НПС найефективнішим модифікуючим агентом для нафтових бітумів є НПС з карбоксильними групами. Саме в присутності цього функціонального олігомеру спостерігається найбільший приріст показника “зчеплення з склом”.

Висновки. Розроблений метод одержання олігомерів з карбоксильними групами (НПСК) на основі фракції С₉ піроконденсату піролізу вуглеводневої сировини в присутності пероксидного ініціатора дитретбутиддиперпіромеллітату (ППМ). Показано, що оптимальними умовами їх синтезу є вміст ініціатора 2,5 % мас. на сировину, температура 393 К та тривалість синтезу – 50 год.

Під час вивчення процесу кополімеризації модельних сумішей “стирол-розчинник” та “дициклопентадієн-розчинник” у присутності ППМ показано, що стирол активно бере участь у процесі полімеризації (конверсія 80–85 %). Дициклопентадієн в інтервалі температур 383–403 К практично не полімеризується (конверсія не перевищує 5 %) і є небажаним компонентом сировини для одержання функціональних олігомерів.

Розроблено метод одержання бітумно-полімерних композицій на основі товарних нафтових бітумів та функціональних олігомерів. Встановлено, що наявність в структурі нафтополімерної смоли карбоксильних груп покращує їх адгезійні характеристики.

1. *Варшавер Е.М., Думский Ю.В., Козодой Л.В. // Пластификаторы и воски. – М.: ЦНИИТЭнефтехим, 1978. – С. 106–111* 2. *Братичак М.М, М.Б. Гагін, Гринишин О.Б., // Нафтова і газова промисловість. – 2002. – №3. – С. 55–56.* 3. *Taras Chervinsky, Michael Bratychak, Myroslawa Gagin, Witold Waclawek // Chemia inzynieria ekologiczna. – Т. 11. – Nr S1 –2004.– Str.1225–1231.* 4. *Рябов В.Г., Нечаев А.Н. // Нефтепереработка и нефтехимия.– 2003.– №3.– С. 18–21.* 5. *Бембель В.М., Леоненко В.В. // Нефтепереработка и нефтехимия. – 1999. – №2. – С. 18–20.* 6. *Пустынников А.Ю.,*

Рябов В.Г., Туманян Б.П. и др. // *Химия и технология топлив и масел.* – 2001. – №3. – С. 16–17. 7. Хакимуллин Ю.Н., Кимельблат В.И., Чеботарева И.Г. и др. // *Мех. композит. матер.* – 2000. – 36. – №5. – С. 691-700. 8. Криницький В.В., Гринишин О.Б., Братичак М.М. // *Вісник Нац. ун-ту “Львівська політехніка”.* – №553. – 2006. – С.318–320. 9. Гринишин О.Б., Братичак М.М. Криницький В.В. // *Нафтова і газова промисловість.* – 2007. – №1. – С. 46–47.

УДК 678.643

Т.І. Червінський, М.М. Братичак

Національний університет “Львівська політехніка”,
кафедра хімічної технології переробки нафти та газу

ОДЕРЖАННЯ ПЕРОКСИДНОЇ ПОХІДНОЇ ДІАНОВОЇ ЕПОКСИДНОЇ СМОЛИ ЕД-20 У СЕРЕДОВИЩІ ТОЛУЕНУ

© Червінський Т.І., Братичак М.М., 2007

Показано можливість одержання пероксидної похідної на основі діанової епоксидної смоли ЕД-20 та гідропероксиду трет-бутилу в середовищі толуену у присутності каталітичної суміші, що складається з 18-краун-6 та хлориду цинку. Вивчено вплив температури й тривалості процесу на основні показники одержаного продукту.

The obtaining of peroxy derivative based on ED-20 dianic epoxy resin and tert-butyl hydroperoxide in the medium of toluene in the presence of catalytic system consisting of 18-Crown-6 and zinc chloride has been fulfilled. The effect of temperature and process time on the main characteristics of synthesized product has been examined.

Постановка проблеми. Розширення сфери застосування полімерних матеріалів у різних галузях народного господарства, а також підвищення вимог, які ставляться до експлуатаційних характеристик виробів на їх основі, вимагає створення нових полімерів, а також покращання властивостей вже існуючих. Тому важливим є одержання полімерів, які б за певних температурних умов давали можливість створювати різні продукти із задовільними експлуатаційними характеристиками. Цього можна досягнути у разі поєднання властивостей різних за природою полімерів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Раніше було показано [1–3], що хімічну модифікацію епоксидних смол гідропероксидами можна проводити в присутності неорганічної основи [1, 2], кислот Льюїса [3], четвертинних солей амонію [4] та краун-етерів [5]. Синтез пероксидних олігомерів у присутності луку потребує, по-перше, значної кількості самого луку [1, 2], а по-друге, у такому разі не відбувається повна заміна епоксидних груп на -О-О- зв'язки. Крім цього, здійснюючи хімічну модифікацію епоксидних смол при 323 К і вище в присутності неорганічних основ, можна спостерігати розклад пероксидних груп, що призводить до їх зменшення у цільовому продукті. Використання кислот Льюїса [3] для процесу модифікації епоксидних смол гідропероксидами призводить до повної заміни епоксидних груп на пероксидні. Водночас при цьому можуть виникати побічні реакції, переважно – полімеризація смол за епоксидними групами [3]. Синтез пероксидних похідних епоксидних смол у присутності четвертинних солей амонію є тривалим (16–24 год.) [4] й при цьому також не спостерігається повної заміни епоксидних груп на -О-О- зв'язки. Однак, використання краун-етерів у поєднанні з неорганічними солями в середовищі органічних розчинників (2-пропанол, 1,4-діоксан, ацетон) дає можливість регулювання процесу заміни епоксидних груп на пероксидні [5]. Незважаючи на позитивне процесу, проведення реакції у середовищі розчинного у воді розчинника, яким є 2-пропанол, 1,4-діоксан та ацетон, такий процес має низку недоліків. Головним недоліком є трудність виділення цільового продукту з реакційного