

Л. М. КАСЬЯНЕНКО, І. М. ДЕМИДОВ, С. М. МОЛЬЧЕНКО, А. О. ДЕМИДОВА

ВИКОРИСТАННЯ ЕПОКСИДОВАНОЇ СОНЯШНИКОВОЇ ОЛІЇ ДЛЯ ОДЕРЖАННЯ БІОМАСТИЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ

Впродовж останнього часу екологічність є вагомим фактором для вибору мастильних матеріалів, тому у світовій практиці переважає тенденція до зниження ролі нафти і нафтопродуктів. Однією з можливих альтернатив для технології мастильних матеріалів є використання продуктів окиснення жирів та олій, насамперед, соняшникової олії. Більшість існуючих робіт присвячена хімічній обробці олій, як присадки до нафтопродуктів. Об'єктом дослідження є процес епоксидування соняшникової олії над оцтовою кислотою. Метою роботи є розробка технології одержання мастильних матеріалів на основі соняшникової олії шляхом епоксидування олії з наступним хімічним перетворенням продукту для отримання основи мастильних матеріалів. Виготовлено зразки мастильних олиф на основі соняшникової олії. Визначено в'язкісно-температурні властивості отриманих продуктів. Результати проведеної роботи вказують на перспективність і доцільність подальших досліджень в галузі одержання кисневмісних похідних олій з метою визначення оптимальних умов проведення зазначеної хімічної модифікації.

Ключові слова: біомастильні матеріали, соняшникова олія, жирні кислоти, хімічна модифікація, епоксидування, в'язкісно-температурна характеристика.

Л. Н. КАСЬЯНЕНКО, И. Н. ДЕМИДОВ, С. Н. МОЛЬЧЕНКО, А. А. ДЕМИДОВА

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭПОКСИДИРОВАННОГО ПОДСОЛНЕЧНОГО МАСЛА ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ БИОСМАЗОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

В последнее время экологичность является весомым фактором при выборе смазочных материалов, поэтому в мировой практике преобладает тенденция к снижению роли нефти и нефтепродуктов. Одной из возможных альтернатив для технологии смазочных материалов является использование продуктов окисления жиров и масел, прежде всего, подсолнечного масла. Большинство существующих работ посвящено химической обработке масел, как присадки к нефтепродуктам. Объектом исследования выступает процесс эпоксидирования подсолнечного масла перексусной кислотой. Целью работы является разработка технологии получения смазочных материалов на основе подсолнечного масла путем эпоксидирования масла с последующим химическим превращением продукта для получения базы смазочных материалов. Изготовлены образцы смазочных масел на основе подсолнечного масла. Определены вязкостно-температурные свойства полученных продуктов. Результаты проведенной работы указывают на перспективность и целесообразность дальнейших исследований в области получения кислородсодержащих производных масел с целью определения оптимальных условий проведения указанной химической модификации.

Ключевые слова: биосмазочные материалы, подсолнечное масло, жирные кислоты, химическая модификация, эпоксидирование, вязкостно-температурная характеристика.

L. KASIANENKO, I. DEMIDOV, S. MOLCHENKO, A. DEMIDOVA

USING EPOXY SUNFLOWER OIL OF OBTAINING BIOLUBRICATS

Recently, environmental friendliness has been a significant factor in the choice of lubricants therefore, in world practice, a tendency towards a decrease in the role of oil and oil products prevails. One of the possible alternatives for the lubricant technology is the use of fats and oils oxidation products, primarily sunflower oil. Most of the existing works are devoted to the chemical treatment of oils as additives to petroleum products. The object of the research is the process of epoxidation of sunflower oil with peracetic acid. The thesis is devoted to development of technology for production of lubricants based on sunflower oil. The paper establishes a research on methods for basic oils obtaining from alternative sources, including vegetable oil processing. During the research lubricant samples, based on sunflower oil, were made. In these samples viscosity-temperature properties were determined. The results of this work indicate the prospects and feasibility of further research in the field of obtaining oxygen-containing derivatives of vegetable oils in order to determine the optimum conditions for carrying out the abovementioned chemical modifications.

Key words: bio-lubricants, sunflower oil, fatty acids, chemical modification, epoxidation, viscosity-temperature characteristic.

Вступ. В останні десятиліття в рамках Кіотського протоколу та подальших директив стоїть гостро питання поліпшення екології в країнах Західної Європи, оскільки використання нафтових мастил для двотактних двигунів призводить до негативних наслідків через токсичність відпрацьованих газів [1, 2]. Світовий обсяг виробництва мастильних матеріалів становить приблизно 41 млн. т/рік, серед усього їх різноманіття переважають мастила [3]. Відпрацьовані нафтопродукти токсичні, мають невисокий ступінь біорозкладності (10-30%). А висока вартість і дефіцитність синтетичних мастил, при біорозкладності близької до рослинних жирів (85-90%), істотно обмежують їх виготовлення [4].

Дуже важливим є той факт, що використання жирів та олій, а також відходів їх переробки,

можливо у виробництві практично всіх видів мастильних матеріалів. Для того щоб рідкі рослинні мастила могли конкурувати з нафтовими, вони повинні відповідати таким же трибологічним характеристикам (тертя, змащування і зношування), як вище вказані. Тому до структури триацилгліцеролів (ТАГ) олій вводять додаткові функціональні групи, що покращують характеристики біомастил та отриманий продукт не стає менш екологічним.

Метою роботи є розробка технології одержання мастильних матеріалів на основі епоксидованої соняшникової олії шляхом взаємодії останньої з жирними кислотами (ЖК) для отримання основи мастильних матеріалів.

© Касьяненко Л.М., Демидов І.М., Мольченко С.М., Демидова А.О., 2020

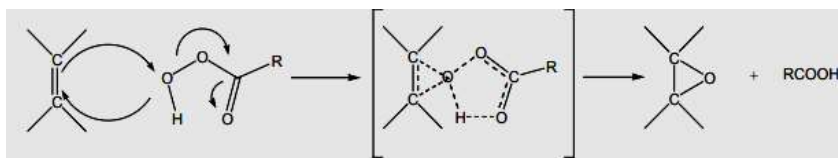
Постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими та практичними завданнями.

Пошук технологій з використання масил для двигунів внутрішнього згорання на основі рослинної сировини є досить актуальним та перспективним. Для їх виробництва на базі олій найчастіше використовують культури рапсу, сої, рицини та соняшнику. Остання є головним продуктом олієжирової галузі України. Структура молекул ТАГ олій надає їм властивості, що є бажаними у галузі мастильних матеріалів. Завдяки довгим полярним ланцюгам ЖК мастила на їх основі мають високу міцність та зменшують коефіцієнт тертя змащених ними металевих поверхонь, підвищуючи термін їх експлуатації. Сильні міжмолекулярні взаємодії також забезпечують високу стійкість таких матеріалів до дії температури разом зі стабільним високим значенням коефіцієнту в'язкості [5, 6]. Проте ненасичені

подвійні зв'язки ЖК є активними центрами для багатьох хімічних реакцій, включаючи окиснення, що зменшує їх стабільність. Головним недоліком щодо застосування олій в галузі мастильних матеріалів є питання отримання на їх основі стабільних та стійких до дії кисню продуктів. ЖК, що входять до складу олій, діють як поверхнево-активні речовини (ПАР), їх складні ефіри утворюють мастильну плівку на поверхні тертя, а жирні спирти проявляють властивості розчинників [7].

1. Визначення основних критеріїв дослідження

Для покращення властивостей олій може бути використана реакція епоксидування. Призводить до зменшення кількості ненасичених зв'язків у молекулі ТАГ, що підвищує стійкість до окиснення. У будові молекули продукту реакції містяться полярні групи, які покращують мастильні властивості, наприклад, схема епоксидування.



На відміну від естерів для окисанів характерні реакції розщеплення напруженого тричленого циклу під дією нуклеофілних агентів. Розкриття циклу під дією цих агентів відбувається по S_N2 - механізму стереоспецифічно зі зверненням конфігурації.

Існує досить багато методів епоксидування. Розрізняють хімічні методи та ферментативні. Наразі у США випробовують метод одержання мастильних матеріалів методом епоксидування рослинних олій з подальшою їх взаємодією з вищими спиртами та подальшою етерифікацією ангідридами кислот [8]. Відомі методи епоксидування сумішами мурашиної кислоти, концентрованого пероксиду водню та каталізатора [9]. Серед усього розмаїття методів епоксидування найбільш дешевим, ефективним і простим є метод з використанням перекису водню з різними над кислотами [10–15].

Тому у представлений роботі в якості базової епоксидуючої системи було обрано перекис водню і крижану оцтову кислоту. Перекис водню є дешевим, не токсичним, безпечним з екологічної точки зору, продуктом (розкладається на воду і кисень, а після епоксидування єдиним побічним продуктом є вода). За основу було обрано соняшникову олію, так як вона містить значну кількість моно- і поліненасичених ЖК і є доступною за ціною і обсягами виробництва в Україні.

2. Характеристика одержаних мастильних матеріалів. Глибину реакції контролювали за значенням йодного числа (ЙЧ), оскільки його величина дозволяє судити про ступінь ненасиченості ЖК, що входять до складу олії [16]. Епоксидування проводилось при співвідношеннях олія:перекис

водню – 1:0,6; 1:1,2; 1:1,8. Чим вищий вміст ненасичених ЖК, тим вище значення ЙЧ.

Результати визначень ЙЧ від часу епоксидування соняшникової олії при різних концентраціях окисної суміші представлені на рис. 1.

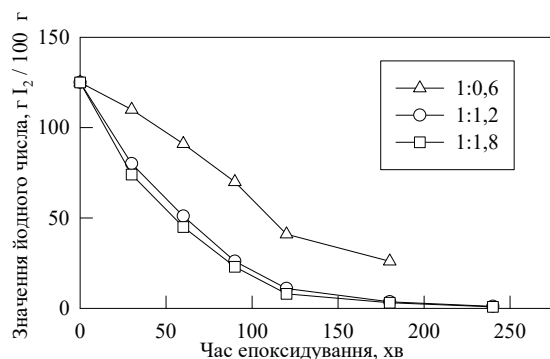


Рис. 1 – Залежність ЙЧ від часу епоксидування при різних співвідношеннях олії та перексиду водню

З графіку видно, що спочатку процесу епоксидування спостерігається лінійне зменшення ЙЧ, а далі процес сповільнюється і досягає значень близьких до 0. Це свідчить про повноту перебігу процесу. Збільшення відношення маси перексиду водню до олії призводить до більш стрімкого зменшення значення ЙЧ. Однак після досягнення відношення 1,2 не спостерігається значних змін, а отже подальше збільшення кількості окисної суміші не є доцільним. Тому після оптимізації співвідношень окисної суміші досліджувався оптимальний час епоксидування. На рис. 2 зображена залежність епоксидного числа отриманого продукту

від часу проведення реакції при співвідношенні пероксиду водню до вихідної суміші 1:1,2.

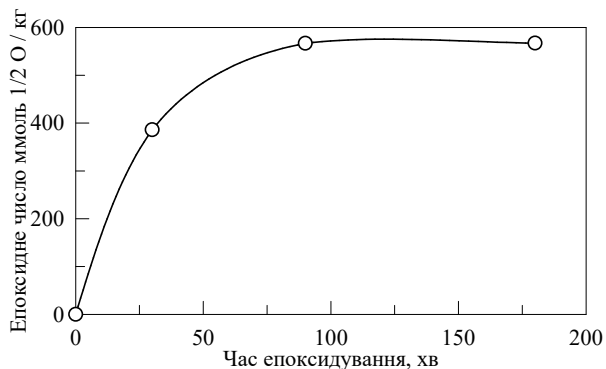


Рис. 2 – Залежність епоксидного числа від часу проведення реакції.

На рисунку спостерігається поступове збільшення епоксидного числа, яке в певний момент досягає свого максимуму – 580 ммоль $\frac{1}{2}O$ /кг. З часом цей максимум збігається з досягненням мінімального значення йодного числа. Максимальне значення епоксидного числа не відповідає зміні йодного числа, що свідчить про те, що частина епоксидів перетворилася на гідроксильні групи, а також частина подвійних зв'язків зменшилася за рахунок полімеризації олії. Ефірне число в отриманих зразках майже не змінювалося та знаходилося у діапазоні від 190 до 220 мг КОН/г, що свідчить про незначну взаємодію утворених епоксидів з оцтовою кислотою, що призводить до утворення естерів. Кислотне число отриманих зразків менше 2 мг КОН/г.

Було досліджено значення ЙЧ епоксидованої соняшникової олії за температур: 55, 70, 75 та 85 °С. На рис. 3 приведено залежність ЙЧ від часу епоксидування при різних температурах.

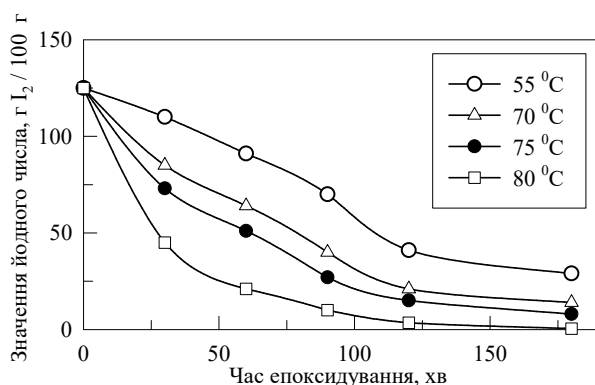


Рис. 3 – Залежність ЙЧ від температури епоксидування.

З рис. 3 видно, що зі збільшення температури процесу ЙЧ стрімко знижується. Результати епоксидування за температури 85 °С виявилися кращими ніж за температур 55, 70, 75 °С, оскільки, значення ЙЧ за однаковий час досягло найменших значень. Величини достовірності апроксимації

становлять: при $t = 55\text{ °C}$ $R^2 = 0,9702$, для 70 °C – $R^2 = 0,8933$, 75 °C – $R^2 = 0,8251$, 85 °C – $R^2 = 0,7723$.

За результатами досліджень було обрано кращі умови епоксидування: температура – 85 °С, час – 240 хв, масове співвідношення олія : пероксид водню – 1:1,2, маса каталізатору – 0,008 %. Отриманий продукт повинен володіти характерними мастильними властивостями за рахунок хемосорбції на поверхні, однак вона потребує подальшого аналізу його трибологічних характеристик. Однією з таких характеристик є в'язкісно-температурна залежність отриманих матеріалів. На рис. 4 показана залежність в'язкості від температури отриманих зразків та порівняння в'язкості з рициновою та соняшниковою оліями.

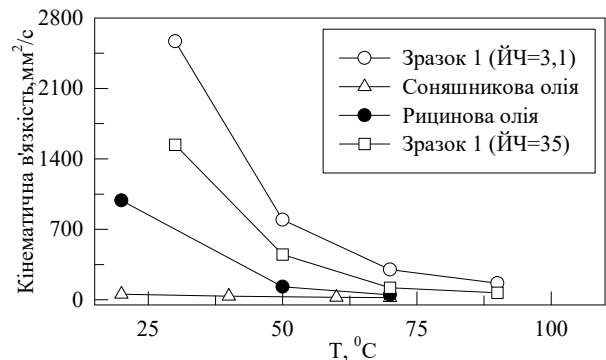


Рис. 4 – Залежність в'язкості від температури.

Найкраща в'язкісно-температурна характеристика у зразка 1, оскільки, зменшення йодного числа призводить до збільшення значення в'язкості. Кінематична в'язкість отриманого зразку складає 2568 $\text{мм}^2/\text{с}$, що значно вища за в'язкість вихідної соняшничкової олії – 55 $\text{мм}^2/\text{с}$ та більша за в'язкість рицинової олії – 987 $\text{мм}^2/\text{с}$. Однак з подальшим зменшенням йодного числа олія змінює свій реологічний стан – з рідкої на мазеподібну консистенцію, що потребує подальшого розбавлення мастильного матеріалу.

Для зниження в'язкості запропоновано додавання низькомолекулярних ефірів епоксидованих олій, що характеризуються низькою в'язкістю.

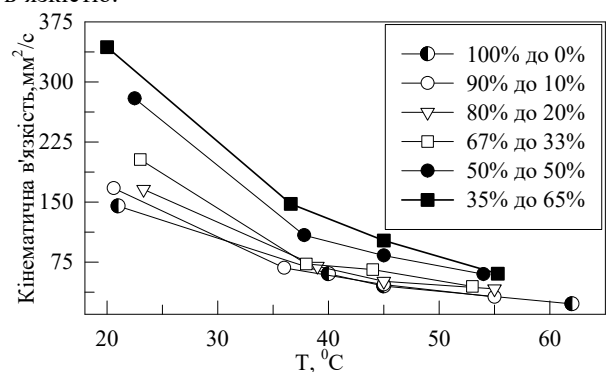


Рис. 5 – В'язкісно-температурна характеристика епоксидованого продукту та його розбавлених бутиловими ефірами зразків.

За відомою методикою «Розробка технології отримання жирних кислот бутилових ефірів» [17] було отримано бутилові ефіри вже проепоксидованої соняшникової олії.

На рис. 5 приведено в'язкісно-температурну характеристику епоксидованого продукту та його розбавленні бутиловими ефірами зразки (співвідношення вказано на графіку бутилові ефіри% до епоксидованої олії%).

З відомих джерел [18] кінематична в'язкість при $t = 40$ °C мінерального мастила Такт-2Т становить $76,2 \text{ мм}^2/\text{с}$, а з рисунку 5 можна стверджувати, що потрібну в'язкість можливо досягнути розбавляючи епоксидовану олію бутиловими ефірами у представлених співвідношеннях.

Висновки та перспективи подальшого розвитку даного напрямку досліджень.

Проведні дослідження та аналіз з розробки технології одержання мастильних матеріалів на основі соняшникової олії шляхом її епоксидування та подальшим хімічним перетворенням продукту для отримання основи мастильних матеріалів.

Виготовлені зразки мастильних олив на основі соняшникової олії відповідно до визначених технологічних режимів.

Список літератури

1. Директива 2003/30/ЄС Європейського Парламенту та Ради про сприяння використанню біологічного палива або інших видів поновлюваного палива для транспорту від 08 трав. 2003 р.
2. Директива 2009/28/ЄС про стимулювання використання енергії з відновлюваних джерел від 23 квіт. 2009 р.
3. Павлюк О.В., Суховеев В.В., Пилявський В.С., Кашковський В.І. Дослідження N,N-діаліл-(3-арилізооксазол-5-іл)-метилсульфонілфмідів в якості присадок для підвищення несучої здатності синтетичної оливи на основі естеру пентаеритриту та масляної кислоти // *Technology audit and production reserves*. 2019. Vol. 4, № 3 (48). С. 31–34.
4. Долгова Л.А., Жаткин С.А., Салмин В.В.. Анализ параметров моторного масла и технических устройств, позволяющих контролировать процессы старения моторных масел // *Молодой ученный*. 2015. Т. 9, № 89. С. 198-201.
5. Евдокимов А.Ю., Фукс И.Г., Шабали Т.П., Багдасаров Л.Н.. Смазочные материалы и проблемы экологии / М.: ГУП Изд-во «Нефть и газ» РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина, 2000. С. 424.
6. Тютюнников Б.Н., Бухштаб З.И., Гладкий Ф.Ф., Мельник А.П., Бутенев В.П., Демидов И.Н., Тимченко В.К., Перевалов Л.И.. Химия жиров: учебники и учебные пособия для студентов высших учебных заведений / ред. Кобчикова И.Н. Москва: Колос, 1992. С. 448.
7. Абрамзон, А.А. Поверхностно-активные вещества: Свойства и применение / Л.: Химия, 1991. С. 304.
8. Schneider M. P. Plant-oil-based lubricants and hydraulic fluids / M. P. Schneider. // *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 2006. №86. С. 1776–1777.
9. Тюканкина Н. А. Биорганическая химия / Н. А. Тюканкина, Ю. И. Бауков. М.: Медицина, 1991. 528 с.
10. Dinda S., Patwardhan A.V., Goud V.V., Pradhan N.C.. Epoxidation of cottonseed oil by aqueous hydrogen peroxide catalysed by liquid inorganic acids // *Bioresource Technology*. 2008. Vol. 99, № 2. P. 3737–3744.
11. Goud V.V., Patwardhan A.V., Dinda S., Pradhan N.C.. Kinetics of epoxidation of jatropha oil with peroxyacetic acid and peroxyformic acid catalysed by acidic ion exchange resin // *Chemical Engineering Science*. 2007. Vol. 62. P. 4065–4076.
12. Никулишин І.Є., Піх З.Г., Шевчук Л.І., Мельник С.Р.. Дослідження процесу епоксидування соєвої олії пероксидною кислотою // *Восточно-Европейский журнал передовых технологий*. 2017. № 87.
13. Сердюк А.А., Касянчук М.Г., Опейда І.А., Ткаченко Т.Н., Сердюк А.І.. Эпоксидирование подсолнечного масла в системах на основе пероксида водорода и органических кислот // *Наукові праці Донецького національного технічного університету. Сер.: Хімія і хімічна технологія*. 2014. Вип. 1. С. 205–210.
14. Campanella A., Fontanini C., Baltanás M.A.. High yield epoxidation of fatty acid methyl esters with performic acid generated in situ // *Chemical Engineering Journal*. 2008. Vol. 144. P. 466–475.
15. Касьяненко Л. М. Продукти модифікації соняшникової олії як біомастила / Л.М. Касьяненко, І.М. Демидов, С.М. Мольченко. // *POLISH JOURNAL OF SCIENCE*. 2020. №34. С. 47–51.
16. ТОВАЖНЯНСЬКИЙ Л.Л., БУХКАЛО С.І., ДЕНИСОВА А.Є., ДЕМІДОВ І.М та ін. Загальна технологія харчової промисловості у прикладах і задачах (інноваційні заходи): Підручник. – К.: ЦНЛ, 2016. – 470 с
17. Shawkat S.M., Demidov I.N.. Development of technology obtaining fatty acid of butyl esters // *Восточно-Европейский журнал передовых технологий*. 2012. № 6(57). С. 24–24.
18. Войтов В.А., Сысенко И.И., Кравцов А.Г.. Критерий оценки качества моторного масла для двухтактных двигателей внутреннего сгорания // *Проблеми трибології*. 2014. № 2. С. 29–37.

References (transliterated)

Вісник Національного Технічного Університету «ХПІ». Серія: Інноваційні дослідження у наукових роботах студентів, 2020, № 6 (1360)

1. Dyrektyva 2003/30/IeS Yevropeiskoho Parlamentu ta Rady pro spriannia vykorystanniu biolohichnoho palyva abo inshykh vydiv ponovliuvanoho palyva dlia transportu vid 08 trav. 2003.
2. Dyrektyva 2009/28/IeS pro stymuliuvannia vykorystannia enerhii zvidnovliuvanykh dzherel vid 23 kvit. 2009.
3. Pavliuk O.V., Sukhovieiev V.V., Pyliavskiy V.S., Kashkovskiy V.I.. Doslidzhennia N,N-dialil-(3-arylizooksazol-5-il)-metylensulfonilimidiv v yakosti prysadok dlia pidvyshchennia nesuchoi zdatnosti syntetychnoi olyvy na osnovi esteru pentaerytrytu ta maslianoi kysloty // Technology audit and production reserves. 2019. Vol. 4, No. 3 (48), pp. 31–34.
4. Dolhova L.A., Zhatkyn S.A., Salmyn V.V.. Analiz parametrov motornoho masla y tekhnicheskikh ustroystv, pozvoliaushchyykh kontrolyrovat protsessy starenia motornykh masel // Molodoi uchenyyi. 2015. T. 9, No. 89. pp. 198–201.
5. Evdokymov A.Yu., Fuks Y.H., Shabaly T.P., Bahdasarov L.N.. Smazochnye materyaly y problemy ekolohyy / M.: HUP Yzd-vo «Neft y haz» RHU nefty y haza um. Y.M. Hubkyna, 2000. 424 p.
6. Tiutiunnykov B.N., Bukhshtab Z.Y., Hladkyi F.F., Melnyk A.P., Butenev V.P., Demydov Y.N., Tymchenko V.K., Perevalov L.Y.. Khymia zhyrov: uchebnyku y uchebnye posobyia dlia studentov vysshyykh uchebnykh zavedenyi / red. Kobchikova Y.N. Moskva: Kolos, 1992. 448 p.
7. Abramzon, A.A. Poverkhnostno-aktivnye veshchestva: Svoistva y prymerenye / L.: Khymia, 1991. 304 p.
8. Schneider M. P. Plant-oil-based lubricants and hydraulic fluids / M. P. Schneider. // Journal of the Science of Food and Agriculture. 2006. No.86, pp. 1776–1777.
9. Tiukankyna N.A. Byoorhanycheskaia khymia / N.A. Tiukankyna, Yu.Y. Baukov. M.: Medytsyna, 1991. 528 p.
10. Dinda S., Patwardhan A.V., Goud V.V., Pradhan N.C.. Epoxidation of cottonseed oil by aqueous hydrogen peroxide catalysed by liquid inorganic acids // Bioresource Technology. 2008. Vol. 99, No. 2, pp. 3737–3744.
11. Goud V.V., Patwardhan A.V., Dinda S., Pradhan N.C.. Kinetics of epoxidation of jatropha oil with peroxyacetic and peroxyformic acid catalysed by acidic ion exchange resin // Chemical Engineering Science. 2007. Vol. 62, pp. 4065–4076.
12. Nykulyshyn I.Ye., Pikh Z.H., Shevchuk L.I., Melnyk S. R.. Doslidzhennia protsesu epoksyduvannia soievoi olii perotstovoioiu kyslotoiu // Vostochno-Evropeyskiy zhurnalпередовykh tekhnolohiyi. 2017. No. 87.
13. Serdiuk A. A., Kasianchuk M. H., Opeida Y. A., Tkachenko T. N., Serdiuk A. Y.. Epoksydyrovanye podsolnechnoho masla v systemakh na osnove peroksyda vodoroda y orhanycheskykh kyslot // Naukovi pratsi Donetskoho natsionalnoho tekhnichnoho universytetu. Ser.: Khimii i khimichna tekhnolohiia. 2014. Vyp. 1, pp. 205–210.
14. Campanella A., Fontanini C., Baltanás M.A.. High yield epoxidation of fatty acid methyl esters with performic acid generated in situ // Chemical Engineering Journal. 2008. Vol. 144, pp. 466–475.
15. Kasianenko L.M. Produkty modyfikatsii soniashnykovoi olii yak biomastyia / L.M. Kasianenko, I.M. Demydov, S.M. Molchenko. // POLISH JOURNAL OF SCIENCE. 2020. No. 3, pp. 47–51
16. Tovazhnjanskij L.L., Bukhhalo S.I., Denisova A.C., Demydov Y.N. ta in. Zagal'na tekhnologija harchovoï promislivosti u prikladah i zadachah (innovacijni zahodi): Pidruchnik. – K.: CNL, 2016. – 470 p.
17. Shawkat S.M., Demidov I.N.. Development of technology obtaining fatty acid of butyl esters // Vostochno-Evropeyskiy zhurnal передовykh tekhnolohiyi. 2012. No. 6(57), pp. 24–24.
18. Voitov V.A., Sysenko Y.Y., Kravtsov A.H.. Kryteryi otsenky kachestva motornoho masla dlia dvukhtaktnykh dvyhatelei vnutrenneho shoranyia // Problemy trybolohii. 2014. No. 2, pp. 29–37.

Надійшло (received) 19.10.2020

Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

Касьяненко Любов Миколаївна (Касьяненко Любовь Николаевна, Kasianenko Liubov) – аспірант кафедри технології жирів та продуктів бродіння, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», м. Харків, Україна;

<https://orcid.org/0000-0002-4631-0448>;

e-mail: ljubovkasyanenko@gmail.com

Демидов Ігор Миколайович (Демидов Игорь Николаевич, Demydov Ihor) – доктор технічних наук, професор кафедри технології жирів та продуктів бродіння, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», м. Харків, Україна;

<https://orcid.org/0000-0001-5854-0833>;

e-mail: demigon50@ukr.net

Мольченко Світлана Миколаївна (Мольченко Светлана Николаевна, Molchenko Svitlana) – кандидат технічних наук, доцент кафедри технології жирів та продуктів бродіння; Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», м. Харків, Україна;

<https://orcid.org/0000-0001-7897-8947>;

e-mail: molchenko.svetlana@gmail.com

Демидова Анастасія Олександрівна (Демидова Анастасия Александровна, Demydova Anastasia) – кандидат технічних наук, доцент кафедри технології жирів та продуктів бродіння; Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», м. Харків, Україна;

<https://orcid.org/0000-0001-7897-8947>;

e-mail: ademidova2016@gmail.com