

УДК 621.892.094:621.892.099.6

## МАСТИЛЬНІ МАТЕРІАЛИ З ТЕХНІЧНИХ ОЛІЙ: ТЕХНОЛОГІЧНІ І ТРИБОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ

*В. І. Кириченко*<sup>1</sup>, д-р техн. наук; *Л. М. Кириченко*<sup>1</sup>,  
*С. В. Бойченко*<sup>2</sup>, д-р техн. наук; *К. В. Бондаренко*<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Хмельницький національний університет (ХНУ)

<sup>2</sup>Національний авіаційний університет

chemmotology@ukr.net

*Розглянуто проблему комплексного перероблення технічних олій на базові мастильні матеріали нового типу — біосинтетичні, зокрема: біооливи, поліфункціональні біо-оливи-присадки, технічні рідини, біо-мономерні тощо. Висвітлено трибологічні та трибохімічні аспекти їх раціонального та ефективного використання в галузі, а також функціональні характеристики деяких біосинтетичних матеріалів та мастильних композицій на їх основі.*

**Ключові слова:** технічні олії, біо-оливи, біо-оливи-присадки, трибологія, трибохімія, функціональні характеристики, композиції.

*The problems of comprehensive processing of technical vegetable oils into base oils for production of lubricating materials for bio-oils, polyfunctional bio-oils-additives, technical liquids, biomonomers, etc. are considered. Tribological and tribochemical aspects of their rational and efficient use in the branch are stated. The functional characteristics of some biosynthetic materials as well as of lubricating materials on their basis are given.*

**Keywords:** technical vegetable oils, bio-oils, bio-oils-additives, tribology, tribochemistry, functional characteristics, compositions.

### Постановка проблеми

Інтенсивний науково-технічний прогрес упродовж останніх 50-ти років розвитку економіки виокремив цілий комплекс проблем, зокрема екологічної безпеки, енерго- і ресурсозбереження, оновлення матеріалів різних галузей економіки, але, в першу чергу, паливно-мастильних матеріалів (ПММ). Науково-технічний досвід (переважно зарубіжний) розв'язання цих глобальних проблем переконливо доводить, що науково-технічний пошук науковців слід зосередити на ефективному з техніко-економічного погляду напряму комплексного перероблення технічних олій (ТО) як ресурсно потужної, поновлювальної сировини на якісні базові матеріали нового типу, так звані біосинтетичні.

Отже, розроблення техногенно безпечних і високоефективних технологій перероблення таких ТО, як ріпакова та соєва генетично модифікована (соєва-гл/) на біосинтетичні матеріали тісно пов'язане із загальновідомою проблемою розвитку інноваційного оновлення традиційного і консервативного, в цілому, за техніко-економічними показниками матеріалознавства багатьох галузей економіки, але в першу чергу, галузі ПММ [1; 2; 3; 4; 5; 6].

### Стан дослідженості проблеми

Відомо, що вже самі сировинні ТО виявляють у цілому умовно-змащувальні властивості.

Мова йде про провідні із них, зокрема про кращі антифрикційні та задовільні в'язкісно-температурні властивості, які є сприятливими при використанні їх у вузлах тертя машин і механізмів. Отже, ці ТО розглядаються фахівцями як продукти найбільш споріднені з традиційними мастильними матеріалами (ММ). Проте, з погляду триботехнічних вимог до функціональних властивостей ММ, у цілому, олії характеризуються суттєвими недоліками, зумовленими специфікою молекулярної структури, олій за такими структурними елементами недосконалості молекул триацилгліцеринів, як гліцерінова та ацильні їх складники (рис. 1) [9; 10; 13; 14]. Саме тому актуальним завданням є пошук простих та ефективних методів цілеспрямованого модифікування структури олій та розроблення на цій основі інноваційних технологій одержання нових базових ПММ з визначеними властивостями.

Аналіз досить широкого інформаційного середовища (в основному зарубіжного) як носія накопиченого досвіду дослідження проблеми «олії — мастильні матеріали» показує, що це завдання набуває особливої гостроти в контексті своєї поліфункціональності, а саме: ресурсо- й енергозбереження, екобезпеки, розширення асортименту базових матеріалів та підвищення їх експлуатаційних показників до рівня кращих синтетичних олій.

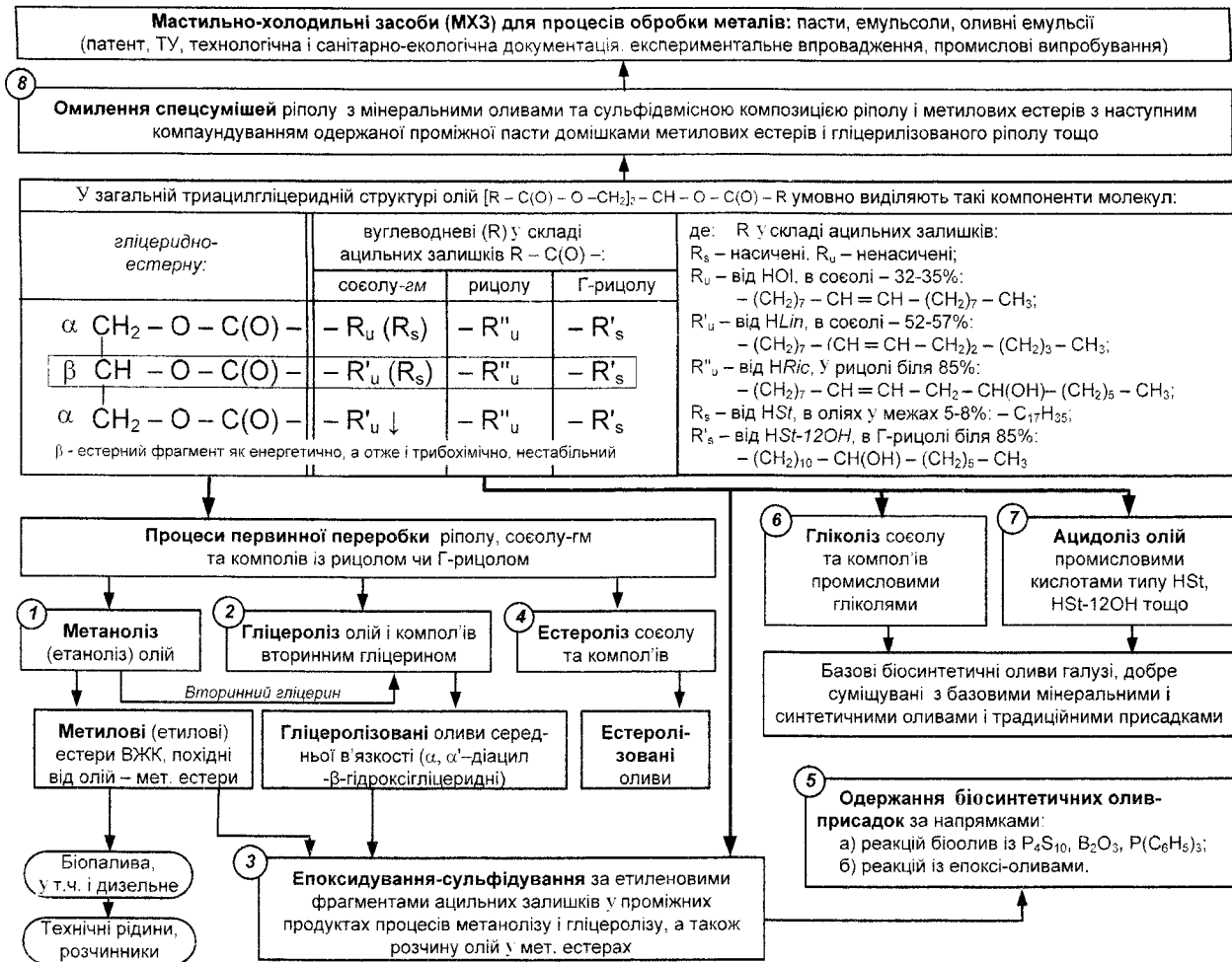


Рис. 1. Структурно-логічна схема найбільш доцільних хіміко-технологічних методів модифікування структури технічних олій з одержанням нових біосинтетичних продуктів широкого асортименту і призначення

Важливим напрямком покращення якості ММ є досягнення належного рівня трибохімічної активності базових олив, яка сприяє утворенню стійких до жорстких експлуатаційних умов змащувальних плівок між контактуючими поверхнями вузлів гертя [1; 2; 4; 6; 7; 8].

Україна є одним із провідних виробників олій взагалі і таких технічних як ріпакова (скорочено «ріпол») та соєва генетично модифікована (соєол-гл/). Проте майже 85 % їх обсягу експортується.

Очевидно, що більш доцільним напрямком використання ТО є їх перероблення на біосинтетичні матеріали визначених властивостей та різногалузевих призначень. Очевидно, що ефективність та інноваційна результативність вирішення хоча б окремих питань даної проблеми цілком визначаються низкою якісних критеріїв, зокрема: професійною підготовленістю та досвідом науковців, рівнем системності, масштабності та інтенсивності досліджень, які, у свою чергу, зале-

жать від належного їх забезпечення науковими кадрами, матеріально-технічними та фінансовими ресурсами. Саме з огляду на досить несприятливі умови наукової роботи дослідників і зокрема неналежне забезпечення лабораторій, в Україні, з її значним ресурсним потенціалом виробництва технічних олій дотепер системних і масштабних досліджень усього комплексу питань даної проблеми не проводиться. Проте всупереч несприятливим умовам на сьогодні відомі конкретні і досить вагомі результати досліджень окремих науковців-одинаків [8; 9; 10; 11; 12], які, спираючись лише на власні науково-технічні інтелект, потенціал та творчу ініціативу, досягли певних успіхів на рівні інноваційних розробок, зокрема: концепцій і напрямів досліджень, окремих методів і технологій перероблення олій на матеріали нового покоління тощо.

Не сприяє ефективності й результативності досліджень і той факт, що лише 2-3 досвідчених науковців розробляють майже весь комплекс пи-

тань даної проблеми, зокрема: не лише методи і технології перероблення олій на нові базові мастильні (та інші) матеріали, а й теоретичні і прикладні основи хімотології, питання раціонального їх використання, трибохімічні механізми та практичні задачі тертя і зношування змащених вузлів тертя.

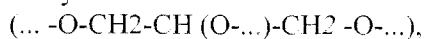
Очевидно, що з метою підвищення ефективності розв'язання даної проблеми, необхідно впроваджувати принципи науково-технічного розділення праці науковців на засадах одночасного збільшення фінансування та розширення масштабів дослідження. Ознайомлення з інформаційним середовищем досліджень у розв'язанні даної проблеми за кордоном (а це розробки, виконані на замовлення таких відомих у галузі ПММ міжнародних корпорацій, як *Lubrizol, Shell, Chevron, Mobil* та інших) переконливо свідчить про масштабність науково-технічного інтересу до неї, належну оцінку її прикладного значення, а також і про певну результативність досліджень [3; 5; 6; 9; 10; 11; 12; 13; 14].

#### Основний матеріал дослідження

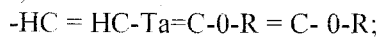
Причини недосконалості молекулярних структур олій (ТО) з погляду трибологічних і трибохімічних підходів до мастильних матеріалів слід розглядати як такі, що зумовлені високою і функціонально небажаною реакційною здатністю молекул олій за енергетично жорстких умов експлуатації змащених ними вузлів тертя.

У цьому контексті у формулах недосконалих молекул олій можна умовно виділяти такі два структурні фрагменти підвищеної реакційної здатності:

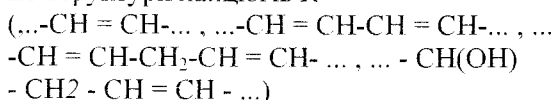
а) вторинний С — атом гліцерінової компоненти молекул



точніше, енергетично слабкі хімічні зв'язки навколо нього, а саме:



б) ацильні залишки гліцеридів олій  $\text{R}-\text{C}(\text{O})-$ , які характеризуються досить високою ненасиченістю структури ланцюгів R

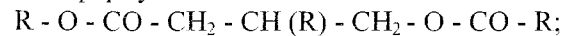


і тому легко вступають в хімічні взаємодії (в тому числі і небажані) [5; 6; 8; 9].

Таке мотивування необхідності цілеспрямованого модифікування структури олій підтверджується перевіреною практикою одержання і використання якісних за експлуатаційними показниками синтетичних олів, зокрема таких важливих типів як:

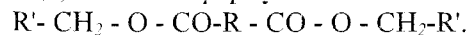
а) поліалкіленгліколів (ПАГ, рис. 3)  $\text{HO} - (\text{CH}_2 - \text{CH}(\text{R}) - \text{O})_n - \text{H}$ ; б) поліалкіленоксидів

(ПАО, рис. 3)  $\dots [-\text{O} - \text{CH}(\text{R}) - \text{CH}_2]_n \dots$ , де n — ступінь олігомеризації (полімеризації); в) естерів двоатомних спиртів (наприклад, неопентилгліколю, триметилпропана, пентаерітри та тощо) і ВЖК  $\text{R} - \text{COOH}$  (де R — від П-С9 -m-Cig) загальної формули:



г) дієстерів двоосновних кислот

$\text{OH} - \text{CO} - \text{R} - \text{CO} - \text{OH}$  (наприклад, адипінової, себацінової,  $\text{R} = \text{C}_6^h-\text{C}_8$ ) і одноатомних спиртів  $\text{R}'-\text{CH}_2-\text{OH}$  типу 2-метил-гексанола, ізопентанола тощо, загальної формули:



Як видно, для їх одержання використовують одно- чи поліатомні спирти з положенням OH-груп лише при первинних С атомах [1; 2; 3; 4; 5].

Провідною концепцією даного дослідження є розроблення системи методів і технологій комплексного хімічного модифікування триацилгліцеринної структури ТО з метою створення більш досконалих з погляду трибохімічних та експлуатаційних вимог біосинтетичних продуктів, в молекулярних структурах яких поєднується вихідне біологічне і набуте в процесі модифікації синтетичне начало, отже досягається оптимальність заданого фактора «будова — функціональні властивості».

Саме оптимальність цього фактора дозволяє досягти необхідної поверхневої активності біоолив (яка оцінюється досить високими значеннями їх дипольного моменту ( $\mu$ ) та діелектричної проникності ( $\epsilon$ ) в процесах ефективної хемосорбції на контактуючих поверхнях вузлів тертя з утворенням на них межових змащувальних плівок необхідної товщини ( $h$ , мм), які забезпечують трибохімічно сприятливі умови припрацювання цих поверхонь [1; 5; 6; 10; 13; 14].

Крім того, активовані молекули нових біоматеріалів підвищують здатність до хімічних реакцій в енергетично активованому олівному шарі межової плівки вузлів тертя, зокрема до реакцій олігомеризації, конденсації, комплексоутворення тощо.

Причому, слід припустити, що енергетично слабкіша за умов тертя хемосорбція створює передумови для формування межової змащувальної плівки досить помірної стабільності за помірно навантажених умов тертя.

На противагу хемосорбційним процесам, хімічні реакції в середовищі вже утвореної в період припрацювання поверхонь тертя плівки можливі лише за більш жорстких умов тертя.

За таких умов хімічні взаємодії сприяють утворенню стійких до високих навантажень і температур плівок певної товщини, зокрема таких, як сервовітна, трибополімерна тощо.



Рис. 2. Структурно-системна модель проекту комплексного перероблення технічних олій (ріпакової — ріполу, соєвої — соєолу чи рицинової — рицолу) на паливно-мастильні біоматеріали

Саме енергетично стійкі плівки можуть забезпечувати перехід від межового змащування до більш ефективного і надійного в експлуатації еластогідродинамічного режиму змащування вузлів тертя і трансмісій.

Очевидно, що для досягнення трибохімічної активності молекул біоолив, утворених у процесах перероблення ТО, важливо враховувати наявність у структурі вихідних олій певних хімічно активних центрів, які відрізняють різні за будовою олії: помірно активний ріпол (з ацилами від НОІ ~ 60 %); більш активний соєол — НRіс (з ацилами від НLіп — 57 %); високої хімічної активності рицол із значним вмістом ацилів від рицинолевої кислоти НRіс ~ 85 %) [1; 6; 8; 9].

Серед низки розроблених нами методів і технологічних процесів (див. рис. 1, п. 1–8) заслуговують особливої уваги процеси первинного перероблення олій, а саме: метаноліз, гліцероліз, гліколіз та трансестерифікація олій, які дають змогу одержувати цілу низку поліфункціональних проміжних і цільових біопродуктів галузей мастильних та полімерних матеріалів, а також їх

оптимізованих композицій. Зокрема одержані в процесі метанолізу олій метилові естери вищих жирних кислот (ВЖК), похідних від відповідних олій з умовними назвами «мерол» і «месол», можна використовувати як: а) біопалива (дизельного та котельного), які добре суміщуються із мінеральними паливами, а також технічні рідини і розчинники; б) проміжні біопродукти для подальшого перероблення в різних галузях промисловості.

Серед низки запропонованих нами принципово нових методів цілеспрямованого перероблення ТО та розроблених на їх основі технологічних основ слід виділити найважливіші [8; 9; 10; 13; 14].

1. Амідкування метилових естерів (R, R', R" — C(O) - O - CH<sub>3</sub>) моно- чи (i) діетаноламинами з одержанням біоолив типу моно- чи (i) діетаноламідів ВЖК, похідних від ацильних залишків олій загальних формул R, R', R" C - (O) - NH - C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>OH чи (i) R-4C(O)N-(C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>OH)<sub>г</sub>.

Наступним етапом перероблення цих продуктів може бути їх оксіетилування оксидом етилену з виділенням оксіетильованих олигомерів за-

гальної формули:  $R, R', i C(O)NH-C_2H_4-O-(CH_2-CH_2O)_pH$  (де  $p$  — 8-12) як потенційних нейонно-генних поверхнево-активних речовин (ПАР), які можна використовувати як миючі засоби, загущувачі, антикорозійні присадки тощо.

2. Метод і процес сульфатування з допомогою  $SO_3$  з метою одержання натрієвих солей  $\alpha$ -сульфонатних метилових естерів як аніоноактивних ПАР.

3. Метод і процес сульфидування як власне метилових естерів (наприклад меролу, месолу), так і розчинів ріполу чи соеолу-гм у таких естерах (олія: естер = 1:1). При цьому одержують сульфидовані композиції олів з регульованими як вмістом сульфідних груп, так і їх в'язкостей, наприклад, мерсол-пS, ріпсол-мерсол-пS ( $p$  — вміст S, % мас.), які використовують як протизношувальні присадки до будь-яких мастильних композицій, загущувачі тощо.

4. Метод і процес оксидування (розчини  $KMnO_4, K_2S_2O_7, pH = 8 - 10$ ) та епоксидування (розчин перацетатної кислоти в HAc) метилових естерів соеолу-гм (месолу) —> діоксі- та епоксі-похідні месолу —> мономери для виробництва полімерних матеріалів (поліуретанів, поліестерів, алкідних смол тощо); олігомери як базові оливи для мастильних композицій (МК).

5. Гліцероліз олій вторинним гліцерином (після процесу метанолізу) включає такі процеси: (за алгоритмом: процес —> продукт —> використання): а) гліцероліз ріполу —\* гліцерол як реакційно здатний змочувач, диспергатор і емульгаторний компонент у виробництві МХЗ для обробки металів; б) гліцероліз композицій соеолу-гм і ріполу (так званих соєрицолів-п, де  $p$  — вміст ріполу і межах 5 — 25 % мас.) —> поліфункціональний гліцесорол -п —> як трибохімічна, добре суміщувана з мінеральними оливами біоолива як компонент МК і як основа для одержання біосинтетичних олів-присадок —> біосинтетичні SP-, SB-, SPB-присадки для МК різного призначення; як мономер для полімерних матеріалів, у т.ч. і через процеси епоксидування чи сульфидування; гліцероліз соеолу чистим гліцерином харчові емульгатори.

Дослідження показали, що найбільш раціональним напрямом використання ТО є їх комплексне перероблення за схемою чотиримодульного проекту (рис. 2), який має низку очевидних переваг, зокрема: а) передбачає використання всіх трьох провідних ТО за двома варіантами перероблення: як індивідуальних олій, так і їх оптимізованих композицій (компол'ів) за принципом замкнутого, безвідходного циклу; б) дозволяє не лише техніко-економічне планування виробництва досить широкого асортименту про-

міжних і цільових продуктів перероблення олій, а й постійно оновлювати і оптимізувати його; в) забезпечує мобільність і варіативність переробних технологій у широких межах зміни їх номенклатури та потужностей (від малої — до середньої, і далі); г) передбачає поліфункціональність переробних технологій, яка спирається на простоту, доступність і однотипність впроваджених процесів, апаратів, установок тощо, а отже, потребує помірних капіталовкладень; г) дає можливість наблизити перероблення олій на проміжні продукти і матеріали як до постачальників олій, так і до споживачів продукції, які найчастіше повинні уособлювати єдиний комплекс; д) досягнення практично повної взаємозв'язаності і безвідходності, а отже, і екологічної безпеки всього циклу комплексного перероблення олій [8; 9; 10; 11; 12; 13; 14].

Дослідження функціональних властивостей вихідних олій та одержаних з них біосинтетичних матеріалів починали із вивчення найважливіших їх характеристик — в'язкісно-температурних залежностей.

Експериментально одержані такі залежності відображені графічно в логарифмічних координатах (рис. 3).

Аналіз рис. 3 дає можливість порівнювати одержані результати для двох головних олій і їх похідних, а саме: власне самі ТО (прямі 1, 2 3) та одна із типових композицій (пряма 4); сульфидовані до вмісту 6 % мас. сульфурі ріпол і соеол (прямі 5 і 5') та метилові естери цих же олій (прямі 6 і 6'), а також власне самі естери — мерол і месол (прямі 7 і 7'), гліцералізовані соеол та соєрицол — 20 (прямі 8 і 8') тощо.

Одержані результати (рис. 3) переконливо доводять, що і сама соєва олія, і композиції олій на її основі (компол'ів), так само як і всі оливи, одержані шляхом їх хімічного модифікування, характеризуються сприятливими в'язкісно-температурними залежностями, або інакше — меншим кутом нахилу відповідних прямих до осі абсцис порівняно із ріполом і сульфитованим до 6 % мас. вмісту S ріполом — ріпсолом — 6S, а також із традиційними оливами (прямі позначені індексами олів праворуч рис. 3).

Якщо до цієї визначальної особливості соеолу як сировини додати ще й можливість одержання на його основі досить широкого асортименту біоолив, біоолив-присадок і технічних біорідин різнорівневих в'язкісно-температурних характеристик (від низьков'язкісних рідин до високів'язкісних олів), то стають очевидними мотиви вибору нами соеолу як провідної сировини в технологіях перероблення ТО на мастильні біоматеріали [7; 11; 12; 13].

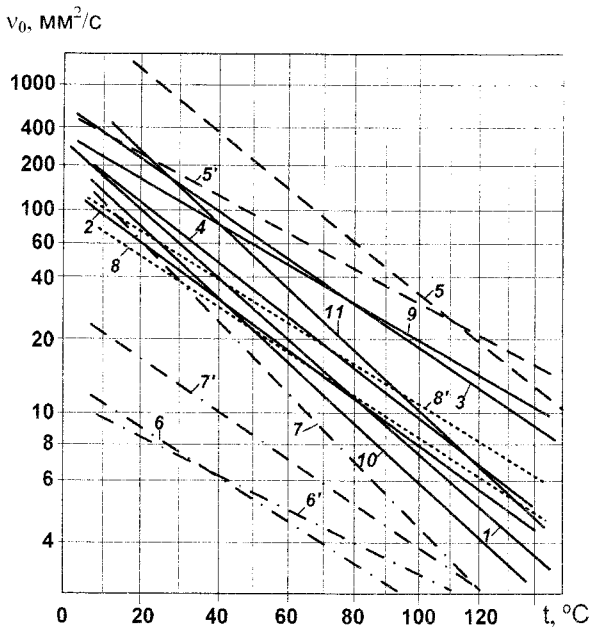


Рис. 3. В'язкісно-температурні характеристики технічних олій та олів:

- 1 — ріпакової (рісолу); 2 — соєвої (соєолу);  
 3 — рицинової (рисолу); 4 — суміші сосолу із 20 % мас.  
 рицолу — соєрицолу - 20;  
 сульфидованих олій: 5 — рісолу — 6S і 5' —  
 сосолу — 6S; метанолізованих олій:  
 6 — ріпакової — меролу і 6' — соєвої — месолу;  
 сульфидованих метилових естерів (Me-):  
 7 — мерсолу — 6S і 7' — месолу — 6S;  
 гліцеролізованих олій: 8 — соєвої — гліцесолу  
 і 8' — гліцесосолу — 20; 9 — дігилден (ДЕ) —  
 гліколізованого сосолу - 20 - ДЕ - глікососолу - 20;  
 традиційних базових олів без присадок:  
 10 — I-20A (мінеральної); 11 — ХС-40 (синтетичної)

Триботехнічні випробування олів і мастильних композицій на їх основі проводили на чотирикульовій машині тертя (ЧКМТ) і при цьому визначали такі показники протизношувальних властивостей: а) діаметр плям зношування ( $d_{\text{зн}}$ ) кульок із сталі ШХ-15 за умов осьового навантаження 200 Н, тривалості випробувань 4 год та швидкості обертання  $v = 1440$  об/хв; б) критичне навантаження ( $P_{\text{кр}}$ ), яке характеризує межу переходу від режиму нормального зношування до режиму пошкоджуваності (різке зростання зносу); в) навантаження зварювання ( $P_{\text{зв}}$ ), з досягненням якого наступас катастрофічне руйнування змащувальної плівки (режим заїдання).

Антифрикційні властивості олів та мастильних композицій оцінювали температурним методом за ГОСТ 23.221-84 на спеціальній машині тертя КТ-2. Випробування полягало у ступінчастому підніманні температури від 20 до 350°C з одночасним вимірюванням коефіцієнтів тертя.

Як критерії температурної стійкості були вибрані: а) критична температура ( $T_{\text{кр}}$ ) як мінімальна об'ємна температура олів, за якої відбувається

різке зростання коефіцієнта тертя за рахунок початку процесу фізичної десорбції молекул ПАР або молекул нових біоолів, що утворюють межову змащувальну плівку; б) температура хімічної модифікації ( $T_{\text{хм}}$ ), за якої закінчується стрибкувата зміна коефіцієнта тертя з переходом у режим плавного ковзання як результат певних трибохімічних реакцій з утворенням стабільних плівок (сервовітної чи трибополімерної) необхідної товщини ( $h$ ), як правило, в межах 0,2—0,5 нм [1; 6; 7; 11; 12].

Триботехнічні випробування розроблених ними оптимізованих композицій мінеральних олів типу I-20A, I-30A, I-40A, АУ тощо із новими біооливами з оптимальними числами гідрофільно-ліпофільного балансу (ГЛБ) у межах 3,5—6,0, одержаними хімічною модифікацією суміші сосолу із 20 % мас. рицолу (тобто, соєрицолу-20), переконливо довели, що за рахунок хорошої суміщуваності обох типів олів можна значно покращити як головні функціональні властивості, зокрема трибохімічну активність на рівні поверхневої активності та здатності до хімічних взаємодій, так і більшість експлуатаційних показників (рис. 4). При цьому досягається збалансованість змочувальної і мийної функцій біоолів за відношенням до поверхонь тертя завдяки досягненню оптимального значення числа ГЛБ, емульгуючої і диспергуючої функцій за відношенням до об'єму олівного середовища.

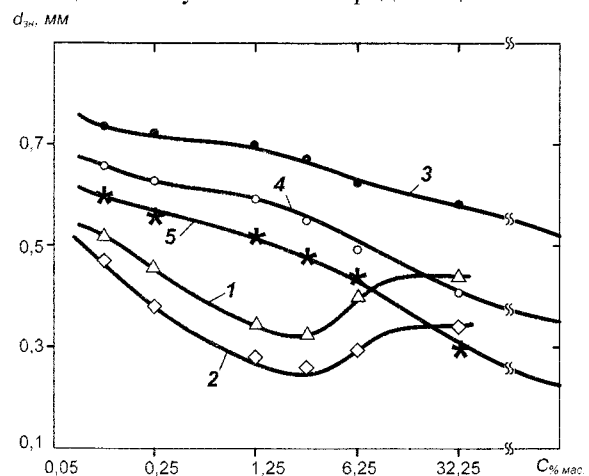


Рис. 4. Вплив природи деяких поверхнево-активних гідроксікарбонових кислот і нових полярних олів та їх вмісту ( $C_{0, \text{мас}}$ )

у мастильних композиціях на основі мінеральної оливи I-20A на їх протизношувальні властивості відповідно до зміни значень діаметру плям зношування ( $d_{\text{зн}}$ ), визначених у перебігу випробувань на машині тертя (ЧКМТ):

- 1—12 — гідроксістеаринової кислоти (HSt-12OH);  
 2 — рицинолевої кислоти (HRic); 3 — композиції олів (соєвої із 20 % мас. рицинової) — сосолу-20;  
 4 — гліцеролізованого сосолу-20 — гліцесосолу-20;  
 5 — гліколізованого сосолу-20 — ДЕ-глікососолу-20

Пластифікуюча функція нових біоолив, а також і композицій на їх основі, виявляється у здатності модифікованого поверхневого шару контактуючих матеріалів до пластичної деформації зі зниженням зсувних зусиль і забезпеченням необхідних протизадирних і протизношувальних властивостей [1; 6; 7; 10].

Якщо оливне середовище є хімічно активним, як у випадку створених нами нових біоолив-присадок, тобто якщо оливи містять у своїй структурі хімічно активні функціональні групи, зокрема такі:

$(-\text{CH}_2 - \text{CH} = \text{CH}-)_2 \dots - \text{CH}(\text{OH}) - \text{CH}_2 - \text{CH} = \text{CH} - \dots, - \text{S} -, - \text{S} - \text{S} -, - \text{OR} -, - \text{OH} -, \text{C}(\text{O}) - \text{O} -$ , споксігрупи тощо, то таке середовище зазнає каталітичного впливу атомів металу та його оксидної плівки як на активованих поверхнях тертя, так і в об'ємі змащувальної оливної плівки.

Весь цей комплекс факторів впливу на оливну плівку породжує в ній трибохімічні процеси: спочатку типу хемісорбції, а потім і взаємодій типів полімеризації чи поліконденсації з утворенням високов'язкісних, колоїдно стабільних олігомерних продуктів, а також утворення сполук типу  $\pi$ -комплексів металів (на металевих поверхнях вузлів тертя). Всі ці та інші продукти беруть участь у формуванні на базі початкових межових плівок енергетично стійких сервовітних чи трибополімерних плівок, які значно покращують триботехнічні показники роботи вузлів тертя [1; 5; 6; 7; 12; 13].

Досліджено також вплив такого провідного в трибохімії фактора «поведінки» олив у вузлах тертя, як поверхнева активність та полярність їх молекулярних структур на експлуатаційні їх властивості [13; 14].

Причому, важливо було порівняти вплив цього фактора на процеси тертя за двома аспектами: з одного боку, відомих поверхнево-активних сполук, зокрема, 12-гідроксістеа-ринової

$\text{CH}_3 - (\text{CH}_2)_5 - \text{CH}(\text{OH}) - (\text{CH}_2) - \text{COOH}$   
та рицинової  $\text{CH}_3 - (\text{CH}_2)_5 - \text{CH}(\text{OH}) - \text{CH}_2 - \text{CH} = \text{CH} - (\text{CH}_2)_7 - \text{COOH}$  кислот, а з іншого — нових біоолив-присадок (рис. 4).

Результати дослідження показують, що гідроксікарбонові кислоти є ефективними протизношувальними, але корозійноактивними присадками у вузькому інтервалі їх вмісту (приблизно 1–4 % мас.), тоді як нові оливи, зокрема гліцесорол-20 та ДЕ-гліцесорол-20 виявляють свою протизношувальну ефективність як базові біооливи-присадки до досить інертних мінеральних олив за умов вмісту їх вище 10 % мас. і виконують дві важливі функції: матеріалозберігаючу та трибохімічно активізуючу (рис. 4) [7; 10; 11; 12].

## Висновки

Доведено актуальність розширення сировинної бази виробництва нових біосинтетичних продуктів галузі ПММ зокрема: біопалива, технічних рідин, базових біо-олив та біоолив-присадок, проміжних продуктів, мономерів тощо за рахунок поновлювальної й екологічно безпечної сировини — олій.

Розроблено технологічно- і економічно обґрунтовані напрями раціонального, комплексного перероблення ТО на принципово нову групу матеріалів — біосинтетичних, які відрізняються від мінеральних олив кращими функціональними властивостями та високою трибохімічною активністю.

Показано, що досягнення високої поверхневої активності і полярності молекул біоолив забезпечує відповідну і необхідну трибохімічно-функціональну активність мастильних композицій на основі таких біоолив у перебігу їх експлуатації у вузлах тертя з забезпеченням високих триботехнічних показників.

Розроблено системні моделі проектів перероблення ТО з визначеним і всебічно дослідженим переліком оптимізованих напрямків, методів і технологій процесів.

Запропоновано структурно-логічну схему, яка пояснює хіміко-технологічну сутність і мотиваційні аспекти вибору напрямків, методів і технологій модифікування структури олій.

Аналіз визначених в'язкісно-температурних залежностей біоматеріалів, а також результатів триботехнічних їх досліджень підтверджують ефективність і раціональність одержання та використання нових біоолив і мастильних композицій у вузлах тертя.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Кламани Д. Смазки и родственные продукты / Д. Кламани. — М.: Химия, 1988. — 487 с.
2. Stepina Vaclav. Lubricants and special fluids / V. Stepina, V. Vesely. — Amsterdam, Lodon, New York, Tokio, 1992. — 700 p.
3. Lubricants and lubrication. — 2<sup>nd</sup> Ed. Edited by TR. Mang and W. Dresel. — WILEY — VCH Verlag GmbH, Weinheim, 2006. — 586 p.
4. Mortier R. M. Chemistry and technology of Lubricants / R. M. Mortier, S. T. Orzulik. — Eds. Blackie and Son Ltd., Glasgow, 1997. — 610 p.
5. Rudnick L. R. Lubricant Additives: chemistry and application / L. R. Lubricant. — Ed. Marsel Dekker. — New York, 2003. — 550 p.
6. Rudnick L. R. Synthetics, Mineral Oils and Bio-Based Fluids / L. R. Rudnick. — Ed. Marsel Dekker. — New York, 2005. — 680 p.

7. *Кириченко В. І.* Триботехнічні аспекти використання технічних олій у галузі мастильних матеріалів / В. В. Кириченко, О. М. Полумбрік, В. І. Кириченко // Вопросы химии и химической технологии. — Днепропетровск : УГХТУ, 2006. — № 5. — С. 194–200.

8. *Кириченко В. І.* Перестерифікація технічних олій олігомерними гліколями як напрямок її переробки / В. В. Кириченко, О. М. Полумбрік, В. І. Кириченко // Вопросы химии и химической технологии. — Днепропетровск : УГХТУ, 2007. — № 6. — С. 102–107.

9. *Кириченко В. І.* Хіміко-технологічні аспекти комплексної переробки технічних олій / В. В. Кириченко, О. М. Полумбрік, В. І. Кириченко // Вопросы химии и химической технологии. — Днепропетровск : УГХТУ, 2008. — № 1. — С. 141–144.

10. *Кириченко В. І.* Якісні біоматеріали із технічних олій: стан і перспективи переробки / В. В. Кириченко, О. М. Полумбрік, В. І. Кириченко // Хімічна промисловість України. — К. : 2008. — № 3. — С. 9–18.

11. *Патент №84484.* Україна. МПХ СІ ОМ 177/00, 105/00; С07С67/00, СІ 1С3 00. Спосіб одержання базових для галузі ММ біосинтетичних олів / В. В. Кириченко, В. І. Кириченко. Заявл. 15.02.2007. Опубл. 27.10.2008, Бюл. № 20, 2008.

12. *Патент №91623.* Україна. МПХ С10М177/00, 111/00, 141/00; С07С67/00, 319/00. — Спосіб одержання базових для галузі ММ біосинтетичних олів присадок / В. В. Кириченко, В. І. Кириченко. Заявл. 24.12.2008. Опубл. 25.06.2010. Бюл. № 12, 2010.

13. *Кириченко В. І.* Особливості системного підходу до комплексної переробки соєвої олії на... / В. В. Кириченко, О. М. Полумбрік, В. І. Кириченко // Хімічна промисловість України. — К. : 2008. — № 5. — С. 14–22.

14. *Кириченко В. І.* Биосинтетические материалы из технических масел в контексте энерго- и ресурсосберегающих технологий... / В. И. Кириченко, Л. М. Кириченко // Масложировой комплекс. — Ч. 1, 2009, №1 (24). — С. 49–54; Ч. 2, 2009. — № 2 (25). — С. 37–42.

Стаття надійшла до редакції 27.03.2012